

## Delimitação automática de áreas de preservação permanente (APP) e identificação de conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Alegre

Melchior Carlos do Nascimento<sup>1</sup>  
Vicente Paulo Soares<sup>1</sup>  
Carlos Antonio Álvares Soares Ribeiro<sup>1</sup>  
Elias Silva<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Engenharia Florestal – Universidade Federal de Viçosa, CEP 36570, Viçosa, MG, Brasil.  
{[mgeop](mailto:mgeop); [vicente](mailto:vicente); [cribeiro](mailto:cribeiro); [eshamir@ufv.br](mailto:eshamir@ufv.br) }

**Abstract.** The objective of this work was to delimit, in an automatic way, the areas of permanent preservation (APP) and to identify the occurrence of land use conflict, based on the forest code and Resolução nº 303 do CONAMA. The work was developed in the river Alegre watershed, situated in the south region of the State of Espírito Santo, Brazil. Utilizing the resources available in the GIS software, it was possible to delimit the APPs situated in the upper third of hills (49,7 ha); hillsides with slopes above 45 degrees (27,5 ha); springs and their respective contributing areas (1975,6 ha); riparian zones with width less than 10 meters (2818,2 ha); and upper third of sub-basins (4695,8 ha), summing 9.566,9 ha (45.95%). Approximately 1780.7 ha (18.61%) of APPs are protected by natural forest and 7786,2 ha (81.41%) are being affected by some type of use and occupation.

**Palavras-chave:** permanent preservation area, watershed, land use, área de preservação permanente, bacia hidrográfica, uso da terra.

### 1. Introdução

As conseqüências do desmatamento sobre os recursos hídricos têm repercutido sobremaneira na qualidade de vida das populações, afetando o equilíbrio ambiental das áreas drenadas pelas bacias hidrográficas. Apesar disso, a medida que a demanda para os seus diversos usos (abastecimento, irrigação, geração de energia, entre outros) tem aumentado, as ações direcionadas para promover mudanças na forma predatória de sua utilização, continuam sendo implementadas de maneira consideravelmente tímida.

Embora a legislação ambiental brasileira seja considerada bastante ampla, alguns fatores têm contribuído para torna-la pouco ágil, dentre esses, destaca-se a deficiência em meios e materiais para apurar com vigor as agressões ao meio ambiente. Diante desse fato, as metodologias possíveis de serem implementadas por meio do geoprocessamento, tornam-se alternativas viáveis para reduzir de maneira significativa as deficiências relativas ao cumprimento das leis pertinentes.

O monitoramento das áreas de preservação permanente tem sido um grande desafio sob o aspecto técnico e econômico, pois os critérios de delimitação com base na topografia, exigem o envolvimento de pessoal especializado e de informações detalhadas da unidade espacial em análise. Entretanto, com o desenvolvimento de sofisticados algoritmos e a sua incorporação ao conjunto de funções dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG), tem sido possível o processamento rápido e eficiente dos dados necessários para caracterização das variáveis morfométricas do terreno (Oliveira, 2002), essenciais para análise das intervenções antrópicas em bacias hidrográficas.

A abordagem com base em produtos derivados a partir de algoritmos tem substituído, com vantagens, os métodos manuais tradicionalmente utilizados, permitindo a obtenção de resultados menos subjetivos, em menor tempo e replicáveis (Tribe, 1992; Ribeiro et. al, 2002), apresentado níveis de exatidão comparáveis aos obtidos por métodos manuais (Garbrecht & Martz, 1993;

Eash, 1994). A funcionalidade e eficácia desses procedimentos, integrada as informações produzidas pelas imagens de satélite, podem produzir diagnósticos e fornecer subsídios capazes de identificar e mensurar a ocorrência de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente, fortalecendo as ações ambientais de monitoramento e como suporte para os instrumentos jurídicos de controle e fiscalização desses ambientes.

