



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

**DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE
EM SUPERFÍCIE PLANIMÉTRICA E SUPERFÍCIE MODELADA NO
VALE DO RIO CUIABÁ- PETRÓPOLIS/RJ**

GABRIEL LOUSADA BORGES

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Mota de Sousa

Seropédica – RJ, Dezembro de 2014



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS

GABRIEL LOUSADA BORGES

**DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE
EM SUPERFÍCIE PLANIMÉTRICA E SUPERFÍCIE MODELADA NO
VALE DO RIO CUIABÁ- PETRÓPOLIS/RJ**

Monografia apresentada ao Curso de Geografia (Departamento de Geociências / Instituto de Agronomia) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro como requisito parcial para a obtenção do título Bacharel em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Gustavo Mota de Sousa

Seropédica – RJ, Dezembro de 2014

**DELIMITAÇÃO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE
EM SUPERFÍCIE PLANIMÉTRICA E SUPERFÍCIE MODELADA NO
VALE DO RIO CUIABÁ - PETRÓPOLIS/RJ**

Monografia aprovada em: ____ de _____ de 2014.

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Gustavo Mota de Sousa – Orientador
Departamento de Geociências / Instituto de Agronomia – UFRRJ

Msc. Phillippe Valente Cardoso
Seção de Engenharia Cartográfica / IME

Msc. Pedro Henrique Ferreira Coura
Departamento de Geografia / Instituto de Geociências – UFRJ

*Dedico esta monografia a todos aqueles de mente inquieta.
Que encontram na curiosidade e na busca pelo conhecimento
o combustível para tornassem mais capazes de fazer a diferença.*

AGRADECIMENTOS

Inúmeras pessoas passaram por minha vida durante todos esses anos de graduação, cada uma em momentos especiais e que de certa forma contribuíram não só para minha formação acadêmica, mas também, somaram ao meu crescimento pessoal. Por isso sou imensamente grato a todas elas.

No entanto, algumas pessoas se destacaram nesse processo e merecem minha especial gratidão. Antes de qualquer um, eu agradeço a minha mãe por todo amor, dedicação, incentivo e compreensão. Ter sua presença sempre me incentivando a buscar meus sonhos te torna a maior responsável por tudo que eu conquistei e ainda virei há alcançar um dia, por isso, palavras jamais serão o suficiente para dizer o quanto sou grato a você. Ao meu pa(i)drasto por todo apoio, conversas e ensinamentos que ajudaram a moldar meu caráter. A toda minha família pelo constante apoio e confiança ao longo dos anos, e em especial ao meu primo Guilherme pelos conselhos no início de minha vida acadêmica para que eu nunca deixasse de “papirar” e pelas indicações literárias. Os conselhos foram absorvidos e muitas respostas encontradas nestes livros.

A todos os professores do departamento de Geociências da UFRRJ pelo conhecimento transmitido no decorrer destes anos, e principalmente, pelos questionamentos fomentados. Ao meu orientador, Gustavo Mota de Sousa, por ter acreditado em meu potencial, pelos conselhos, sugestões e por me mostrar novos caminhos a serem percorridos. Aos membros do Laboratório de Cartografia da UFRJ (Geocart) por me acolherem tão bem e possibilitarem que essa monografia fosse realizada; em especial ao Manoel Fernandes e Pedro Coura pelas inúmeras horas de ajuda para a conclusão de mais esta etapa.

A toda turma de Geografia de 2009, pioneiros e desbravadores de novos territórios. Em especial aos amigos mais próximos Bigode, Salame, Docarri, Valara e Mary Roots pelos momentos de extrema alegria, relaxamento, engrandecimento cultural e acadêmico, apoio e principalmente, muita energia positiva!!

E por último, mas de fundamental importância, a Talissa Mira pelos sempre presentes momentos de carinho, atenção, incentivos, conversas, felicidade e sorrisos. Quando eu pensei que a Rural já havia me dado tudo de bom que ela tinha para me oferecer, eis que você aparece em meu caminho. Por sorte, a vida tem dessas coisas.

RESUMO

Ao iniciar o mapeamento de uma área diversas metodologias podem ser escolhidas. É necessário realizar uma avaliação sobre os objetivos de tal mapeamento e que resultados pretende-se atingir. O presente trabalho buscou fazer uma comparação entre duas técnicas diferentes para a delimitação das Áreas de Preservação Permanente, instrumentos legais de proteção ambiental, previstas pelo Novo Código Floresta. As metodologias escolhidas para tal comparação baseiam-se na diferença ao utilizarmos a Superfície Planimétrica, que não considera o relevo como um meio dotado de irregularidades; e a Superfície Modelada, que considera todas as rugosidades do terreno. Isto porque, acredita-se que os impactos na extensão das áreas delimitadas podem significar a eficácia ou não de tais instrumentos legais. O local escolhido para realizar este estudo foi o Vale do Cuiabá, no município de Petrópolis, região serrana do Rio de Janeiro. Tal escolha levou em conta o acidentado relevo local e sua grande biodiversidade, ameaçada pela ocupação humana e atividades econômicas. Como base metodológica para elaboração da parte prática do trabalho foi utilizado o software APP 1.0, desenvolvido por Coura (2012). Este software permite que as delimitações das APPs sejam realizadas tanto em superfície planimétrica, quanto em superfície modelada, necessitando apenas de um Modelo Digital de Elevação e um arquivo das feições que pretende-se delimitar. Os resultados demonstraram uma redução das áreas delimitadas em todos os tipos de APPs trabalhadas quando consideramos a superfície modelada, com percentuais variando entre 12,61% e 4,15%. Tais resultados demonstram a necessidade de uma revisão do Código Florestal, de forma que estas diferenças sejam contempladas e que a legislação possa servir de maneira mais efetiva para proteção dos bens naturais do país.

Palavras-chave: Área de Preservação Permanente, Superfície Planimétrica, Superfície Modelada, Geoprocessamento

ABSTRACT

With the decision to map an area, a variety of methodologies can be chosen from. It is necessary to conduct a review of the objectives of such mapping and what results are expected to be achieved. This study aimed to make a comparison between two different techniques for the delimitation of Permanent Preservation Areas, a legal instruments for environmental protection, provided by the New Forest Code. The methods chosen for this comparison are based on the differences between the planimetric surface, like the ones found on topographic maps and any other analysis made ignoring the geomorphology as a mean with its roughness aspects; and the modeled surface, considering the Earth surface as it is, a mean with roughness, elevations and discontinuities. That's because, it is believed that the impact on the extent of the delimited areas can mean the efficacy or failure of such instruments. The site chosen to perform this study was the Cuiabá Valley, in the city of Petropolis, mountainous region of Rio de Janeiro. This choice took into account the rugged aspects of local geomorphology and its great biodiversity, threatened by human settlement and economic activities. As a methodological basis for the practical part of the study it was used the software APP 1.0, developed by Coura (2012). This software allows the delimitation of the APPs to be carried out both on planimetric surface, as on modeled surface, requiring only a digital elevation model and a file with the features intended to be mapped. The results demonstrated a reduction in delimited areas in all types of APP when considering the modeled surface, with percentages ranging between 4.15% and 12.61%. These results indicate the need for a revision of the Forest Code, so that these differences can be dealt with and the law can serve as a more effective way to protect the country's natural resources.

Keywords: Permanent Preservation Areas, Planimetric Surface, Modeled Surface, Geographic Information System

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura básica de um Sistema de Informações Geográficas. _____	16
Figura 2 - Representação de um MDE utilizando coordenadas X, Y e Z. _____	17
Figura 3 - Diferença ao delimitarmos uma região utilizando a superfície modelada e a superfície planimétrica. _____	22
Figura 4 - Vale do Cuiabá, Petrópolis/RJ. _____	24
Figura 5 - Perfil longitudinal do rio Cuiabá. _____	26
Figura 6 - Fluxograma do trabalho _____	27
Figura 7 - Mapa das APPs que serão delimitadas _____	31
Figura 8 - Sobreposição da delimitação das APPs de nascentes em SP e SM _____	33
Figura 9 - Sobreposição das APPs de cursos d'água com largura inferior a 10 metros em SP e SM _____	34
Figura 10 - Sobreposição da APP de curso d'água com largura superior a 10 metros em SM e SP _____	35
Figura 11 - APPs do Vale do Cuiabá em SM e SP _____	37
Figura 12 - APPs do Vale do Cuiabá em Superfície Planimétrica _____	47
Figura 13 - APPs do Vale do Cuiabá em Superfície Modelada _____	48
Figura 14 - Sobreposição das APPs do Vale do Cuiabá diferenciadas de acordo com o tipo especificado por lei _____	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1 Estrutura da monografia	11
2. DISCUSSÃO CONCEITUAL	12
2.1 Sistemas e Geossistemas	12
2.2 Geoecologia	13
2.3 Geoprocessamento	15
2.4 Modelos Digitais de Elevação	16
2.5 Áreas de Preservação Permanente	18
2.6 Superfície Planimétrica, Superfície Modelada e o APP 1.0	20
3. ÁREA DE ESTUDO	24
4. MATERIAIS E MÉTODOS	27
4.1 Dados de entrada	27
4.2 Edição das bases cartográficas	28
4.3 Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente	29
4.3.1 APP de nascentes	29
4.3.2 APP de cursos d'água	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
5.1 APP de nascentes	32
5.2 APP de cursos d'água com largura inferior a 10 metros	33
5.3 APP de cursos d'água com largura superior a 10 metros	34
5.4 Discussão	35
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	38

1. INTRODUÇÃO

Ao discutirmos as técnicas cartográficas para realizar um mapeamento, seja ele com finalidade impressa ou digital, nos deparamos com uma série de possibilidades, cada qual com suas características específicas, vantagens e limitações. O foco deste trabalho é fazer uma avaliação entre duas possíveis metodologias para delimitação de áreas; uma utilizando a superfície planimétrica, comum aos mapas cartográficos impressos ou digitais que ignoram o relevo como um meio dotado de irregularidades; e a outra considerando a superfície modelada, que leva em conta o relevo, suas rugosidades e o impacto na extensão de área (Fernandes, 2004).

Quando utilizamos a superfície planimétrica para um mapeamento, aspectos de elevação e declividade são ignorados para a realização do cálculo, sendo a área delimitada através de projeções dos pontos cotados em campo para uma superfície bidimensional. Tal característica desta forma de representação da realidade, utilizando a superfície planimétrica, é responsável por mascarar os resultados obtidos, principalmente quando realizado em áreas com relevo acidentado e apresentando-se como uma importante questão na delimitação, gestão e manejo de áreas. Mesmo quando trabalhamos com dados tridimensionais em um Sistema de Informação Geográfica, ao realizar uma análise de área, os cálculos de área não consideram o terreno como um meio dotado de irregularidades. Isto ocorre porque, devido à natureza dos softwares de SIG, antes dos dados com informações referentes à altitude e declividade serem processados para a realização das mensurações, eles são reprojatados para uma superfície plana (Fernandes & Menezes, 2005). Esta problemática tornou evidente a necessidade do desenvolvimento de maneiras alternativas para trabalharmos com análises em Superfície Modelada, ou seja, levando em conta o relevo dotado de todas as suas irregularidades, tornando cálculos de área e delimitações muito mais precisas.

Com isso, este trabalho buscou realizar uma comparação entre os mapeamentos utilizando a Superfície Planimétrica e a Superfície Modelada. Para tal, as bases conceituais de sistemas, geossistemas e geocologia foram utilizadas, isto porque, as análises valendo-se de tais arcabouços teóricos priorizam uma integração dos diversos aspectos da paisagem para a construção de um sistema único e heterogêneo. Temos então como objetivo final realizar uma comparação das áreas de APP quando

delimitadas em Superfície Planimétrica e Superfície Modelada, e para tal delimitação, foi utilizado o programa APP 1.0, desenvolvido por Coura (2012).

