

## Análise Ambiental da Bacia do Rio Paraíba: Cenário de Implantação de Áreas de Preservação Permanente

Letícia d'Agosto Miguel Fonseca<sup>1</sup>  
Marcos Cicarini Hott<sup>2</sup>  
Ricardo Tavares Zaidan<sup>3</sup>  
João Luiz Lani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Federal de Viçosa - UFV  
DPS/Campus UFV - 36570-000- Viçosa - MG, Brasil.  
{leticiafonseca.geo@gmail.com;lani@ufv.br}

<sup>2</sup> Embrapa Gado de Leite  
Rua Eugênio do Nascimento, 610 - Dom Bosco, Juiz de Fora- MG, Brasil.  
hott@cnppl.embrapa.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF  
Rua José Lourenço Kelmer, s/n - São Pedro, Juiz de Fora - MG, Brasil.  
ricardo.zaidan@ufjf.edu.br

**Abstract.** This study aimed to map some permanent preservation areas there are in the Paraíba river basin, which is inserted in the Zona da Mata of Minas Gerais, extending to a small portion of the State of Rio de Janeiro, southeastern Brazil, in order to overlay this APP's with current context of use and land cover. The agriculture and dairy farming are the main economic activities found in the municipalities of the basin, therefore, it is necessary to identify which are the possible conflicts in the areas available for agricultural production if the APP's were deployed as the Forest Code (Law 4771 / 7.803/1989 and 1965) and CONAMA Resolution nº303/02. It was possible to extract morphometric data to estimate the areas of APP from the Digital Elevation Model. It was performed a supervised classification on Landsat/5 data to obtain the thematic map of use and land cover, that allowed the distribution and quantification of main uses in the basin. In a efficiently way it was possible to generate scenarios that allowed us to evaluate land aspects of the implementation of APP's in the Paraíba river basin, for which the Geographic Information System got versatile tool for processing and generate geographic data.

**Palavras-chave:** Watershed, Digital Elevation Model, Land Use, Bacia Hidrográfica, Modelo Digital de Elevação, Uso da Terra.

### 1. Introdução

A bacia do Paraíba está localizada na Zona da Mata Mineira, com uma porção de 82% de sua área, que ultrapassa os limites estaduais de Minas Gerais, agregando uma pequena parte do território do Rio de Janeiro. A nascente está na serra da Mantiqueira no município de Antônio Carlos/MG numa altitude de aproximadamente 1.800 m, dentre os seus afluentes, o Rio Preto nasce na Serra do Itatiaia, a 2.700 metros de altitude, junto ao pico das agulhas negras, e serve como divisa natural dos estados do Rio de Janeiro e Minas Gerais. O rio do peixe nasce no município de Lima Duarte, a cerca de 1.200 m de altitude, e por fim o rio Cágado nasce em Chácara, a cerca de 750 m de altitude. (ARAÚJO, 2009). A bacia ocupa uma área de 8.593 km<sup>2</sup> em 37 municípios, dentre eles destaca-se Juiz de Fora, por representar 70% da população total da bacia segundo o Censo demográfico do IBGE do ano de 2000 (figura 1).

É considerada uma unidade de planejamento e gerenciamento dos recursos naturais, e, assim, por estar em um ambiente de relevo acidentado, depreende-se a possibilidade da obtenção de uma densa área de APP, o que demanda atentar-se para a legislação vigente no âmbito do uso e cobertura da terra. Sua importância na escala nacional está no fato de ser uma

sub-bacia do rio Paraíba do Sul, que fornece o abastecimento de água para três grandes estados do nosso país (MG SP e RJ) e grandes desrespeitos à lei ambiental, podem agravar situações de deslizamento de encostas e assoreamento dos rios, além de comprometer o volume e qualidade da água, afetando diretamente no bem estar da população.