Nesse sentido, o estudo teve como objetivo delimitar de maneira automática as áreas de preservação permanente com base nos condicionantes estabelecidos pela Resolução nº 303 do CONAMA e identificar a ocorrência de conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo, Brasil.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Caracterização da área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Alegre está situada no município de Alegre, extremo sul do Estado do Espírito Santo, Brasil, entre as latitudes 20° 46' e 20° 55' sul e longitudes 41° 28' e 41° 37' oeste de Greewinch. Com uma área de 208,2 km<sup>2</sup>, pertence a bacia hidrográfica do rio Itapemirim, sendo o seu curso d'água principal o rio Alegre (**Figura 1**).

Segundo a classificação de Koppen, o clima da região é do tipo Cwa, caracterizado pelo inverno seco e o verão chuvoso. De maneira geral, a topografia possui relevo bastante acidentado, intercalada por reduzidas áreas planas. Basicamente estão estabelecidas na área, as culturas de subsistência, café e, predominantemente as pastagens, além dos remanescentes florestais nativos localizados principalmente nos topos dos morros.

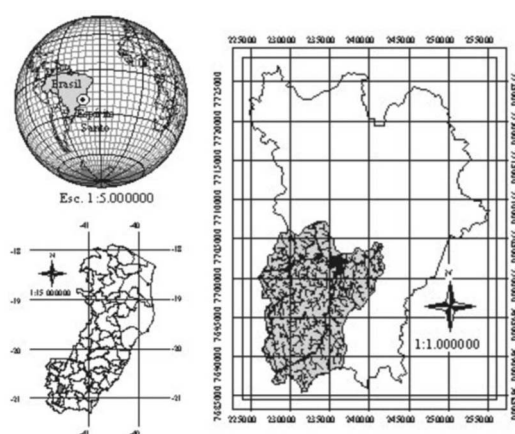


Figura 1 – Localização da bacia hidrográfica do rio Alegre no município de Alegre, Espírito Santo, Brasil.

### 2.2. Delimitação das áreas de preservação e conflito de uso da terra

#### 2.2.1. Materiais utilizados

Utilizou-se o Mapa de Uso da Terra que é constituído pelas classes área agricultura (312,9 ha), área edificada (253,3 ha), campo sujo (135,4 ha), cafezal (2.086,2 ha), fragmento florestal (2.978,9 ha) formação rochosa (83,5 ha), pastagem (14.130,1 ha), reflorestamento (17,0 ha), regeneração (385,8 ha), solo exposto (314,9 ha), várzea (112,0 ha) e outros (9,9 ha), correspondente à área de estudo, gerado a partir da classificação da imagem IKONOS, obtida em dezembro de 2002; e as bases cartográficas planialtimétricas em formato digital na escala de 1:50.000, correspondentes as folhas SF-24-V-A-V-1, SF-24-V-A-IV-2, SF-24-V-A-V-3 e SF-24-V-A-IV-4 (IBGE, 1977), contendo curvas de nível com equidistância de 20 metros e a rede hidrográfica, além dos pontos relativos às nascentes. O tratamento e a análise dos dados foram realizados no software ArcGIS, versão 8.2.

### **2.2.2. Delimitação das áreas de preservação (APPs) com base na Resolução nº 303, do CONAMA**

Foi adotada a metodologia desenvolvida por Ribeiro et. al. (2002) para delimitação automática das áreas de preservação permanente, somente possível de ser implementada a partir de modelo digital de elevação hidrologicamente consistente. Assim, a partir das visitas a campo realizadas durante o período de execução desse trabalho identificaram-se, conforme itens dos artigos 2º e 3º da Resolução nº 303 do CONAMA, as categorias de APPs situadas no terço superior dos morros (APP-1); encostas com declividade superior a 45 graus (APP-2); nas nascentes e suas áreas de contribuição (APP-3); margens dos cursos d'água (APP-4); e no terço superior das sub-bacias (APP-5).

#### **Desenvolvimento do Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC)**

Os dados utilizados para geração do MDHEC foram as curvas de nível e a rede hidrográfica, ambos na escala de 1:50.000, adotando-se a exatidão cartográfica de 0,2 mm. Assim, para determinar a menor dimensão no terreno representada no mapa, ou seja, a resolução espacial das células do MDHEC, multiplicou-se a exatidão cartográfica pelo fator de escala, que correspondeu a 10 metros.