Este programa apresenta-se como um importante avanço na delimitação de áreas em superfície modelada, pois torna viável a resolução de um problema comum relacionado ao Código Florestal Brasileiro, no qual, ao delimitarmos uma Área de Proteção Permanente (APP), a maneira pela qual essa delimitação é realizada fica a cargo do fiscal, visto que não existe uma especificação presente na legislação. Necessitando apenas de um Modelo Digital de Elevação (MDE) e um arquivo matricial das feições que pretende-se trabalhar, é possível realizar uma delimitação das áreas de APP em superfície planimétrica e em superfície modelada, auxiliando assim na implementação da APP e do manejo destas áreas.

De acordo com o Novo Código Florestal Brasileiro, as Áreas de Preservação Permanente tem a “função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas” (Brasil, 2001). O Novo Código Florestal prevê diversas feições ambientais passíveis de proteção através das APPs, dentre elas, encostas com declividade superior a 45°, topos de morros com altura mínima de 100 metros, áreas com altitude superior a 1.800m, restingas, manguezais, entre outras. Devido à dificuldade na obtenção de dados e ao escopo de um trabalho de monografia, optou-se por trabalhar com dois tipos de feições passíveis de serem consideradas APPs. Foram elas: faixas marginais de cursos d’água e áreas no entorno de nascentes e olhos d’água perenes.

O local escolhido para realização deste trabalho foi o Vale do Cuiabá, situado no município de Petrópolis, em uma região adjacente a área de preservação ambiental (APA) de Petrópolis. A escolha deste local foi feita devido ao seu relevo acidentado, dissecado por uma significativa rede de drenagem e por ter sido um dos locais que sofreram grande impacto nas chuvas que assolaram a região serrana do Rio de Janeiro em janeiro de 2011, ocasionando uma série de movimentos de massa catastróficos (Dourado *et al*, 2012). A disponibilidade de bases cartográficas e levantamentos prévios da região também foram de grande importância.

1.1 Estrutura da Monografia

A presente monografia está estruturada em 6 capítulos que foram divididos da seguinte forma. O capítulo 1 faz uma introdução ao tema, discutindo as motivações para sua realização e os objetivos a serem alcançados. No segundo capítulo é realizado um levantamento bibliográfico e discussão a cerca dos conceitos que serão trabalhados ao longo deste estudo. No capítulo 3 é apresentada uma introdução à área de estudo apresentando uma visão geral da região com algumas de suas características mais marcantes. O capítulo 4 esclarece sobre os materiais utilizados para realização das análises, assim como, expõem e justifica a metodologia utilizada. No quinto capítulo temos a apresentação dos resultados após o processamento dos dados no programa APP 1.0 e uma discussão sobre os mesmos. E no capítulo 6 encontra-se então uma conclusão do trabalho.

2. DISCUSSÃO CONCEITUAL

2.1 Sistemas e Geosistemas

A partir dos anos 60 e com o progressivo desenvolvimento dos estudos científicos como um todo, o acúmulo de informações levou os pesquisadores a estabelecerem um profundo interesse pelas teorias sistêmicas. As investigações elaboradas a partir destas teorias levaram a descoberta de relações entre os objetos de pesquisa de diversas áreas da ciência, criando a necessidade de analisar uma grande quantidade de variáveis, de maneira tal que os métodos tradicionais não eram suficientes para compreendê-los. De acordo com Rodriguez *et al* (2007):

“(...) a concepção sistêmica consiste em uma abordagem em que qualquer diversidade da realidade estudada (objetos, propriedades, fenômenos, relações, problemas, situações, etc.) pode-se considerar como uma unidade (um sistema) regulada em um ou outro grau que se manifesta mediante algumas categorias sistêmicas, tais como: estrutura, elemento, meio, relações, intensidade, etc.”

De tal forma que, os sistemas podem ser entendidos como um conjunto de elementos encontrados em um meio, que interagem entre si de maneira organizada e subordinada, para formar uma determinada unidade e integridade. Devido a constante interação entre seus elementos, os sistemas devem ser compreendidos como um todo em constante mudança, e não como em uma natureza estática (Rodriguez *et al*, 2007).

A ciência da complexidade tem a ver com a estrutura e a ordem, procurando as regras básicas e os princípios comuns que fundamentam todos os sistemas e não apenas os detalhes de uma determinada categoria. De acordo com Christofolletti (1999), é necessário entender que a abordagem holística e a reducionista devem trabalhar em conjunto, atendendo as demandas do estudo que pretende-se realizar. Elas se complementam e se tornam necessárias aos procedimentos de análise em todas as disciplinas científicas.

É neste contexto de integração da ciência que emerge a partir do Estado soviético a contribuição de Sotchava com a formulação do conceito de Geossistemas. Ao fazer uma análise sobre a Ecologia, Sotchava constatou que esta ciência baseava-se

na explicação do sistema sempre a partir dos seres vivos, e que estes definiam seu ecossistema específico. Em sua abordagem de Geossistemas, os sistemas são considerados policêntricos, optando por não tomar um único elemento da natureza como referência para sua caracterização, mas baseando-se na totalidade dos componentes naturais do meio em análise e as conexões estabelecidas entre eles. Isto leva a uma abordagem de espectro muito mais ampla do que a adotada pela teoria dos Ecossistemas (Ross, 2009).

Para Sotchava, os geossistemas são fenômenos naturais, mas que no entanto, são afetados por todos os fatores sociais e econômicos presentes naquele meio, alterando sua estrutura e balanço de energia através de mudanças em suas conexões. Essa abordagem enfatiza a relação entre os geossistemas e uma concepção geográfica da natureza devido a sua dualidade epistemológica que busca uma integração entre os fenômenos do meio físico e social (Ross, 2009). A importância das pesquisas ambientais adotando a abordagem sistêmica pode ser encontrada também em autores como Christofletti (1999) e Camargo (2005).

Dentre as principais influências do estudo geossistêmico na prática da pesquisa geográfica na atualidade, encontramos como base para qualquer plano de análise e gestão ambiental, o estudo da influência dos fatores socioeconômicos no meio natural, a aplicação de planos de utilização e conservação do ambiente baseados na abordagem geográfica, e a seleção e sistematização de informações geográficas para realização de estudos da paisagem. Isto sendo dito, fica evidente a necessidade da aplicação de estudos geossistêmicos no planejamento, gestão, manejo e análise de áreas de proteção permanente ou de interesse ambiental.

2.2 Geoecologia

A Geoecologia é a disciplina que busca uma integração entre a Geografia e a Ecologia, por isso é conhecida também como Ecologia da Paisagem e possui como seus principais pesquisadores os geógrafos e biólogos (Coura, 2012). Os estudos de geoecologia tiveram seu início em trabalhos desenvolvidos no princípio do século XX pelo geógrafo alemão Carl Troll, que define a geoecologia como “*o relacionamento qualitativo e tanto quanto possível quantitativo entre os elementos da biosfera*”. Com

os avanços das pesquisas geocologias de Troll, e as contribuições posteriores realizadas por pesquisadores de diversas áreas, a geocologia passa a atuar como um ramo das ciências naturais utilizando-se das ideias propostas pela teoria dos geossistemas e sua integração do todo, no entanto, devido a sua complexidade, conduzindo suas investigações com abordagens específicas para com os agentes envolvidos (Fernandes, 2004). A geocologia não só forneceu uma metodologia de análise aprofundada da base natural do meio global, como também propiciou uma vasta base teórica e metodológica para o planejamento e gestão ambiental, influenciados pela ideia de sustentabilidade, buscando uma integração entre as ciências humanas e as ciências naturais (Ross, 2009).

Dentre os principais conceitos utilizados pela Geoecologia, temos como um de seus pilares fundamentais, o de Paisagem. Por se tratar de uma área de estudos integradora, que visa um entendimento do todo através da interação dos diversos elementos da natureza, o conceito de Paisagem que será adotado no presente trabalho é o de *Rodriguez et al* (2007), que o define como:

“A paisagem natural se concebe como um geossistema, o qual define-se como o espaço terrestre de todas as dimensões, onde os componentes da natureza encontram-se em relação sistêmica uns com os outros (...). Conceber a paisagem como um sistema significa ter uma percepção do todo, compreendendo as inter-relações entre as partes do sistema.”

Baseando-se no trabalho realizado por Coura (2012), consideraremos a Geoecologia como uma ciência capaz de fornecer métodos, procedimentos e técnicas de investigação para uma ampliação do conhecimento do meio natural em relação a sua estrutura e dinâmica através dos sistemas que a compõem.

Devido a esta visão integradora adotada pela geocologia e tendo a abordagem sistêmica como sua base científica para análise da paisagem, esta área torna-se de fundamental importância para a elaboração de estudos relacionados a áreas de proteção permanente (APP). É a sua concepção dialética de interação entre o meio natural e a produção social que irá auxiliar tomada de decisões para um melhor planejamento, gestão e manejo ambiental face ao desenvolvimento humano.

2.3 Geoprocessamento

Ao trabalharmos a questão ambiental dentro do enfoque geográfico e utilizando uma abordagem geoecológica, inúmeras variáveis com uma localização no espaço são incluídas na análise. No caso do presente trabalho não é diferente, para estabelecermos uma diferença entre as áreas ao realizarmos uma delimitação das APPs em superfície planimétrica e em superfície modelada, fatores como geomorfologia, declividade, hidrografia, imagens de satélites, entre outras, são utilizadas para possibilitar uma avaliação que busque integrar da melhor maneira possível todas as variáveis deste geossistema. O geoprocessamento tem se mostrado uma excelente ferramenta para realização de tais análises de entidades geográficas de uma maneira rápida e precisa.

Para Xavier da Silva (2000), o Geoprocessamento é um conjunto de técnicas computacionais que opera sobre bases de dados georreferenciados com o intuito de transforma-los em informação geográfica. Através dele, é possível interpretar a realidade ambiental como um agregado de sistemas relacionados entre si. Em Longley *et al* (2009), geoprocessamento é abordado como um sistema baseado em computadores para o armazenamento e processamento de informações geográficas.

Independente da definição adotada para o geoprocessamento é necessário termos em mente que ao coletarmos dados em um espaço geográfico e armazena-los em um ambiente digital para visualização ou manipulação, estaremos trabalhando com modelos digitais. Toda espécie de modelo é uma simplificação da realidade presente no mundo físico real, e isto acarreta a perda de informações, que podem ser insignificantes em determinadas escalas ou representar grandes distorções da realidade (Christofolletti, 1999).

Para que todas as funções destacadas do Geoprocessamento sejam possíveis, a ferramenta utilizada para tal são os Sistemas de Informação Geográfica, ou SIG (Câmara & Davis, 2001). Os SIGs são softwares, que integrados a banco de dados geográficos (BDG), permitem o armazenamento, visualização, manipulação e processamento de dados de uma forma dinâmica e automatizada. Sua estrutura geral pode ser observada na figura 1. Como é notado em Coura (2012), os sistemas de informação geográfica possuem um grande potencial para as geotecnologias como os

Modelos Digitais de Elevação (MDE) ou Modelagem Numérica de Terreno (MNT) e o Sensoriamento Remoto, que serão amplamente utilizados neste trabalho.