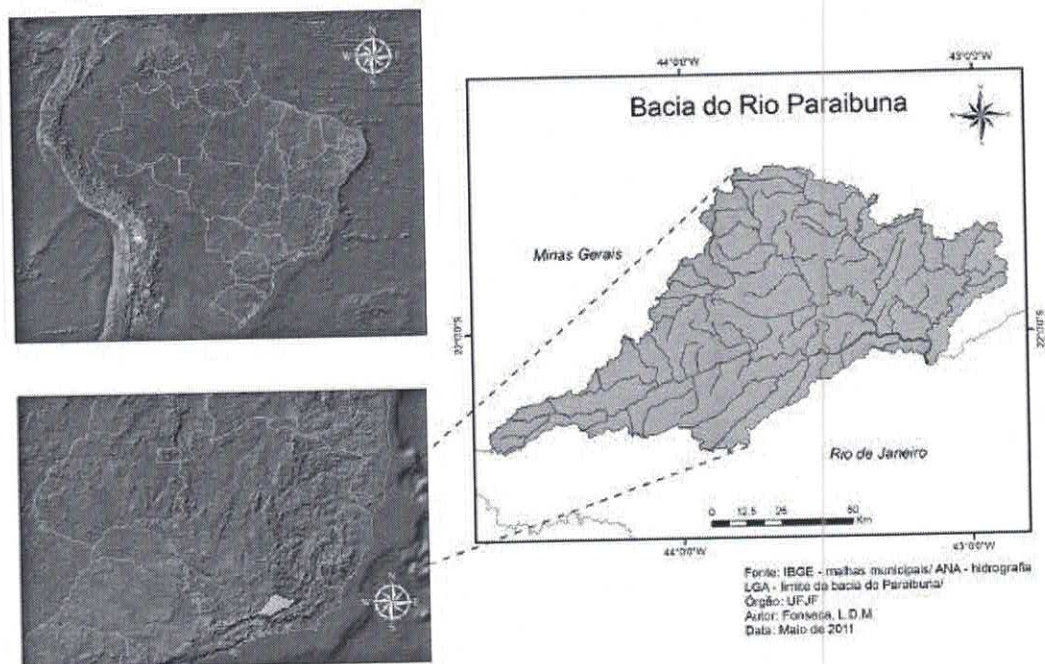
A partir do Código Florestal (BRASIL, 1995), a legislação brasileira passou a implementar mecanismos legais com relação às Áreas de Preservação Permanente, ao identificar que essas áreas, cobertas ou não por vegetação nativa, detinham a função de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo de genes da fauna e da flora, proteger o solo e assegurar o bem estar da população humana. A despeito da atual discussão no sentido de alterar sua forma de implantação no contexto agrário brasileiro, deve-se compreender a distribuição das áreas de APP no espaço, bem como o conflito com o uso da terra, como realizado em Hott et al. (2011).

Para a estimativa das áreas de APP foram utilizados os dados altimétricos da imagem SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) processadas por Miranda et al. (2005), adquiridas gratuitamente através do site da Embrapa Monitoramento por Satélite, possibilitando o mapeamento das áreas de APP's em relevo e hidrografia, que compreendem as categorias de topos de morro, acima de 45° de declividade, acima de 1800 m, e ao longo de cursos d'água, as quais são regulamentadas pelo CONAMA n°303 de 2002. As áreas situadas ao entorno de reservatórios foram mapeadas a partir da distância mínima da margem do espelho d'água com base na resolução do CONAMA n°302 de 2002. As imagens utilizadas no uso da terra são produtos do satélite Landsat 5, e foram adquiridas gratuitamente mediante cadastro no site do INPE. As três cenas que inserem a área da bacia do Paraíba são correspondentes à órbita 217 (pontos 75 e 76) e à órbita 218 (ponto 75), respectivamente. As imagens que apresentaram menor presença de nuvens foram as de Agosto de 2010, permitindo uma maior qualidade na interpretação e classificação do uso da terra, além das mesmas serem relativamente atuais, o que aproximou o resultado da realidade respeitando a escala de análise.

Também foram levantados pontos de controle a partir das imagens ortorretificadas do Landsat 7, adquiridas gratuitamente através do site *Global Land Cover Facility*, para o georreferenciamento das imagens do Landsat 5, que compreende a área da bacia do Paraíba, processado no mesmo software.

O conhecimento e a compreensão do espaço territorial são fundamentais para a tomada de decisão no campo do planejamento, de maneira eficiente e com baixo custo pôde-se gerar o cenário que permitiu avaliar aspectos fundiários da implantação de APP's na bacia do Rio Paraíba, para os quais o Sistema de Informações Geográficas deteve ferramenta versátil no tratamento e geração de base geográfica, dentro da escala de expressão previamente determinada.





**Figura 1.** Localização da bacia do rio Paraíba no cenário brasileiro, regional e local.

## 2. Metodologia de Trabalho

Todo o tratamento dos dados foi efetuado através do ferramental disponível no ambiente SIG, que possibilitou gerar um cenário em macro escala de conflitos de usos na bacia do rio Paraíba.