Determinada a dimensão da célula de saída e de posse dos referidos dados, a geração do MDHEC da bacia hidrográfica do rio Alegre foi realizada utilizando o algoritmo de interpolação TOPOGRID, disponível no comando Gridtools do módulo ArcInfo Workstation. As operações necessárias para geração do MDHEC por meio desse algoritmo exigiram a orientação dos arcos da rede hidrográfica no sentido do escoamento e o ajuste da altimetria à hidrografia.

Em seguida, foram realizadas operações de pós-processamento com a finalidade de identificar e eliminar a ocorrência de imperfeições (depressões espúrias) no MDHEC e para criação de uma calha ao longo da rede hidrográfica, objetivando garantir a convergência do escoamento superficial até a foz da hidrografia. De acordo com Tribe (1992) e Garcia & Camarasa (1999), essas imperfeições são muito frequentes nos MDEs e derivam-se de erros presentes nos dados de entrada ou introduzidos no processo de interpolação. As falsas depressões constituem um problema importante na geração de modelos de predição do escoamento, pois interrompem o escoamento superficial. Devem, portanto, ser removidas para se ter um MDE consistente sob o ponto de vista hidrológico. Para o preenchimento dessas imperfeições utilizou-se o comando FILL, disponível no módulo Grid do software ArcInfo Workstation.

#### **Delimitação das APPs ao redor das Nascentes e ao longo dos Cursos d'água**

Nessa etapa, foram utilizadas as bases de dados correspondentes ao MDEHC, aos pontos relacionados às nascentes e à rede hidrográfica orientada no sentido da foz. A delimitação das áreas de preservação no entorno das nascentes e das faixas ao longo dos cursos d'água, conforme itens dos artigos 2º e 3º da Resolução nº 303 do CONAMA, foi realizada por meio do comando Create Buffer. A categoria APP-4 foi delimitada com faixas de 30 metros para ambas as margens dos cursos d'água com largura inferior a 10 metros. A APP-3 foi obtida delimitando-se um raio de 50 metros no entorno das nascentes, superpondo-o às respectivas áreas de contribuição.

#### **Delimitação das APPs em Topos de Morro**

Seguindo a metodologia descrita por Ribeiro et. al (2002) foi realizada a inversão da direção do escoamento do MDHEC por meio da reclassificação dos valores que representam a direção do escoamento (1:16, 2:32, 4:64, 8:128, 16:1, 32:2, 64:4, 128:8); e eliminadas as células da hidrografia objetivando garantir que as depressões situadas sobre essas não fossem identificadas.

Considerando a direção de escoamento invertida, foram identificados os topos de morro como sendo as depressões, sendo excluídas as células que representavam as linhas de cumeada. Esse procedimento objetivou garantir que as depressões localizadas sobre as linhas de cumeada não fossem identificadas como topos de morro.

A seguir, foi identificada a base do morro, que correspondeu a área de contribuição drenada por uma depressão. Determinaram-se, então, as altitudes da base e do topo do morro por meio das identificações, respectivamente, do menor e maior valor de altitude das células do MDHEC que representam o morro. Com isso, foi possível determinar a altura do morro pela diferença entre a altitude do topo do morro e a altitude da sua base.

Finalizando, foram selecionados os morros com altitude entre 50 m e 300 m e com declividade majoritariamente superior a 30%. Para delimitar as áreas de preservação situadas apenas nos topos do morro, calculou-se a relação entre a altura e a altura do topo do morro em relação à base para cada célula do MDHEC. Esse procedimento objetivou identificar todas as células que possuíam relação igual ou superior a 2/3, correspondendo a APP-2.

### **Delimitação das APPs em Linhas de Cumeada**

De acordo com a Resolução nº 303 do CONAMA, essa categoria de APP está compreendida apenas ao longo das linhas de cumeada com altitude mínima de 50 m. Portanto, calculou-se para cada célula do MDHEC a relação entre a sua altura e a altura do topo em relação à base. A delimitação das áreas de preservação ao longo das linhas de cumeada (APP-1 e APP-5) consistiu na identificação das células que apresentaram relação igual ou superior a 2/3 (Ribeiro et. al. 2002).