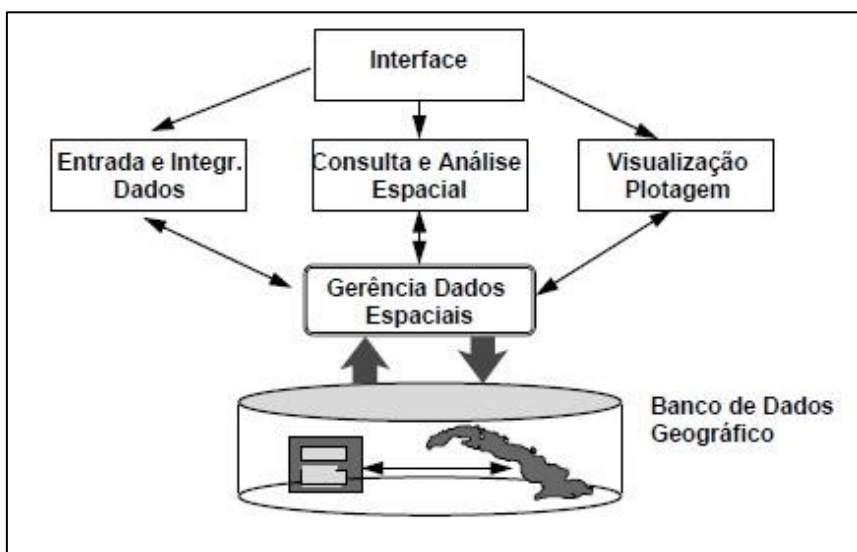


Figura 1 - Estrutura básica de um Sistema de Informações Geográficas. Fonte: INPE (2001)

2.4 Modelos Digitais de Elevação

Dentre as diversas aplicações do geoprocessamento, uma atividade que se destaca com grande importância é a geração de Modelos Digitais de Elevação (MDE), que foram fundamentais durante a elaboração do presente trabalho, pois a partir destes foi possível realizar uma análise de áreas acidentadas dentro da região do vale do rio Cuiabá e compararmos os resultados de delimitações de área em superfície planimétrica e superfície modelada, levando em consideração a rugosidade do terreno. Para a geração de tais modelos, diversas metodologias já foram desenvolvidas, no entanto não existe um consenso sobre qual é melhor e mais precisa. Sendo assim, seu uso é relativizado de acordo com a situação do estudo a ser realizado (Souza *et al*, 2009).

Em Souza *et al* (2009), são destacados 3 vertentes para trabalhar com modelos tridimensionais: o Modelo Digital de Terreno, utilizado para modelagem de relevo e outros tipos de variações associadas a ele; o Modelo Numérico de Terreno, que se utiliza de uma variável Z que pode ser qualquer tipo de dado referente ao estudo; e o Modelo Digital de Elevação, que é utilizado exclusivamente para modelagem de relevo (Figura 2). Devido à necessidade do presente estudo, no qual iremos trabalhar com

modelagem de relevo, a abordagem utilizada será a do Modelo Digital de Elevação (MDE).

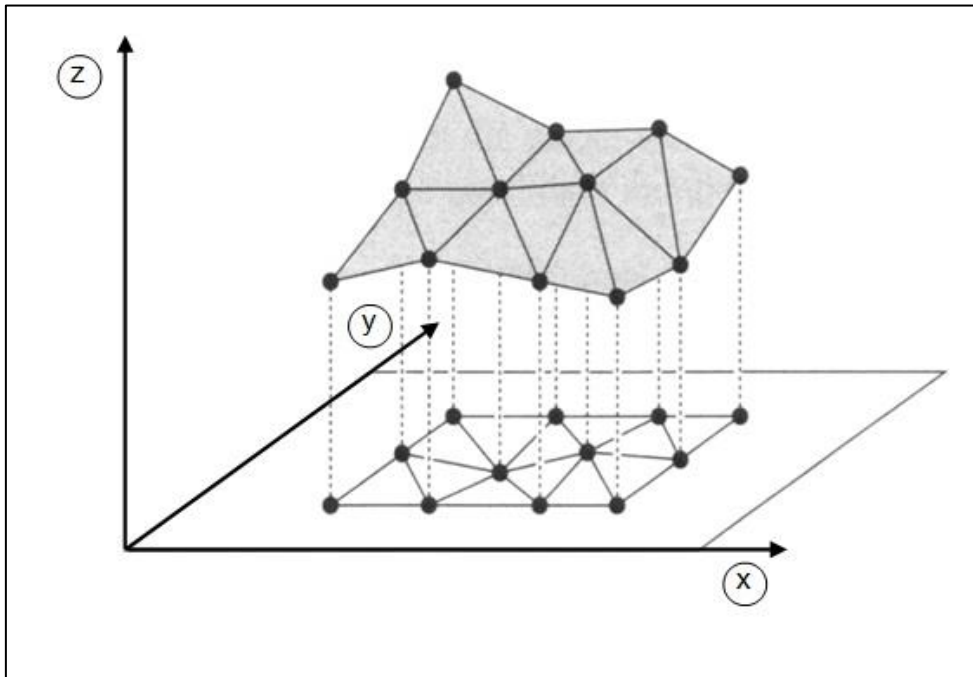


Figura 2 - Representação de um MDE utilizando coordenadas X, Y e Z. Fonte: Fernandes (2004)

De acordo com Felgueiras (1999), um MDE pode ser considerado como a representação matemática computacional da distribuição tridimensional de um fenômeno através da superfície terrestre. A utilização dos MDEs nos fornece uma ferramenta para construir perfis, modelos de declividade, gerar perspectivas tridimensionais, e entre muitas outras possibilidades, calcular áreas e distâncias em superfície modelada.

Segundo Fernandes (2004), existem cinco formas de representação para um MDE em um ambiente computacional: Pontos 3D, Isolinhas, Grades Irregulares Triangulares, Grades Regulares Retangulares, e Imagens. No presente trabalho optamos por utilizar a representação por Grades Regulares Retangulares. Dentre os motivos para tal escolha, os mais importantes foram por se tratar de um MDE no formato matricial e que estaria de acordo com o formato utilizado pelo software APP 1.0 devido a sua lógica de programação; e também pela existência de tal modelo no banco de dados do

Laboratório de Cartografia da UFRJ (Geocart), que por já ter sido utilizado em outros projetos do laboratório e passado por diversas etapas de refinamento dos dados e ajuste de precisão, possibilitou uma análise mais confiável e de maior aproximação com a realidade.

Um MDE pode ser construindo através do uso de diversas fontes de dados, como por exemplo, ortofotos, imagens de satélites, imagens de radar, processamento de fotografias aéreas ou vetorização e digitalização de curvas de nível e pontos cotados.

2.5 Áreas de Preservação Permanente

As Áreas de Preservação Permanente (APP) são as principais áreas protegidas por lei visando uma manutenção da integridade natural devido a sua grande importância ecológica e fornecimentos de bens e serviços ambientais ao homem (Borges, 2008). Inicialmente, as APPs foram regulamentadas pelo Código Florestal de 1965 e tiveram suas disposições alteradas com o passar dos anos, este subcapítulo visa realizar um breve levantamento das leis que regem a preservação dessas áreas de grande interesse ambiental.

Segundo Borges (2008), as primeiras referências do que viriam a ser as APPs apareceram no primeiro Código Florestal Brasileiro de 1934 (Decreto 23.793/34), que possuía características preservacionistas, regulamentando o uso da propriedade de acordo com a vegetação ali existente, e criando a categoria de florestas protetoras, sobre a qual:

*“Art. 4º Serão consideradas florestas protetoras as que,
por sua localização, servirem conjunta ou separadamente para*

qualquer dos fins seguintes:

- a) Conservar o regime das águas;*
- b) Evitar a erosão das terras pela ação dos agentes naturais;*
- c) Fixar dunas;*
- d) Auxiliar a defesa das fronteiras, de modo julgado necessário pelas autoridades militares;*

- e) *Assegurar condições de salubridade pública;*
- f) *Proteger sítios que por sua beleza mereçam ser conservados;*
- g) *Asilar espécimes raros de fauna indígena.”*

(Brasil, 1934)

Devido a diversos entraves jurídicos para se executar o Código Florestal de 1934, foi proposta uma nova versão para o mesmo no ano de 1965 visando normatizar de maneira hábil a proteção do patrimônio florestal brasileiro implementado pela Lei nº 4.771 (Ahrens, 2003). O código implementado em 1965 superava a percepção utilitarista dos bens florestais e começava a direcionar seus esforços na preservação do meio natural em favor da sociedade brasileira, como pode ser percebido no Art. 1º da Lei nº 4.771:

“Art. 1º - As florestas existentes no território nacional e as demais formas de vegetação, reconhecidas de utilidade às terras que revestem, são bens de interesse comum a todos os habitantes do País, exercendo-se os direitos de propriedade com as limitações que a legislação em geral e especialmente esta Lei estabelecem”. (Brasil, 1965)

Ao tratar as áreas de proteção como “bens de interesse comum a todos os habitantes do País” começa-se a estabelecer uma ideia que as florestas possuem não só em um valor de uso diretamente ligado a seus recursos naturais, mas também, considera que cada aspecto da região florestada possui um valor de existência, constituindo-se como um bem jurídico ambiental com uma função social e deve ser subordinada ao uso racional para sua preservação. Característica essa que foi reafirmada através da Lei 6.938 (de 31/08/1981), que instituiu a Política Nacional de Meio Ambiente e o Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), que tinha como função dispor as diretrizes, parâmetros e padrões ambientais que tornassem possíveis e lógicas as medidas regulamentadas pelo Código Florestal Brasileiro (Borges, 2008).

Segundo Borges (2008), uma série de Medidas Provisórias também foram aprovadas para tornar mais claro e evidente as definições das áreas de proteção

estabelecidas pelo Código Florestal, uma delas foi a MP 2.166-67 de 2001, que oficializou a terminologia APP da seguinte forma:

Art. 1º (...) área protegida nos termos do arts. 2º e 3º do Código Florestal, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas. (Brasil, 2001)

Em 25 de maio de 2012 foi sancionada a Lei nº 12.651 que cria o Novo Código Florestal Brasileiro, que de acordo com o Art. 1º “(...) estabelece normas gerais sobre a proteção da vegetação, áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal (...)” (Brasil, 2012). O Novo Código Florestal reitera sua função de preservação de florestas, biodiversidade, solo, recursos hídricos e a integridade do sistema climático, para o bem estar das gerações presentes e futuras. Na nova lei, a definição de APPs permaneceu inalterada, no entanto as suas formas de delimitação sofreram uma série de alterações que foram alvo de grande polêmica durante sua criação.

2.6 Superfície planimétrica, superfície modelada e o APP 1.0

Ao discutirmos técnicas de mapeamento nos deparamos com diversas maneiras para a sua realização, cada qual com suas características específicas, vantagens e limitações. O presente trabalho visou estabelecer uma avaliação entre as delimitações de área realizadas em dois tipos de superfícies mapeáveis; uma sendo a superfície planimétrica, comum aos mapas cartográficos impressos ou digitais, e a outra considerando a superfície real da área, que leva em conta o relevo, suas rugosidades e o impacto na extensão de área. A superfície real será tratada como superfície modelada ao longo deste trabalho devido à metodologia utilizada para trabalhar com a mesma.

Quando utilizamos a superfície planimétrica para um mapeamento, aspectos de elevação e declividade são ignorados para a realização de cálculos de área e medições, sendo a área delimitada através de projeções dos pontos cotados em campo para uma

superfície bidimensional. Essa característica particular de mapeamentos em superfície planimétrica é responsável por mascarar os resultados obtidos, principalmente quando realizado em áreas com relevo acidentado, e se apresenta como um importante problema na delimitação de Áreas de Proteção Permanente, por exemplo. Mesmo quando trabalhamos com dados tridimensionais em um Sistema de Informação Geográfica, ao realizar uma análise de área, os cálculos e avaliações não consideram o terreno como um meio dotado de irregularidades (Fernandes & Menezes, 2005).

Tendo em vista estas barreiras encontradas ao realizarmos o mapeamento em superfície planimétrica, é necessário buscar maneiras de trabalharmos no mapeamento de áreas utilizando sua superfície modelada, ou seja, considerando o relevo local e toda sua rugosidade representada através de variações de altitude. Essa abordagem tornaria a análise mais precisa e auxiliaria na delimitação de APPs que se localizassem em terrenos acidentados (Figura 3).