Para o mapeamento das APP's abordadas no trabalho foram utilizadas as informações altimétricas do MDE representado na figura 2, gerado a partir da imagem SRTM através da interpolação por krigagem, pelo modelo gaussiano, como realizado em Torres (2007) para a suavização do terreno e o refinamento da resolução espacial dos dados para 30 m o tamanho do pixel. Para a estimativa dos cursos d'água foi necessária a extração da rede de drenagem hierarquizada com base no MDE, e, utilizando imagens de alta resolução, via amostras em formato \*.kml e consulta ao software Google Earth, empiricamente foi atribuída a largura de até 10 m para os rios de ordem de 1 a 6, por entender que estas ordens apresentavam rios menos caudalosos, e para as ordens de 7 e 8 a largura de até 30 m. Portanto, de acordo com a largura dos rios ou córregos, atribuiu-se uma APP de 30 m para a drenagem de ordem de 1 a 6 e de 50 m para a drenagem de ordem 7 e 8.

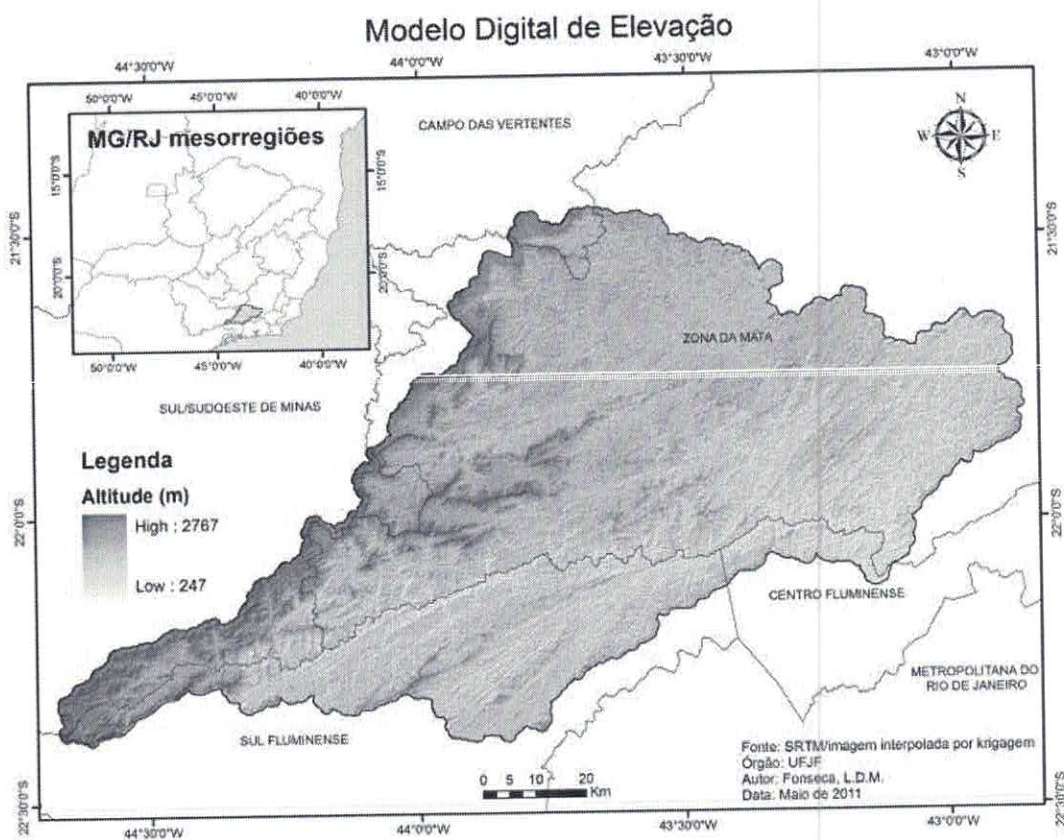
As áreas de topo de morro foram mapeadas segundo a metodologia de Hott et al. (2004), através do fluxo superficial, onde a direção do fluxo materializa os vales existentes entre as elevações, delimitando e expressando as bases irregulares. A base do morro se torna concreta quando se determina a menor altitude presente na área mapeada da elevação, o que estaria de acordo com a legislação vigente.