#### **2.2.3. Análises de conflito de uso da terra**

Na identificação e análise do conflito de uso nas áreas destinadas à preservação permanente foram utilizados os mapas temáticos de uso e ocupação da terra e das categorias de APPs. Inicialmente, realizou-se a sobreposição desses mapas por meio dos procedimentos disponíveis no módulo de análise do ArcMap (Geoprocessing Wizard). Em seguida, as ocorrências de conflito de acordo com as classes de uso foram identificadas e devidamente mensuradas, executando as funções de busca (Query Build) e de cálculo de área.

## **3. Resultados e discussões**

### **3.1. Áreas de Preservação Permanente**

A metodologia de delimitação automática das áreas de preservação permanente (APPs) tendo como referência legal a resolução nº 303 do CONAMA possibilitou identificar e quantificar as categorias de APPs situadas no terço superior dos morros – APP-1, nas encostas com declividade superior a 45 graus – APP-2, nas nascentes e suas respectivas áreas de contribuição – APP-3, ao longo das margens cursos d'água – APP-4 e no terço superior das sub-bacias – APP-5.

A análise da **Tabela 1** mostra que a menor e a maior participação entre as categorias de APPs correspondeu às APP-2 e APP-5, com 27,5 ha (0,29%) e 4.695,8 ha (49,08%), respectivamente. Nota-se ainda que as APPs ocuparam uma área de 9.566,9 ha, de um total de 20.819,8 ha da área da bacia, representando 45,95% de áreas legalmente protegidas. Oliveira (2002) desenvolveu estudo semelhante, na microbacia do Paraíso, município de Viçosa-MG, que apresenta características topográficas parecidas, identificando 52,13% da área como áreas de preservação permanente. De acordo com esse autor, a área das APPs delimitadas pelo processo automático foi aproximadamente 20% maior que a obtida pelo processo manual.

Tabela 1 – Quantificação das APPs na bacia hidrográfica do rio Alegre, Espírito Santo

Categorias de APPs	Área	
	ha	%
APP-1	49,7	0,52
APP-2	27,5	0,29
APP-3	1.975,6	20,65
APP-4	2.818,3	29,46
APP-5	4.695,8	49,08
TOTAL	9.566,9	100,00

Pela Análise da **Figura 2** nota-se que dos 45,95% de áreas legalmente protegidas, 22,55% consistiram nas categorias de APPs situadas no terço superior das sub-bacias (APP-5), 13,54% nas margens dos cursos d'água (APP-4), 9,49% nas nascentes e suas respectivas áreas de contribuição (APP3) e apenas 0,37% correspondeu às demais categorias (APP-1 e APP2). Embora essas categorias correspondam a 45,95% da área total da bacia hidrográfica do rio Alegre, apenas 18,61% (1.780,7 ha) estão efetivamente protegidas, sendo constituídas por fragmentos florestais.

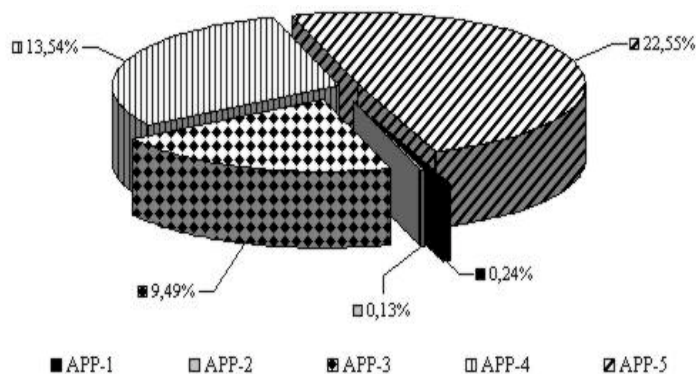


Figura 2 – categorias de APPs hidrográfica do rio de Alegre, Espírito

Quantificação das na bacia Alegre, município Santo

Analisando a **Figura 3**, verifica-se que do total de 1.780,7 ha, 1.055,1 ha (59,25%) correspondem ao terço superior das sub-bacias (APP-5), 452,2 ha (25,39%) às nascentes e suas respectivas áreas de contribuição (APP-3), 254,9 ha (14,32%) as margens dos cursos d'água (APP-4), 10,0 ha (0,56%) às encostas com declividade superior a 45 graus (APP-2) e apenas 8,4 ha (0,47%) ao terço superior dos morros (APP-1).