Coura (2012) desenvolveu um programa chamado APP 1.0, gratuito e aberto, para delimitação de áreas em superfície planimétrica e superfície modelada visando atender as proposições do Código Florestal Brasileiro a cerca das Áreas de Preservação Permanente. O programa foi elaborado em Delphi e se utiliza da mesma lógica matemática para realizar os mapeamentos em superfície modelada e superfície planimétrica, necessitando para tal, apenas um Modelo Digital de Elevação da área em formato ASCII, e uma imagem em formato Bitmap (com arquivo de georreferência tbw) ou TIFF (Geotiff, ou seja, com arquivo tfw) das APPs que se queira mapear.

Devido as suas características de desenvolvimento, o programa APP 1.0 só trabalha com arquivos matriciais. Para início do processamento das APPs no programa, o MDE e a imagem devem ser inseridas para a delimitação da área de estudo. Após isso ser feito, o software irá realizar uma varredura célula-a-célula buscando os pixels que possuem informação e os pixels que não possuem informação (no data).

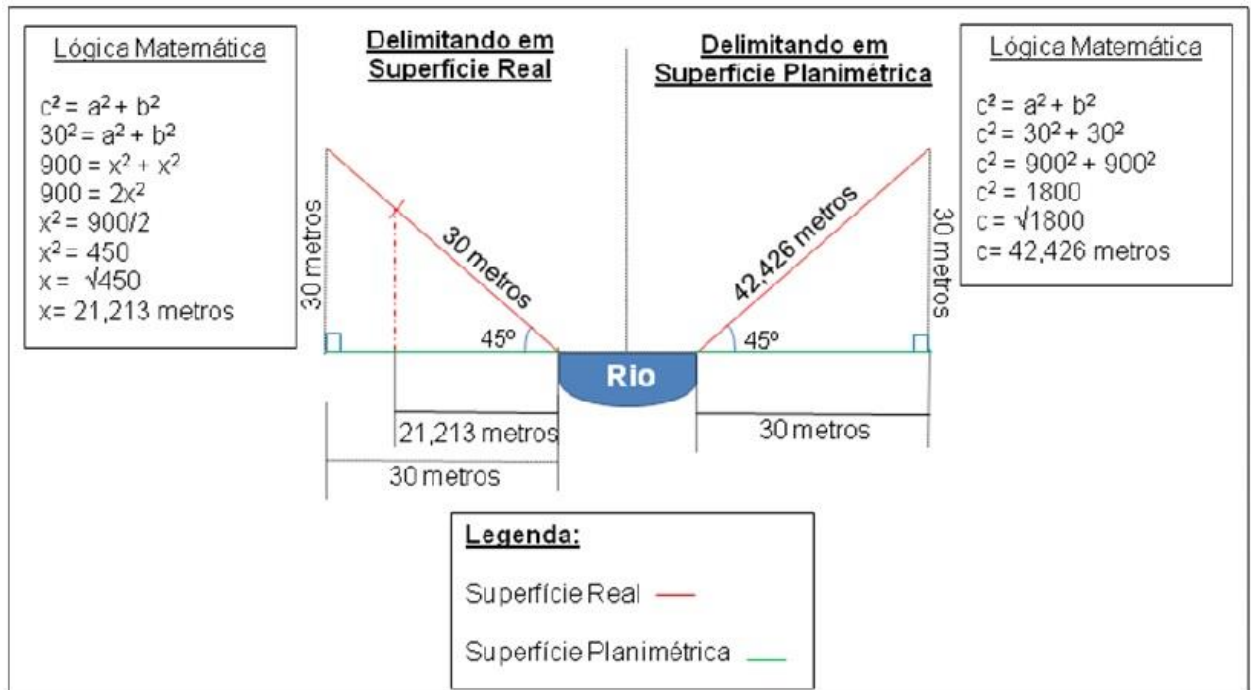


Figura 3 - Diferença ao delimitarmos uma região utilizando a superfície modelada e a superfície planimétrica. Fonte: Coura (2012)

Após essa varredura inicial, o próximo passo é a identificação dos pixels de borda que marcam os limites da feição a ser delimitada como área de APP. Isto ocorre porque para a delimitação das áreas de APP apenas os pixels de borda da feição interessam, já que a área será delimitada a partir de suas margens. Este procedimento tem como objetivo reduzir o tempo de processamento das delimitações. Para um pixel ser considerado de borda, ao menos um de seus oito pixels vizinhos devem ser considerados como no data. Após determinados os pixels de borda, uma análise radial é realizada em cada um deles para a delimitação da área a ser preservada de acordo com a feição a ser mapeada e sua disposição no Código Florestal (Coura, 2012).

A metodologia descrita é utilizada para realizar a delimitação em superfícies planimétricas. Como foi dito anteriormente, o software também é capaz de realizar esta análise para superfícies modeladas, e para tal, são utilizados a diferença dos valores de elevação para cada pixel de borda. Quando a delimitação em superfície planimétrica é realizada, os valores de elevação presentes no MDE não são utilizados, sendo todos os pixels considerados com uma elevação de um metro. Para o cálculo em superfície modelada, os valores da diferença de elevação entre os pixels de borda e seus vizinhos

são considerados, e a partir de um cálculo geométrico (Teorema de Pitágoras), é estabelecida a distância entre esses pixels. As distâncias calculadas a partir das informações de elevação serão utilizadas para compor um índice de distância acumulada que irá ser somado até que se atinja a distância escolhida para a área de APP em questão.

3. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo escolhida para a realização do presente trabalho, a bacia hidrográfica do Vale do Cuiabá, está inserida no município de Petrópolis, localizado na região serrana do estado do Rio de Janeiro (Figura 4). Esta região faz parte de uma importante característica fisiográfica do Sudeste brasileiro, o domínio serrano da Serra do Mar. Formada por paredões escarpados, expostos e em sua maior parte arredondados. Estas feições fisiográficas são importantes divisores de águas das bacias e sub-bacias da região (Graeff *et al*, 2011).

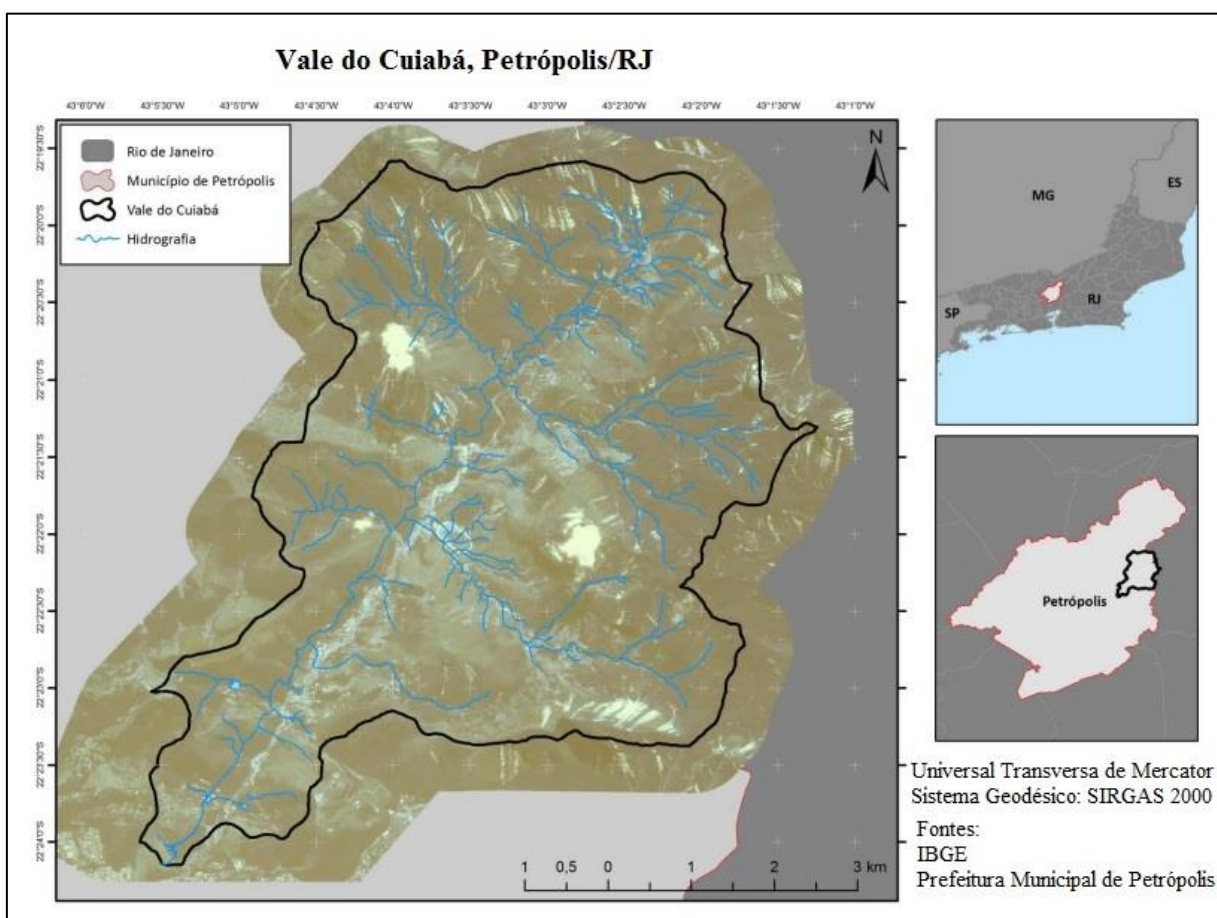


Figura 4 - Vale do Cuiabá, Petrópolis/RJ. Fonte: Adaptado de Araújo (2014)

Devido a sua grande extensão territorial, o sistema da Serra do Mar divide-se em diversas porções regionais de acordo com seus aspectos geomorfológicos. Dentre eles, podemos destacar a porção da Serra do Cantagalo, inserido na região do Vale do Cuiabá, representando uma das maiores elevações locais e chegando a atingir cerca de

1770 metros. Dentro do município de Petrópolis encontramos também outras serras de grande expressão, como por exemplo, a Serra das Araras e a Serra das Estrelas. Todas as subdivisões serranas acima citadas, assim como o município de Petrópolis em sua grande parte, são formadas pelos complexos escarpados de granito com elevações superiores aos 1000 metros. Pode-se destacar também alguns picos da região que apresentam altitudes superiores a 1500 metros, como é o caso da Pedra do Açú com 1933 metros e da Pedra do Sino com 2218 metros (Araújo, 2014).

O rio Cuiabá, que será o objeto das análises para delimitação das áreas de APP do presente trabalho, possui um comportamento alinhado com os demais rios da região e suas respectivas serras. Fluindo na orientação NE-SO, sua nascente encontra-se em um dos segmentos da Serra das Araras, chamado de Serra do Taquaril, em altitude de aproximadamente 1080 metros. Durante um percurso de mais de 12 quilômetros e um desnível de aproximadamente 350 metros, o rio Cuiabá deságua no rio Santo Antonio, um dos afluentes do rio Piabanha, que é o principal rio do município de Petrópolis. O desnível entre sua nascente e seu deságue no rio Santo Antonio pode ser observado abaixo (Figura 5) no perfil longitudinal do rio Cuiabá (Araújo, 2014).

Estando inserida no bioma de Mata Atlântica, na ecoregião da Serra do Mar, esta região é formada por uma floresta de ombrófilas densa e apresenta um elevado nível de biodiversidade. Sua preservação se torna de grande importância quando observamos que apenas 20% da cobertura original de Mata Atlântica ainda é preservada e esta região é considerada como um dos 25 hotspots de biodiversidade mundial¹. Seu equilíbrio vem sendo fortemente ameaçado pela ocupação humana, dentre as principais atividades degradantes dentro do município, destacam-se a expansão urbana, o desmatamento descontrolado e as atividades agrícolas que contribuem para a degradação do solo (MMA/IBAMA, 2007).

¹ O conceito de Hotspot foi criado pelo ecólogo inglês Norman Myers em 1988 com o objetivo de definir as áreas de maior interesse de preservação de biodiversidade na Terra. Para definir tais áreas, Myers procurou reunir as regiões que apresentassem maiores níveis de biodiversidade no mundo, aliadas a uma grande pressão antrópica que ameaçasse sua continuidade.