As áreas de APP's que compreendem as declividades acima de 45° foram obtidas através da ferramenta do Arcgis, *slope* no *spatial analyst*, e classificadas em duas classes, compreendendo até 45° e acima de 45° de forma que fosse possível extrair somente as áreas

acima de 45° de declividade através do *raster calculator*. Já as áreas situadas acima de 1800 metros de altitude extraíram-se diretamente do MDE, através da simbologia, onde também se definiu duas classes, até 1800 metros e acima de 1800 metros, tornando possível a extração dessas áreas para um novo *raster*. Todos os dados foram exportados para o formato vetorial, (polígonos), para a facilidade de manipulação.

Para a identificação expedita das classes de uso da terra na imagem Landsat 5, utilizou-se a Classificação Supervisionada pelo método da Máxima Verossimilhança, que compreende a localização de exemplos representativos de cada tipo de cobertura, identificados visualmente na imagem, delimitados por polígonos, chamados de amostras de treinamento, sendo eles classificados em grandes grupos de uso (classes): Área urbana, solo exposto/degradado ou afloramento, área agrícola, mata e águas, em seguida, associaram-se automaticamente a cada pixel da imagem uma classe, de acordo com a similaridade estatística obtida em cada assinatura espectral, gerando um mapa temático.

Com o resultado obtido através do *overlay* espacial gerado no SIG, consideraram-se três situações: O cenário de área total de uso e seu respectivo percentual na bacia, área e percentual total de APP na bacia e a área total de cada uso frente a cada categoria de APP mapeada.



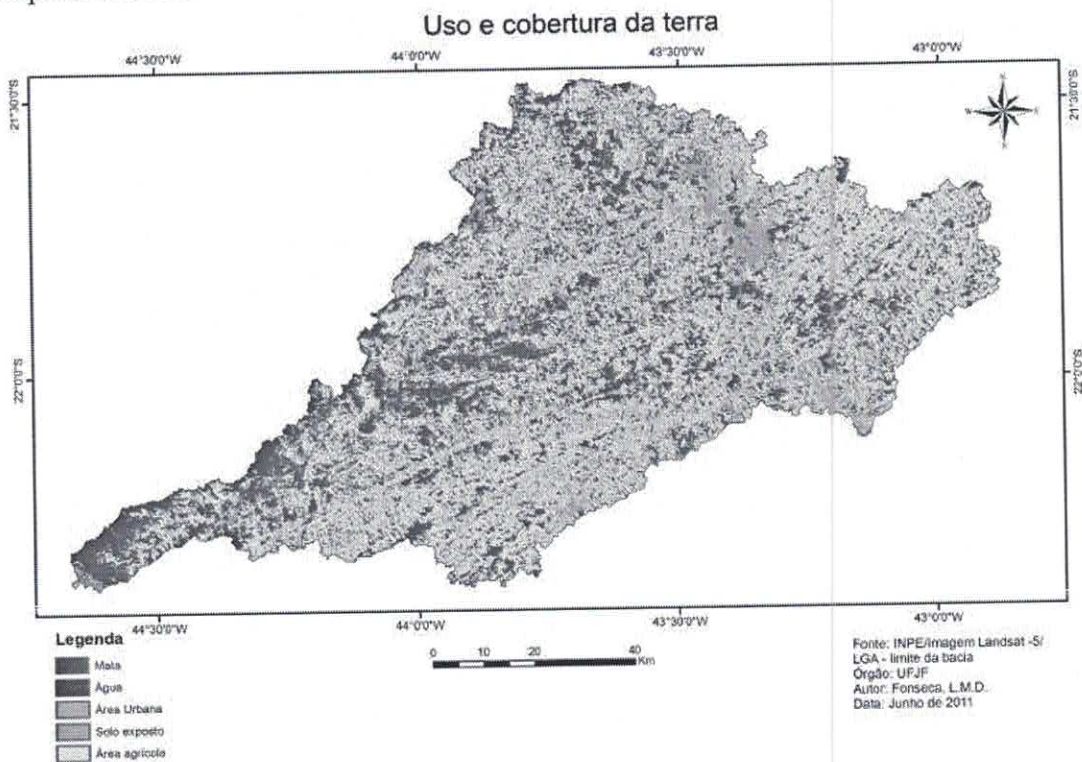
**Figura 2.** Mapa representativo da variação altimétrica da bacia do rio Paraibuna a partir do MDE tratado no SIG. Fonte: Miranda et. al. (2005).