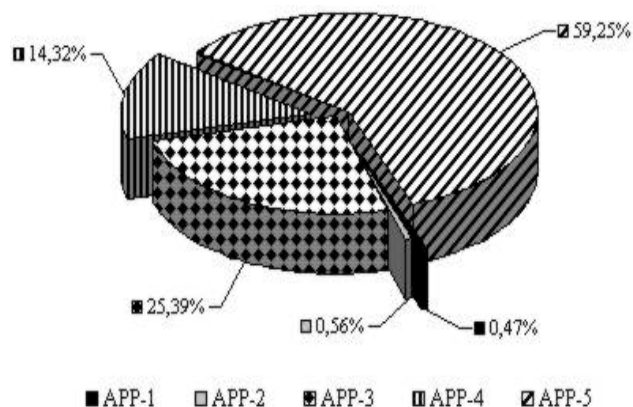


Figura 3 – Quantificação da ocorrência das categorias de APPs entre os fragmentos florestais mapeados da bacia hidrográfica do rio Alegre, município de Alegre, Espírito Santo

### 3.2. Conflito de uso da terra

De maneira geral, as classes de uso da terra mapeadas estão parcialmente situadas nas áreas legalmente protegidas, principalmente aquelas resultantes de ações antrópicas. Contudo, apenas as classes pertencentes ao sistema antrópico caracterizam o conflito de uso, pois resultam da intervenção humana. Do total de 9.566,9 ha relativos às APPs, 7.479,9 ha (78,39%) estão sendo afetados por uso indevido, 286,5 ha (2,99%) são ocupadas pelas classes pertencentes ao sistema fitosionômico natural e apenas 1.780,7 ha (18,61%) estão cobertas por fragmentos florestais nativos.

As classes cafezal e pastagem ocuparam a maior parte das APPs, com 979,6 ha (10,24%) e 6.179,8 ha (64,49%), respectivamente. As áreas de APPs situadas nas margens de cursos d'água (APP-4) e no terço superior das sub-bacias (APP5), com 216,9 ha e 2.859,9 ha, respectivamente, foram as categorias mais afetadas por essas classes de uso da terra. Por outro lado, observou-se que as áreas ocupadas pelas classes caracterizadas como sistemas fitosionômicos naturais ocorreram apenas em 2,99 % das categorias de APPs, sendo regeneração (173,3 ha) e campo sujo (42,3 ha) as principais responsáveis. Com relação aos fragmentos florestais, mais uma vez, vale ressaltar que essas representam áreas efetivamente preservadas com cobertura vegetal nativa.

As classes regeneração e várzea, com 0,02 ha e 0,03 ha, respectivamente, ocuparam as menores porções entre as categorias de APPs mapeadas. Além disso, verificou-se que as áreas de preservação permanentes situadas nas margens dos cursos d'água (APP-4) apresentaram, dentre as categorias de APPs, a maior redução em área de floresta nativa, com 2.563,3 ha (90,95%) ocupados por alguma classe de uso e ocupação da terra e apenas 254,9 ha (9,05%) efetivamente cobertos por fragmentos florestais.

A análise da **Figura 4** mostra, em termos percentuais, que as categorias de APPs menos afetadas pelas classes de uso e ocupação e, por conseqüência, com maiores áreas cobertas por fragmentos florestais, foram as APPs situadas nas encostas com declividade superior a 45 graus (APP-2) e nas nascentes e suas respectivas áreas de contribuição (APP-3), com 63,62% e 77,11%, respectivamente.

Por outro lado, as classes caracterizadas como sistema fitosionômico ocuparam 286,5 ha das categorias de APPs. Desse total, 173,3 ha estão cobertos pela classe regeneração, que corresponde a áreas com cobertura florestal em estágio de recuperação.