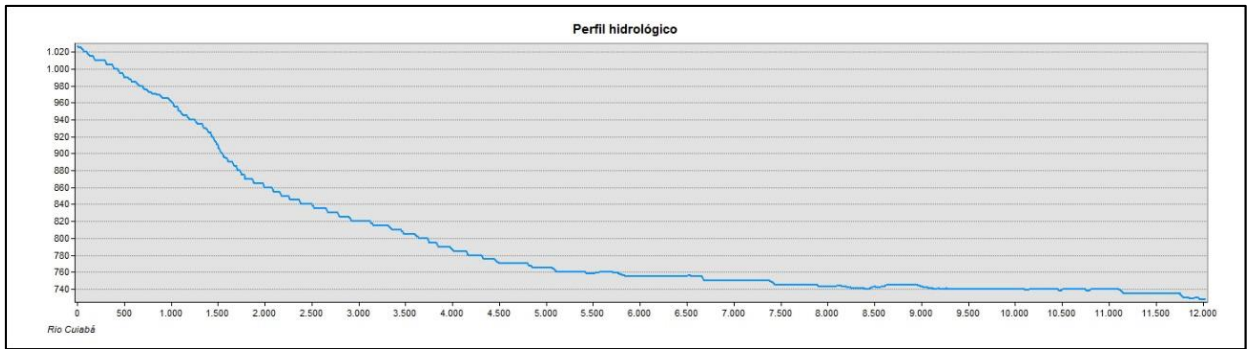


Figura 5 - Perfil longitudinal do rio Cuiabá. Fonte: Araújo (2014)

Devido aos grandes desníveis altimétricos presentes em uma região de extensão relativamente pequena, a formação geomorfológica presente é de um relevo extremamente ondulado e montanhoso, o que torna esta região ideal para o desenvolvimento de trabalhos comparativos entre metodologias de mapeamento para superfície modelada e superfícies planimétricas; assim como, destaca a importância de uma delimitação precisa ao estabelecer os limites de conservação em uma área de grande interesse natural e que se mostra pressionada por atividades antrópicas.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

Pode-se dividir a elaboração deste trabalho em quatro grandes etapas: aquisição das bases cartográficas, edição das bases para serem carregadas no software APP 1.0, processamento dos dados editados no software APP 1.0, análise dos resultados e comparação das áreas delimitadas utilizando o software ArcGIS 10.1.

Os procedimentos acima citados podem ser encontrados no fluxograma metodológico da figura 6.

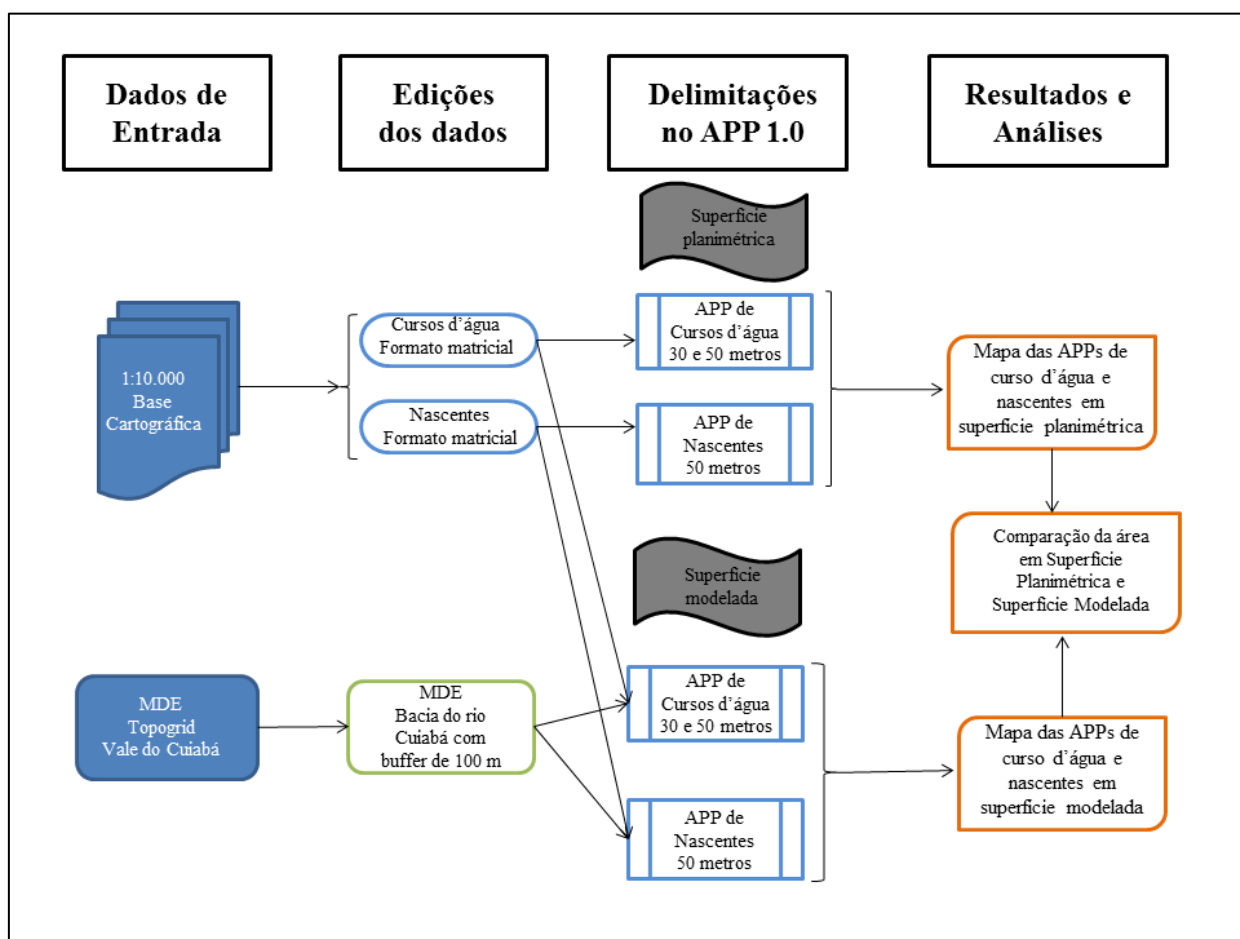


Figura 6 - Fluxograma do trabalho

4.1 Dados de entrada

Para a realização deste estudo foi utilizada uma base cartográfica na escala 1:10.000 contendo curvas de nível, pontos cotados, hidrografia e a área da bacia do rio Cuiabá; também foi utilizado um MDE de toda a área do Vale do Cuiabá no formato

TOPOGRID pixel de 5 metros de resolução. Estes dados foram adquiridos junto ao Laboratório de Cartografia da UFRJ (Geocart).

4.2 Edição das bases cartográficas

Para preparação dos dados a serem carregados no programa APP 1.0 uma série de edições da base cartográfica foram realizadas no software ArcGIS 10.1 com a intenção de otimizar os resultados. Inicialmente foi realizado um buffer de 100 metros na área da bacia do rio Cuiabá, isto porque, a bacia encontrava-se delimitada com base no seu divisor de águas, o que poderia gerar resultados imprecisos na delimitação das áreas de APP de nascentes que se situassem nos divisores de água e também, ocasionar erros no processamento do MDE devido ao efeito de borda.

A partir deste buffer de 100 metros que iremos considerar como a área da bacia do rio Cuiabá, foi realizado um clip no shapefile da drenagem e também no modelo topogrid, pois ambos englobam uma região maior do que a área escolhida para o estudo. A partir do arquivo de drenagem gerado no clip da região do rio Cuiabá foram criados os pontos de nascentes que foram utilizados no processamento destas APPs.

Por último, devido ao programa APP 1.0 ter sido programado para funcionar com arquivos matriciais, foi realizado um processo de conversão dos dados a serem processados. Os arquivos de drenagem e das nascentes, que se encontravam no formato shapefile, foram convertidos para o formato matricial utilizando as ferramentas polyline to raster e points to raster, respectivamente, e utilizando a extensão TIFF. O MDE topogrid, apesar de já se encontrar em um formato matricial, precisou ser convertido para o formato ASCII que é utilizado pelo APP 1.0. Para tal, foi utilizada a ferramenta Raster to ASCII.

É importante destacar que a resolução do MDE, hidrografia e ponto das nascentes necessitam estar na mesma resolução espacial. Devido ao modelo topogrid ter sido gerado com uma resolução de pixel de 5 metros, os arquivos de drenagem e nascentes foram criados seguindo esta mesma resolução espacial. Um manual com alguns detalhes necessários durante a conversão dos arquivos a serem carregados para o APP 1.0 foi incluído no anexo.

4.3 Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente

As áreas de APP que serão delimitadas neste trabalho podem ser observadas na figura 7. Nela estão presentes os cursos d'água do Rio Cuiabá, assim como suas nascentes. Foi utilizado um MDE no formato TIN para elaboração do mapa para melhor interpretação das elevações locais. Isto porque, tal fato será preponderante nos resultados da delimitação de áreas em Superfície Modelada.

4.3.1 APP de nascentes

De acordo com o inciso IV da lei nº 12.651 de maio de 2012 que cria o Novo Código Florestal Brasileiro, a proteção das áreas de nascentes se estabelece da seguinte forma:

“As áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes,

qualquer que seja sua situação topográfica,

no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros;”

(Brasil, 2012)

Esta resolução permaneceu inalterada no Novo Código Florestal Brasileiro, com isso, os valores definidos pelo programa APP 1.0, que foi criado na vigência do Código Florestal de 2002, não precisaram ser alteradas. Apesar de não ser especificado no Novo Código Florestal, o artigo 3º, inciso II da Resolução CONAMA nº 303/2002 estabelece que devem ser consideradas aptas ao enquadramento de APP toda nascentes independente de possuir caráter perene ou intermitente. Devido à inexistência de levantamentos na base cartográfica com relação às áreas das nascentes e a dificuldade do mapeamento de tais feições, tanto pelo acesso quanto pelo seu caráter intermitente, foi seguida a metodologia adotada por Coura (2012) que considerou como nascente todo início de hidrografia, ou seja, pontos iniciais dos canais de primeira ordem.

Para obtenção dos pontos referentes às nascentes foi utilizada a ferramenta “Features Vertice to Points” no software ArcGIS 10.1 responsável por gerar um ponto localizado em cada vértice inicial do arquivo de drenagem utilizado. Este procedimento

demandou um refinamento do resultado gerado devido ao fato de alguns pontos terem sido criados no meio das linhas de drenagem, isto ocorre por causa do processo de confecção do arquivo inicial de drenagem. Após as modificações necessárias, um número total de 146 nascentes foi obtido para delimitação no APP 1.0.

4.3.2 APP de cursos d'água

Com relação aos cursos d'água, segundo o Novo Código Florestal Brasileiro, de acordo com o artigo 4º inciso I, fica definido como área de APP as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene ou intermitente, desde a borda do leito regular, em largura mínima de:

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros.

Deve-se observar que de acordo com o Manual Técnico de Convenções Cartográficas, do Ministério da Defesa (1998), e a base cartográfica escolhida para se trabalhar na escala 1:10.000, os rios com largura inferior a 8 metros de largura são representados por linhas simples. Já os rios com largura superior a 8 metros são representados por duas linhas espaçadas de acordo com sua largura. Com isso foi possível observar que a maior parte dos cursos d'água presentes na área de estudo possuem uma largura inferior a 8 metros e por isso, as APPs de suas faixas marginais devem ser de 30 metros. Excetua-se uma pequena região no baixo curso do Rio Cuiabá onde o mesmo perde seu potencial energético devido a menor declividade. Utilizando a ferramenta Point Distance do software ArcGIS 10.1 foi possível constatar que este segmento do rio possui margens com largura superior a 10 metros, tendo sua Área de Preservação Permanente das faixas marginais no valor de 50 metros.