### 3. Resultados e Discussões

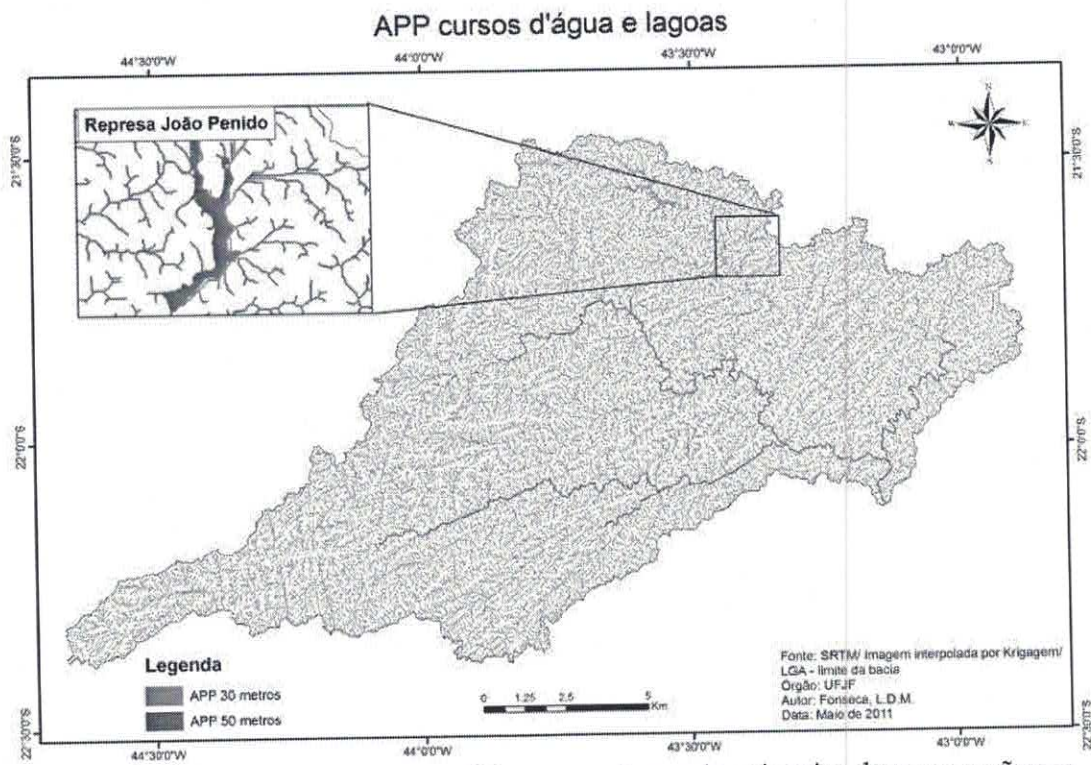
Os dados obtidos através da tabela de atributos das classes mapeadas no mapa de uso e cobertura da terra (figura 3) foram quantificados em porcentagem, resultando na distribuição de aproximadamente 33% de área de mata, 52% área agrícola, um dado expressivo, visto que nesta classe estão agrupadas áreas de pastagem, sendo esta distribuída de forma homogênea por toda a bacia, principalmente por conta da pecuária leiteira, e também há a presença de cultivos agrícolas. De acordo com dados de Hott et. al. 2011, a Zona da Mata detém um importante papel na produção leiteira do estado, totalizando 10% da produção mineira.

A área urbana perfaz um total de 0,34%, juntamente com o solo exposto totalizando 10%, que caracterizam áreas consolidadas, solos degradados e afloramento rochoso respectivamente.