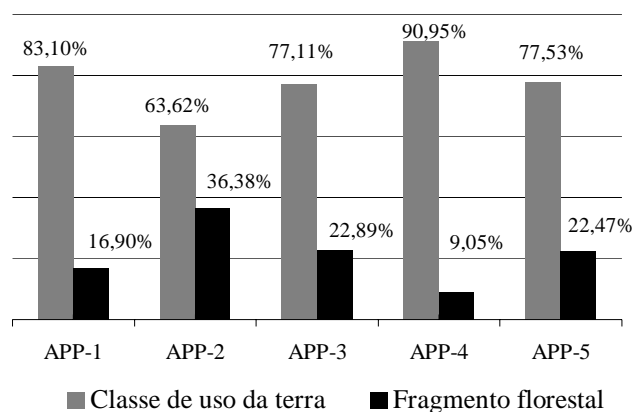


Figura 4 – Percentual total do tipo de cobertura entre as categorias de APPs mapeadas

#### 4. Conclusões

Utilizando técnicas de geoprocessamento, o presente estudo teve como finalidade delimitar de maneira automática as áreas de preservação permanente e verificar a ocorrência de conflito de uso da terra na bacia hidrográfica do rio Alegre, situada no município de Alegre, extremo sul do estado do Espírito Santo, tendo como referencia legal, a Resolução nº 303, do CONAMA. A partir dos resultados obtidos foi possível concluir que:

- A adoção do SIG permitiu a delimitação automática das áreas de preservação permanentes e identificação de conflito de uso das classes presentes na área de estudo.
- A metodologia adotada para delimitação automática das Áreas de Preservação Permanente (APPs), mostrou-se bastante eficiente, produzindo de maneira automatizada informações precisas sobre as suas dimensões e distribuição espacial na paisagem.
- As categorias de áreas de preservação permanentes situadas nas margens dos cursos d'água, encostas com declividade superior a 45 graus, áreas de contribuição das nascentes, terço superior do morro, e terço superior das sub-bacias ocuparam 9.566,9 ha (45,95%) da área total da bacia hidrográfica do rio Alegre. Dentre essas, a maior participação correspondeu às APPs situadas no terço superior das bacias, com 4.695,8 ha (49,08%) e a menor nas áreas relacionadas às encostas com declividade superior a 45 graus, com apenas 27,5 ha.
- De maneira geral, as classes de uso da terra estão situadas dentre as categorias de APPs mapeadas, sendo as classes cafezal (979,6 ha) e pastagem (6.169,6 ha) as de maior ocorrência, ocupando respectivamente 10,24% e 64,49% das áreas legalmente protegidas pela legislação ambiental. Em contrapartida, a classe de área edificada (70,0 ha) apresentou a menor ocorrência de conflito de uso, com 27,64%.

#### 5. Referências bibliográficas

- Tribe, A. Automated recognition of valley lines and drainage networks from grid digital elevation models: a review and a new method. **Journal of Hidrology**, v. 139, p. 263-293, 1992.
- Ribeiro, C. A. A. S.; Oliveira, M. J.; Soares, V. P.; Pinto, F. A. C., Delimitação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros e em linhas de cumeada: Metodologia e estudo de caso. In: Seminário de Atualização em Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas Aplicadas à Engenharia Florestal, 5, 2002, Curitiba, Paraná. Anais, 7 – 18p.
- Eash, D. A. A., geographic information system procedure to quantify drainage-basin characteristic. *Water Resources Bulletin*, 30: 1-8, 1994.
- IBGE, 1977. Cartas topográficas: Anutiba, Divino São Lourenço, Guaçuí e Muqui. Escala 1:50.000.

Garbrecht, J. & Martz, L. W. Digital elevation model issues in water resources modeling. In : 1999 ANNUAL ESRI USERS CONFERENCE, GARBRECHT J. & MARTZ, L. W. Network and subwatershed parameters extracted from digital elevation models: the bills creek experience. Water Resources Bulletin, 29:909-916, 1993.

Oliveira, M. J. Proposta Metodológica para Delimitação Automática de Áreas de Preservação Permanente em Topos de Morro e em Linha de Cumeada. Viçosa: UFV, 2002. 53p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa.

Garcia, M.J.L. & Camarasa, A.M. Use of geomorphological units to improve drainage network extraction from DEM – Comparison between automated extraction and photointerpretation methods in the Carraixet catchment (Valencia, Spain). JAG, 3-4: 187-194, 1999.