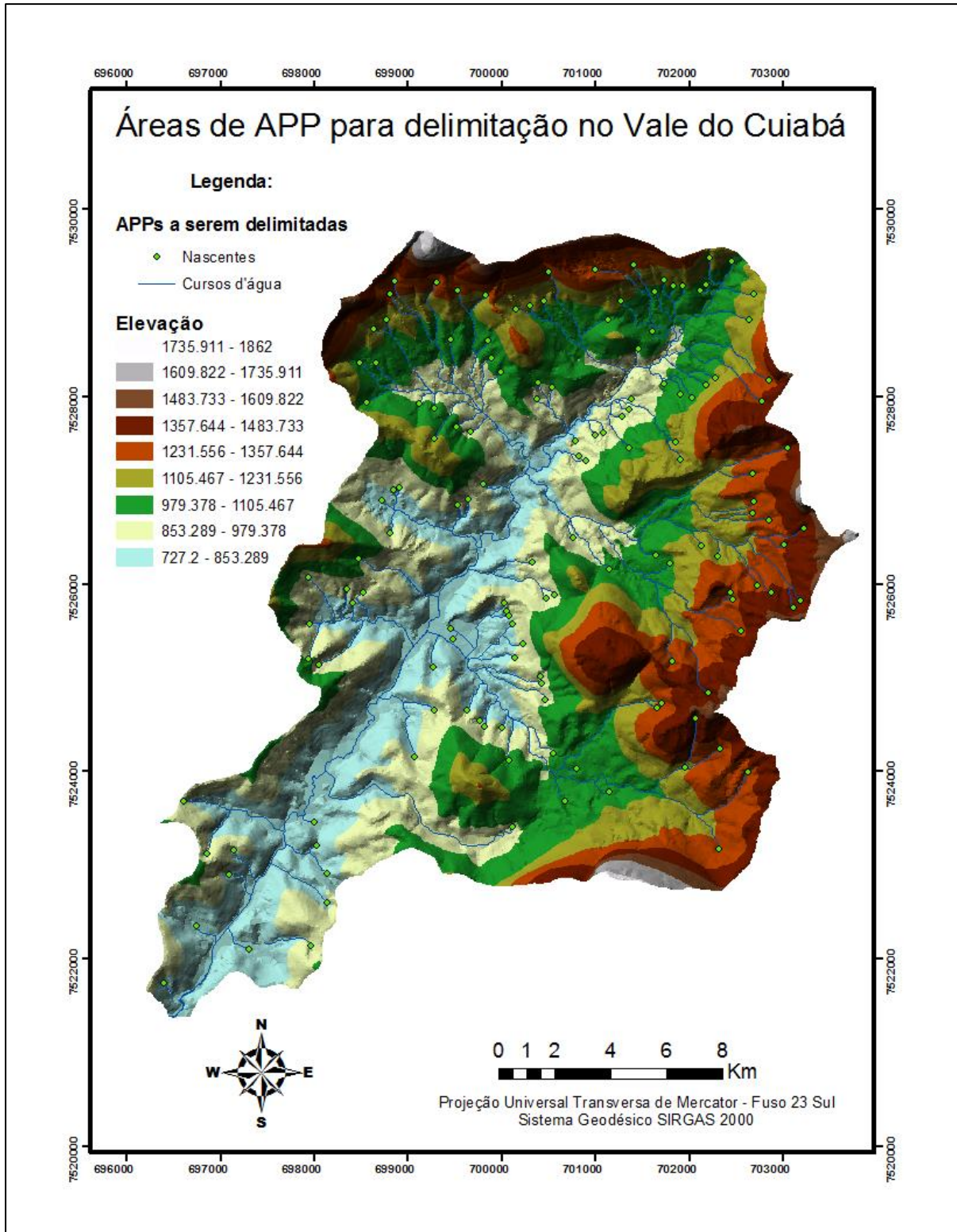


Figura 7 - Mapa das APPs que serão delimitadas

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo irá apresentar os resultados das delimitações de Áreas de Preservação Permanente no Vale do Cuiabá referente às nascentes, cursos d'água com largura inferior a 10 metros e cursos d'água com largura entre 10 e 50 metros. É importante destacar que apesar de as delimitações terem sido realizadas em superfície modelada, os cálculos de área foram feitos em superfície planimétrica para fins comparativos. Outro aspecto importante é que os resultados comparativos apresentados a seguir tem como referência a superfície planimétrica, por isso, quando os valores da diferença de área entre a superfície planimétrica e a superfície modelada se apresentam positivos, significa que houve um incremento de área na análise em superfície modelada, e quando negativo houve um decréscimo de área. Uma outra forma escolhida para realizar a comparação entre as delimitações feitas foi a utilização do número de pixels gerados para cada área. E por último, utilizaremos a área total da Bacia do Rio Cuiabá, calculada em 36.190.000 m² para um cálculo percentual da área ocupada pelas APPs em relação ao total da bacia.

5.1 APP de nascentes

Foram utilizados 146 pontos de nascentes localizados no início de canais de primeira ordem nas drenagens do Vale do Cuiabá. A soma das áreas de APP delimitadas em superfície modelada resultou em um total de 1.100.700 m². Quando utilizamos a superfície planimétrica para realizar a delimitação os resultados somados foram de 1.259.400 m². Isto representou uma redução de 12,61% na área delimitada de APP, com uma perda total de 158.700 m². Com relação ao número de pixels, na delimitação gerada em superfície modelada, foram contabilizados 44.028 pixels. Já no arquivo gerado pela delimitação em superfície planimétrica, este número corresponde a 50.376 pixels. Estes resultados estão expressos na tabela 1 onde também está representado o percentual destas áreas de APP quando comparados à área total da bacia do Rio Cuiabá e na figura 8 onde pode ser observada a sobreposição das áreas delimitadas em uma das regiões da bacia.

Tabela 1 - Delimitação de nascentes em SP e SM

Superfície	Área (m ²)	Nº de pixels	Percentual – Bacia do Cuiabá
SP	1.259.400	50.376	3,47%
SM	1.100.700	44.028	3,04%

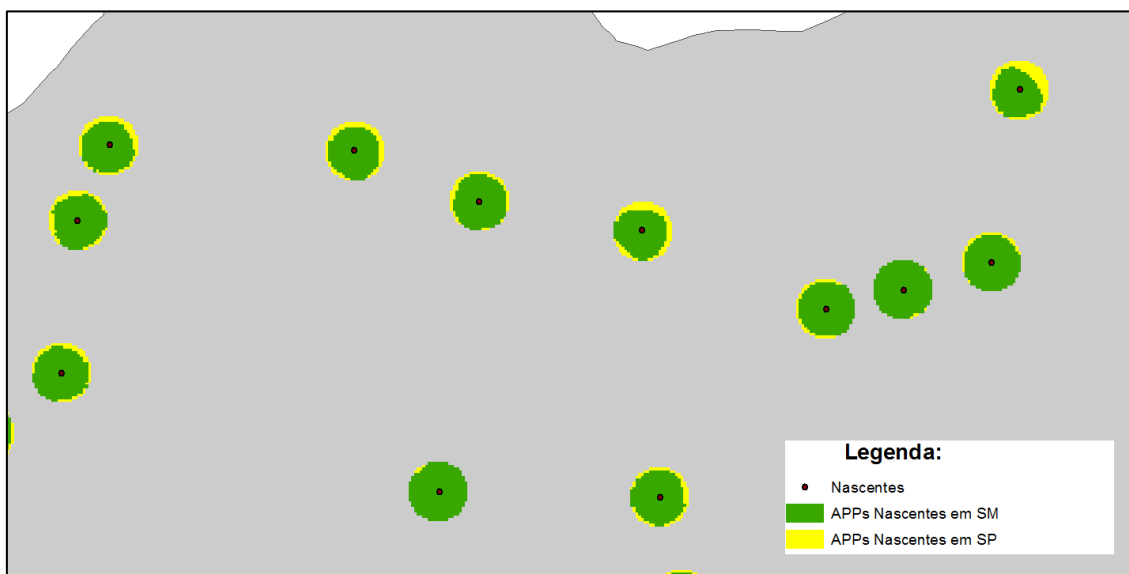


Figura 8 - Sobreposição da delimitação das APPs de nascentes em SP e SM

5.2 APP de cursos d'água com largura inferior a 10 metros

Para a delimitação das áreas de APP referentes a cursos d'água com largura inferior a 10 metros obtivemos uma área total de 6.009.525 m² em superfície modelada, e 6.269.575 m² em superfície planimétrica. Isto representou uma redução de área de 4,15% e uma perda total de 260.050 m². Com relação ao número de pixels presentes no arquivo gerado pelo APP 1.0, na delimitação em superfície modelada foram contabilizados 240.381 pixels, enquanto em superfície planimétrica foram encontrados 250.783 pixels. Estes valores, assim como sua comparação em relação à área total da Bacia do Cuiabá podem ser encontrados na tabela 2 a seguir e a sobreposição desta delimitação em uma das regiões da bacia pode ser encontrada na figura 9.

Tabela 2 - Delimitação das APPs de cursos d'água com largura inferior a 10 metros

Superfície	Área (m ²)	Nº de pixels	Percentual – Bacia do Cuiabá
SP	6.269.575	250.783	17,32%
SM	6.009.525	240.381	16,60%



Figura 9 - Sobreposição das APPs de cursos d'água com largura inferior a 10 metros em SP e SM

5.3 APP de cursos d'água com largura superior a 10 metros

Os resultados da delimitação das áreas de APP para cursos d'água com largura superior a 10 metros retornaram em uma área de 71.950 m² para a superfície modelada e 77.740 m² em superfície planimétrica. Isto corresponde a uma redução de 7,45%, o que impacta na perda de 5.790 m² de área para preservação. O número de pixels gerados para esta APP em superfície modelada foi de 2.879, enquanto para superfície planimétrica foram gerados 3.447 pixels. Estes resultados e a comparação com a área total da bacia do Cuiabá encontram-se na tabela 3, assim como sua sobreposição entre as áreas delimitadas podem ser observadas na figura 10.

Tabela 3 - Delimitação das APPs de cursos d'água com largura superior a 10 metros

Superfície	Área (m ²)	Nº de pixels	Percentual – Bacia do Cuiabá
SP	77.740	3.447	0,21%
SM	71.950	2.879	0,19%

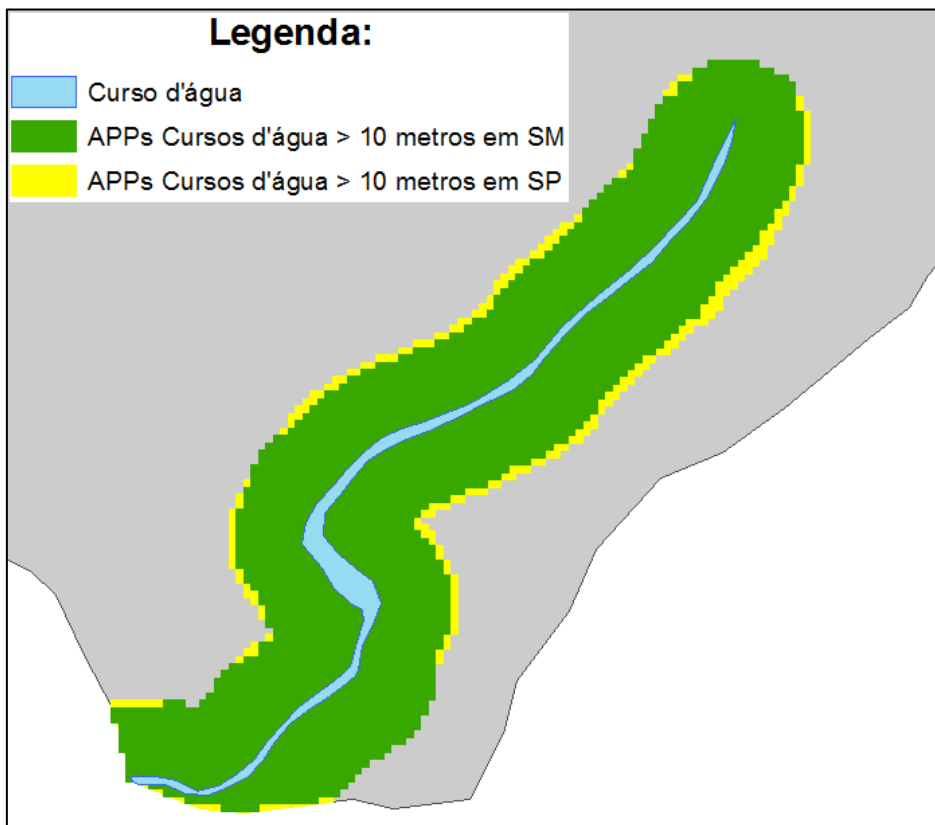


Figura 10 - Sobreposição da APP de curso d'água com largura superior a 10 metros em SM e SP