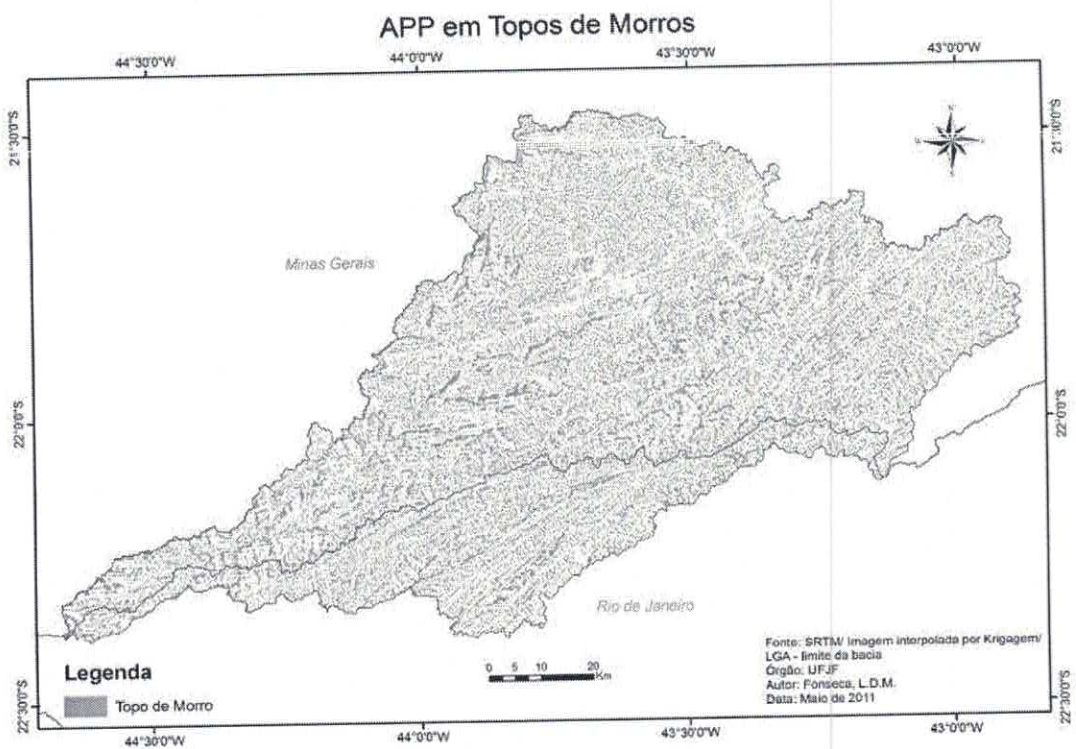


**Figura 3.** Mapa temático de uso e cobertura da terra da bacia do rio Paraibuna

Para a APP em cursos d'água e usou-se a drenagem para o seu mapeamento e estimativa das áreas, determinando a margem de proteção com base na ordem do tributário pelo método de Strahler (figura 4), totalizando aproximadamente 32% da área total de APP. Também com base no uso de informações morfológicas extraídas do MDE foram mapeadas as APP's em relevo, a maior cobertura dessa categoria foi o topo de morro, perfazendo um total de aproximadamente 68%, devido à geomorfologia da região, por apresentar um relevo bem acidentado (figura 5). As duas categorias estão associadas uma à outra, segundo Christofolletti (1980) a análise da rede hidrográfica, nos estudos geomorfológicos, pode levar à compreensão de numerosas questões, visto que os cursos d'água promovem os processos morfogenéticos de esculturação da paisagem. As áreas de APP em relevo foram geradas a partir do mapa de declividade, extraindo-se as áreas acima de 45° e a partir do MDE obtiveram-se as áreas acima de 1800 m de altitude.



**Figura 4:** Mapa de APP's em corpos d'água como forma de estimativa de preservação nas margens dos cursos e ao redor dos lagos.



**Figura 5:** Mapa de APP's em Topo de Morro.



Como resultado da sobreposição das áreas (tabela 1), o cenário de implantação das APP's mostrou que predominantemente em APP's de corpos d'água foram encontradas áreas agrícolas, totalizando 735 km<sup>2</sup> aproximadamente, e 101 km<sup>2</sup> de solo exposto. Somente 207 km<sup>2</sup> estão preservados com áreas de mata. Já as áreas acima de 1.800 m predominam as áreas de mata, com 13,43 km<sup>2</sup> e somente 2, 6 km<sup>2</sup> de área de solo exposto bem como de área agrícola.

No resultado encontrado para as áreas de Topo de morro, obteve-se aproximadamente 50% das áreas cobertas por mata (1.128, 81 km<sup>2</sup>), e os outros 50% se dividem em 40% de cobertura por área agrícola, (possivelmente as áreas de pastagem, por estarem em área montanhosa) e 10% em área urbana e solo exposto. As áreas correspondentes à declividade acima de 45° totalizaram os menores dados de APP's distribuídas na bacia, portanto sua sobreposição também foi pouco expressiva, mas observou-se que a divisão predominante ficou entre mata e área agrícola, assim como os topos de morro.

Em termos percentuais, temos 48% das áreas de mata em áreas de APP, ou seja, as áreas que estão preservadas. Os outros 52% são áreas de florestas, mas que não estão sobrepostas nas categorias de APP's que foram abordadas no trabalho. As áreas agrícolas estão distribuídas ocupando 34,14% de áreas que deveriam estar preservadas. Aproximadamente 34% das áreas de solo exposto estão distribuídas nas áreas de APP.

**Tabela 1.** Sobreposição das classes de uso da terra frente a implantação de APP's em porcentagem.

Classe de Uso	Área (%)	APP sobreposição				
		Corpos d'água (%)	Acima de 1800 m (%)	Maior que 45° (%)	Topo de Morro (%)	Total APP (%)
Mata	32,24	7,48	0,48	0,13	40,75	48,85
Água	0,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Área Urbana	0,34	18,64	0,00	0,00	10,83	29,46
Solo exposto	10,19	11,52	0,31	0,17	21,77	33,76
Área agrícola	57,12	14,97	0,05	0,05	19,08	34,15
Total geral (%)	100	12,20	0,22	0,09	26,29	38,80

#### 4. Conclusões

A bacia do Rio Paraibuna apresenta uma extensa área agrícola com uma forte vocação pecuária, perfazendo, mediante o mapa de uso da terra obtido, um total aproximado de 4.900 km<sup>2</sup>, aproximadamente 57% da área total da bacia estudada. Dessa forma, com base no código florestal vigente, verificou-se a necessidade da obtenção de uma metodologia que permitisse a estimativa de APP's, tendo em vista, a importância atual do tema e as repercussões desta para a região, em termos de meio ambiente e produção agropecuária.

A metodologia utilizada na realização do trabalho permitiu a análise considerando a escala final de 1:250.000 apresentando dados de grandes conflitos de usos da terra frente a implantação das APP's. Por volta de 38% da área total da bacia estaria sob proteção para fins de implantação de APP's, sendo que 15% da área da bacia já possui cobertura vegetal natural representada pela classe Mata, necessitando assim de recomposição em torno de 23% da área, com o efetivo plantio de espécies naturais da Mata Atlântica, especificamente típica de floresta estacional semidecidual, ou mesmo ao critério do órgão fiscalizador.

## Agradecimentos

Ao Departamento de Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora.  
À Embrapa Gado de Leite e a Universidade Federal de Viçosa pelo apoio na realização do trabalho.

## Referências Bibliográficas

- ARAÚJO, João Paulo Carvalho. **Utilização de métodos e critérios para a determinação de rio principal em bacia hidrográfica – o caso do rio Paraibuna**. Juiz de Fora, UFJF, 2009. 110 p. ( Monografia de Conclusão de Curso de Geografia).
- BRASIL. **Lei Federal nº 4771/65**, de 15 de setembro de 1965, alterada pela Medida Provisória nº 2.166 –67, de 24 de agosto de 2001. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2001.
- \_\_\_\_\_. **Resolução do CONAMA 303**, de 20 de março de 2002, Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Brasília, DF: Congresso Nacional, 2002b.
- \_\_\_\_\_. **Resolução do CONAMA 302, de 20 de Março de 2002**. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites das Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo. Editora Bluncher, 1999.
- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia**. São Paulo. Editora Bluncher, 1980.
- HOTT, M.C; GUIMARÃES, M; MIRANDA, E. E. **Método para determinação automática de Áreas de Preservação Permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo, com base em geoprocessamento**. Embrapa Monitoramento por Satélite. Documentos nº34. ISSN – 0103-78110. Novembro, 2004.
- HOTT, M.C; FONSECA, L. D. M; SOUZA, R. C. S. N. P. **Cenário ambiental para a produção de leite considerando a legislação sobre Áreas de Preservação Permanente na Zona da Mata e Campo das Vertentes em Minas Gerais**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. Anais...Curitiba: 2011, 1 CDROM.
- INPE. Disponível em: <www.inpe.br>. Acesso em: 20 de Maio de 2011.
- MIRANDA, E. E. de; (Coord.). **Brasil em Relevô**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2005. Disponível em: <http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: Maio de 2011.
- NOVO, E.M.L.M. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. São Paulo: Edgar Blücher, 1992. 308p.
- SRTM – Shuttle Radar Topography Mission. USGS, 2000.