5.4 Discussão

Baseado nos dados acima expostos pode-se fazer algumas proposições relacionando os resultados e as áreas delimitadas. Proporcionalmente, a maior redução de área para preservação foi encontrada nas APPs de nascentes com uma perda total de 12,61%, seguida das APPs de cursos d'água de largura superior a 10 metros com uma redução de 7,45% e das APPs de curso d'água com largura inferior a 10 metros que apresentaram uma redução de 4,15%. Um motivo que pode ser atribuído a esta redução de área tão elevada nas áreas de APP de nascentes é a sua localização em terrenos mais acidentados e de maior rugosidade. Por estarem localizadas no início de canais de

primeira ordem, as APPs de nascentes ficam sujeitas a maior interferência do relevo durante a sua delimitação em superfície modelada. Apesar de parte dos cursos d'água estarem localizados em áreas acidentadas, assim como as nascentes, seu maior volume encontra-se nas regiões de fundo de vale, o que pode justificar uma redução percentual de área tão inferior se comparado as APPs de nascentes.

Mesmo tendo sido a APP com menor redução percentual de área, quando comparamos as delimitações em superfície modelada e superfície planimétrica com a área total da Bacia do Rio Cuiabá, a perda de área de preservação das margens dos rios com largura inferior a 10 metros se mostra a mais expressiva, saindo de 17,32% da área total da bacia para 16,60%. Por ser a APP de maior extensão na região da bacia, tal resultado se torna de grande expressão.

Sabe-se também que muitas das áreas de APP se sobrepõem, isto porque, quando delimitamos uma APP de nascente, ela automaticamente irá se sobrepor a APP dos cursos d'água no início de suas drenagens. Para evitar resultados mascarados por tal característica, todas as áreas delimitadas como APP foram somadas em um arquivo único para se obter a área total de forma contínua das APPs do Vale do Cuiabá, sem sobreposições. Os resultados demonstraram uma área total de APPs em superfície modelada de 6.497.300 m², e 6.841.915 m² em superfície planimétrica. Tais valores correspondem, respectivamente, a 17,95% e 18,90% da área total da Bacia do Cuiabá. Esta sobreposição pode ser observada na figura 11.

Os resultados obtidos durante este trabalho estão de acordo com o que foi constatado por Coura (2012) em sua análise das APPs da Área de Preservação Ambiental de Petrópolis, onde assim como os resultados do Vale do Cuiabá, todas as APPs apresentaram uma redução de área quando delimitadas em superfície modelada. Em seu trabalho, Coura também observou que a maior redução de áreas de APP foi encontrada nas delimitações relativas às nascentes, confirmando os valores obtidos neste trabalho e a proposição de tal redução estar relacionada à maior rugosidade do relevo. A metodologia desenvolvida por Coura, assim como o programa APP 1.0, passaram por um processo de validação na qual foi utilizada para delimitação figuras geométricas de área conhecida, de tal forma, cálculos de área foram realizados para assegurar a integridade dos resultados. Por esse motivo e pelos resultados apresentados

no Vale do Cuiabá serem pertinentes aos encontrados na APA Petrópolis, não se julgou necessário realizar tal validação novamente.

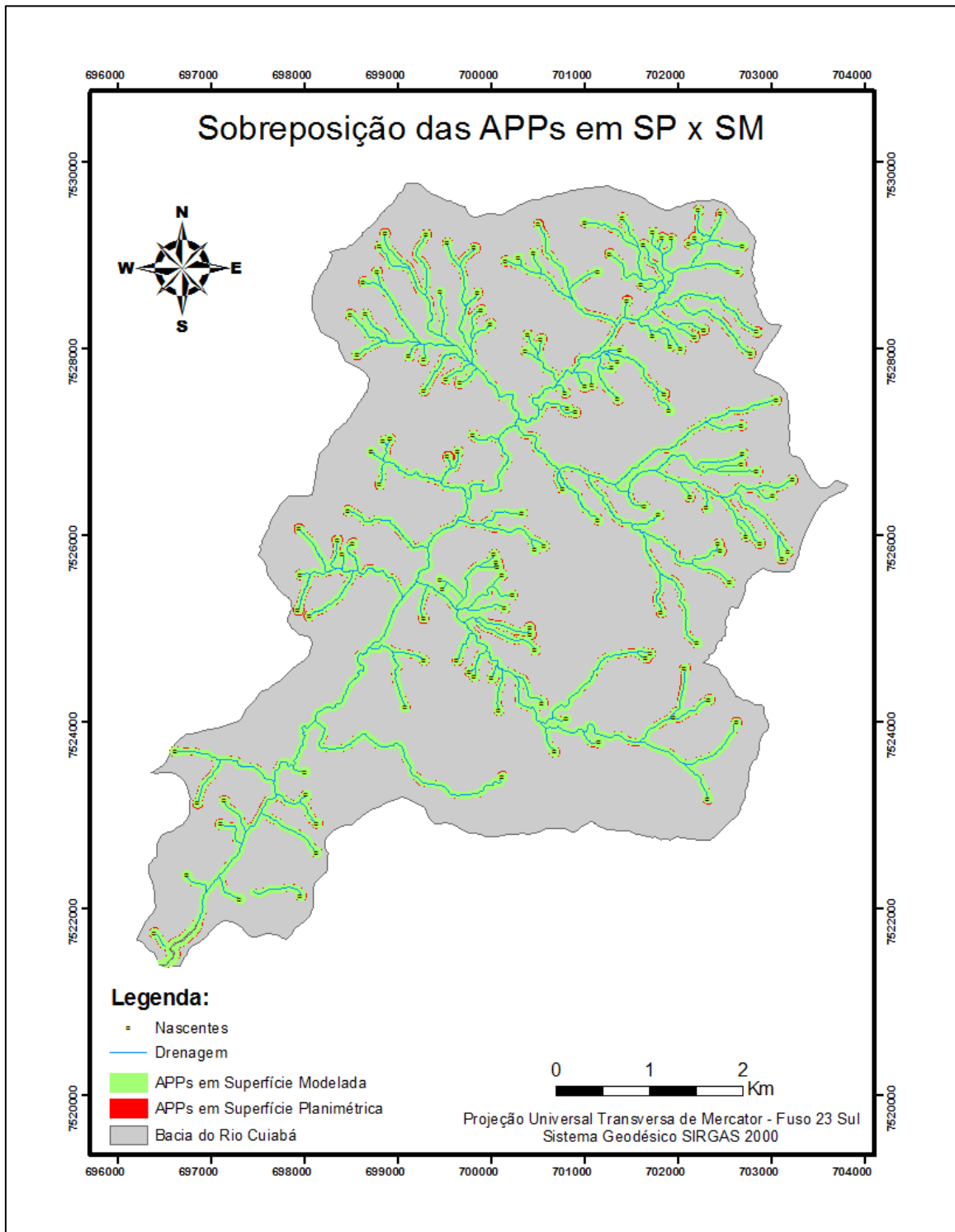


Figura 11 - APPs do Vale do Cuiabá em SM e SP

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho conseguiu com êxito realizar a delimitação das Áreas de Preservação Permanente em superfície modelada e uma posterior comparação de tais áreas com uma delimitação feita em superfície planimétrica. Uma redução de área destinada à preservação foi observada em todas as APPs delimitadas em superfície modelada, com percentuais variando entre 12,61% e 4,15% em relação à superfície planimétrica. Tais resultados podem ser diretamente relacionados à localização geográfica das feições delimitadas, de tal forma que, quanto mais acidentado era o terreno em que a feição encontrava-se localizada, maior foi a diferença na área delimitada.

Os resultados obtidos ressaltam a extrema importância de considerar as consequências de trabalhar-se com superfícies modeladas e superfícies planimétricas quando são realizados planejamentos e estudos ambientais. Tais delimitações também são de fundamental importância quando são realizadas análises geocológicas, focando a interação dos processos de ocupação do homem e os impactos ao meio natural. Isto porque, no universo sistêmico, o meio ambiente é constituído pelos sistemas que interferem e condicionam as atividades sociais e econômicas, ou seja, pelas organizações espaciais dos elementos físicos e biogeográficos (Christofoletti,1999). Os sistemas ambientais são responsáveis pelo fornecimento de materiais e energia aos sistemas sócio econômicos. Este caráter integrativo também pode ser diretamente relacionado às proposições estabelecidas no Novo Código Florestal Brasileiro e seu objetivo de preservação de florestas, biodiversidade, solo, recursos hídricos e a integridade do sistema climático, para o bem estar das gerações presentes e futuras. Percebe-se que o Código Florestal possui em seu cerne a intenção de proteção dos sistemas ambientais como um todo e de forma integrada, e para que tal proteção seja realizada, precisa dialogar com aspectos econômicos e sociais que atrelam a produção do espaço pelo homem com o meio natural.

Impulsionada por uma série de fatores, como a necessidade de moradia e disponibilidade de solo para práticas agrícolas, a ocupação das áreas de encosta, margens de rios e de nascentes tornaram-se frequente ao longo do desenvolvimento da região. Neste sentido, uma delimitação precisa das áreas a serem preservadas irá

significar um manejo mais eficiente desta área de grande interesse ambiental, protegendo seus produtos naturais para as gerações futuras. A redução das áreas de proteção, tal como foi observada quando as APPs foram delimitadas em superfície modelada, significa uma ameaça para os sistemas ambientais da região, mas também, aumenta os riscos gerados pelo homem quando ele ocupa determinadas áreas.

É necessário lembrar a ocorrência de eventos recentes de enchentes e deslizamentos, como o de janeiro de 2011, o que torna a avaliação de tais áreas de preservação, assim como, sua capacidade de amortização de tais eventos, de grande importância. Como é observado em Smith & Petley (2009), um planejamento de ocupação do solo é extremamente importante para reduzir o número de fatalidades em áreas de catástrofes recorrentes. Por isso, a preservação da mata ciliar e das regiões de alta declividade (não analisadas neste estudo, mas também contempladas como APPs no Novo Código Florestal) pode significar uma menor intensidade no impacto humano durante eventos climáticos extremos.

O que se buscou durante a realização deste trabalho foi avaliar a legislação brasileira com relação às áreas de preservação e o fato desta não considerar de maneira específica como deve ser realizada sua delimitação. Os resultados mostraram que ao considerarmos a superfície modelada, levando em conta o relevo com suas rugosidades, iremos experimentar uma redução na área que deveria ser protegida. A inclusão de uma especificação do tipo de superfície a ser considerada durante a delimitação, assim como uma padronização da técnica utilizada para delimitação pelos fiscais em campo, iria significar um avanço na proteção ambiental nacional, e conseqüentemente, nos recursos naturais.

Entende-se que a análise feita possui certas limitações e que podem ser aperfeiçoadas em trabalhos futuros. Uma das proposições seria uma análise que contemplasse todas as feições naturais passíveis de serem protegidas por APP para obter-se um quadro completo da região. Com relação ao programa APP 1.0, ainda que apresente resultados satisfatórios, um aperfeiçoamento de seu código para o processamento de dados vetoriais iria significar um ganho de precisão na delimitação das áreas de preservação.

Espera-se que os debates e questionamentos apresentados sejam motivadores de novas discussões e pesquisas referentes à preservação de áreas ambientais. Um aperfeiçoamento da legislação, assim como, das técnicas utilizadas para o manejo e gestão, podem significar um importante avanço na conservação da integridade dos sistemas ambientais e sua preservação para as gerações futuras.

BIBLIOGRAFIA

AHRENS, Sérgio. 2003. O “Novo” Código Florestal Brasileiro: Conceitos Jurídicos Fundamentais. *VIII Congresso Florestal Brasileiro*. São Paulo, SP.

ARAÚJO, R. S. 2014. *Avaliação de índices geomorfológicos em Superfície Planimétrica (SP) e Superfície Modelada (SM), Vale do Cuiabá, Petrópolis – Rio de Janeiro, Brasil*. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Gestão do Território da Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa – FCSH.

BORGES, L. A. C. 2008. *Aspectos técnicos e legais que fundamentam o estabelecimento das áreas de preservação permanente (APP)*. Tese de doutorado. Universidade Federal de Lavras. Lavras, MG.

BRASIL. *Decreto nº 23.793, de 23 de janeiro de 1934*. Institui o Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/116688/decreto-23793-34>>. Acesso em: maio de 2014.

BRASIL. *Lei nº 4.771, de 15 de setembro de 1965*. Institui o Novo Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, DF (1965). Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L4771.htm>. Acesso em: maio de 2014.

BRASIL. *Medida Provisória nº 2.166-67, de 23 de agosto de 2001*. Diário Oficial da União, Brasília, DF. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/licenciamentoo/legislacao/federal/med_provissoria/2001_Med_Prov_2166_67.pdf>. Acesso em: Maio de 2014.

BRASIL. *Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012*. Institui o Novo Código Florestal. Diário Oficial da União, Brasília, DF (2012). Disponível em:

<http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em: maio de 2014.

BRASIL. *Resolução CONAMA nº 303, de 20 de março de 2002*. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. Disponível em:<<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30302.html>>. Acesso em Maio de 2014.

BRASIL. 1998. *Manual Técnico de Convenções Cartográficas (1ª parte) – T 34 - 700*. Brasília: Ministério da Defesa - Exército Brasileiro.

CÂMARA, G., DAVIS, C. Introdução. In: CÂMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M. V. (Org.). 2001. *Introdução à Ciência da Geoinformação*. São José dos Campos: INPE.

CAMARGO, L. H. R. 2005. *A ruptura do meio ambiente: conhecendo as mudanças ambientais do planeta através de uma nova concepção da ciência: a geografia da complexidade*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.

CHRISTOFOLETTI, A. 1999. *Modelagem de sistemas ambientais*. 1ª edição. São Paulo: Editora Edgard Blücher.

COURA, P. H. F. 2012. *Avaliação das Áreas de Preservação Permanente em Superfície Real na Área de Proteção Ambiental de Petrópolis, RJ*. Dissertação de Mestrado, UFRJ, 2012.

DOURADO, F., ARRAES, T. C., SILVA, M. F. 2012. O Megadesastre da Região Serrana do Rio de Janeiro – as Causas do Evento, os Mecanismos dos Movimentos de Massa e a Distribuição Espacial dos Investimentos de Reconstrução no Pós-Desastre. In: *Anuário do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro*, v. 35-2, p. 43-54.

FELGUEIRAS, C.A. Modelagem Numérica do Terreno. In: CÂMARA, G., DAVIS, C., MONTEIRO, A. M. V. (Org.).1999. *Introdução ao Geoprocessamento*. São José dos Campos: INPE.

FERNANDES, M. C. 2004. *Desenvolvimento de Rotina de Obtenção de Observações em Superfície Real: Uma Aplicação em Análises Geoecológicas*. Tese de Doutorado, UFRJ, 2004.

FERNANDES, M.C. & MENEZES, P.M.L. 2005. Comparação entre Métodos para Geração de MDE para a Obtenção de Observações em Superfície Real no Maciço da Tijuca-RJ. *Revista Brasileira de Cartografia*, 57 (2): 154-161.

GRAEFF, O., VALVERDE, Y., COUTINHO, B., BRASIL, F. 2011. Diagnóstico Sobre Eventos Naturais Extremos Ocorridos no Vale do Cuiabá. *Instituto Superior do Ministério Público*. Rio de Janeiro: AMPERJ.

Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA. (2007). *Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental da Região Serrana de Petrópolis*. Brasília, 489 p.

LONGLEY, P. A., GOODCHILD, M. F., MAGUIRE, D. J., RHIND D. W. 2010. *Geographic Information Systems and Science*. 3rd Edition. West Sussex: Wiley.

RODRIGUEZ, J. M. M., SILVA, E. V., CAVALCANTI, A. P. B. 2007. *Geoecologia das Paisagens – Uma visão sistêmica da análise ambiental*. Fortaleza: UFC.

ROSS, J. L. S. 2006. *Ecogeografia do Brasil: Subsídios para Planejamento Ambiental*. Rio de Janeiro: Oficina e Textos.

SMITH, K, e PETLEY D.N. 2009. *Environmental Hazards: Assessing Risk and Reducing Disaster*. New York: Routledge.

SOUZA, L. G.; SOUSA, G. M. de; COURA, P. H. F & FERNANDES, M. C. F.
2009. *Avaliação de Modelos Digitais de Elevação para Estudos Geoecológicos no Maciço da Pedra Branca, Rio de Janeiro, Brasil*. In: Anuário do Instituto de Geociências, Universidade federal do Rio de Janeiro, v. 32-1, p. 21-33.

XAVIER DA SILVA, J. Geomorfologia, Análise Ambiental e Geoprocessamento. *Revista Brasileira de Geomorfologia*. Volume 1, 2000, p. 48-58.

ANEXOS

Guia para utilização do software APP 1.0

- Modelo Digital de Elevação

Durante o processo de criação do MDE para utilização no APP 1.0 duas características devem ser atendidas. Inicialmente, quando o modelo estiver sendo elaborado, deve-se atentar por criá-lo utilizando os dados no formato *Integer*. Isto porque, o APP 1.0 trabalha apenas com números inteiros, por isso, a utilização com dados decimais (FLOAT, por exemplo) irão ocasionar erros em seu processamento.

Caso resolva-se utilizar um MDE elaborado previamente e que possua dados em outro formato que não utilize números inteiros em sua estrutura, a opção para resolução deste problema é o seu processamento através da ferramenta “*Int*” no software ArcGIS. Esta ferramenta irá transformar os dados do formato decimal para números inteiros, podendo então ser processados pelo APP 1.0.

Outro fator que deve-se atentar é com relação ao formato do arquivo do MDE. O APP 1.0 utiliza apenas arquivos no formato ASCII para os modelos digitais de elevação. Para a conversão em tal formato pode-se usar a ferramenta *Raster to ASCII* no software ArcGIS. Caso o modelo encontre-se em um formato TIN, ele precisará ser convertido previamente para um dos formatos Raster utilizados pelo ArcGIS.

- Superfícies Líquidas

Para o processamento das superfícies líquidas no APP 1.0, alguns cuidados devem ser tomados na elaboração dos dados. Inicialmente será necessário converter os dados das superfícies líquidas de shapefile para raster.

Após os dados a serem trabalhados estarem no formato raster será necessário reclassificá-los de tal forma que exista apenas uma classe representada neste arquivo. Para isso utilize a ferramenta *Reclassify* do software ArcGIS, de tal maneira que todas as classes presentes no arquivo inicial sejam reclassificadas para o valor 0.

Para os valores de NoData deve-se definir nas configurações do arquivo o valor 255.

Por último é necessário exportar as superfícies líquidas que deseja-se processar no APP 1.0 para o formato TIFF ou BMP garantindo que não exista nenhum tipo de compressão no arquivo.

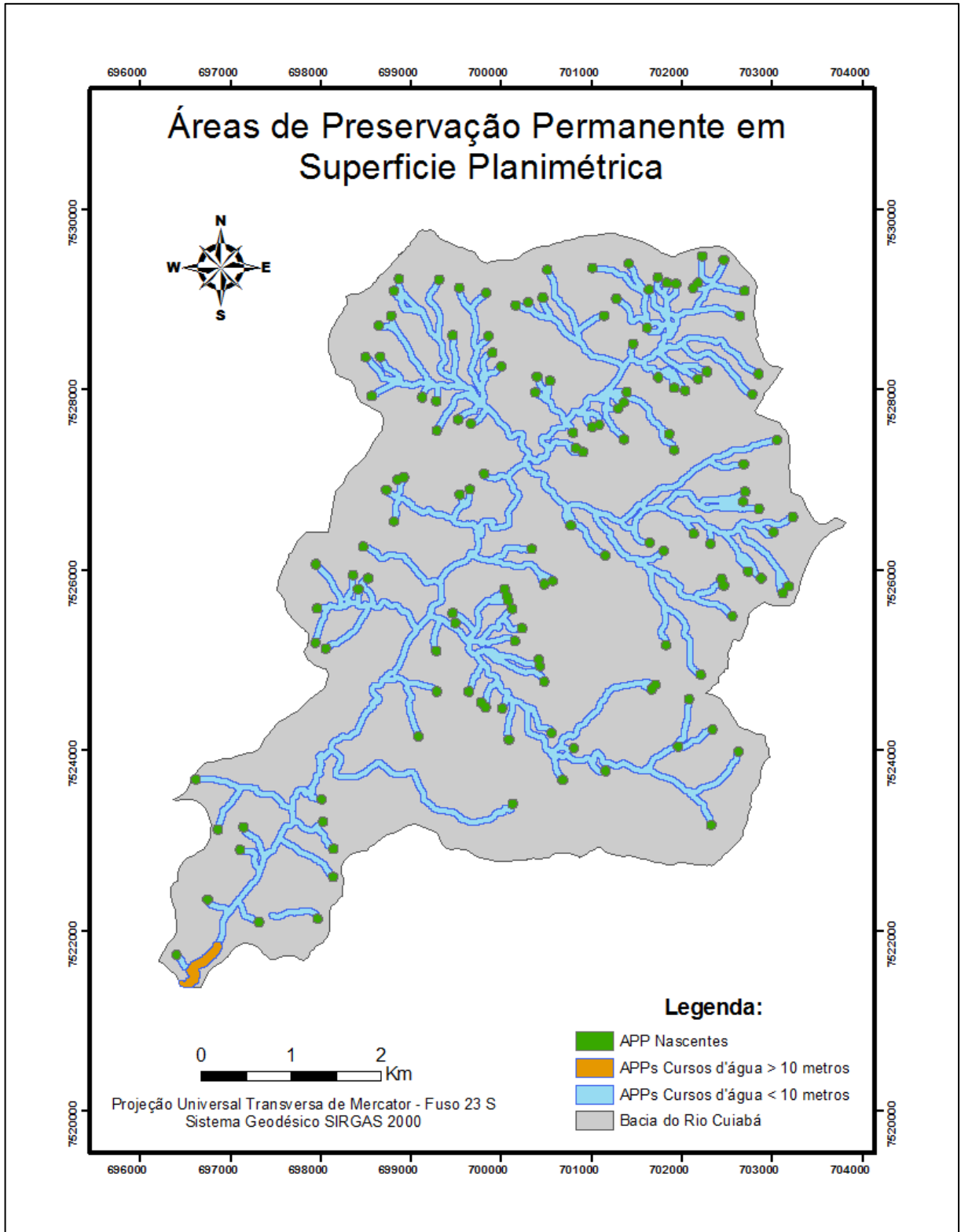


Figura 12 - APPs do Vale do Cuiabá em Superfície Planimétrica

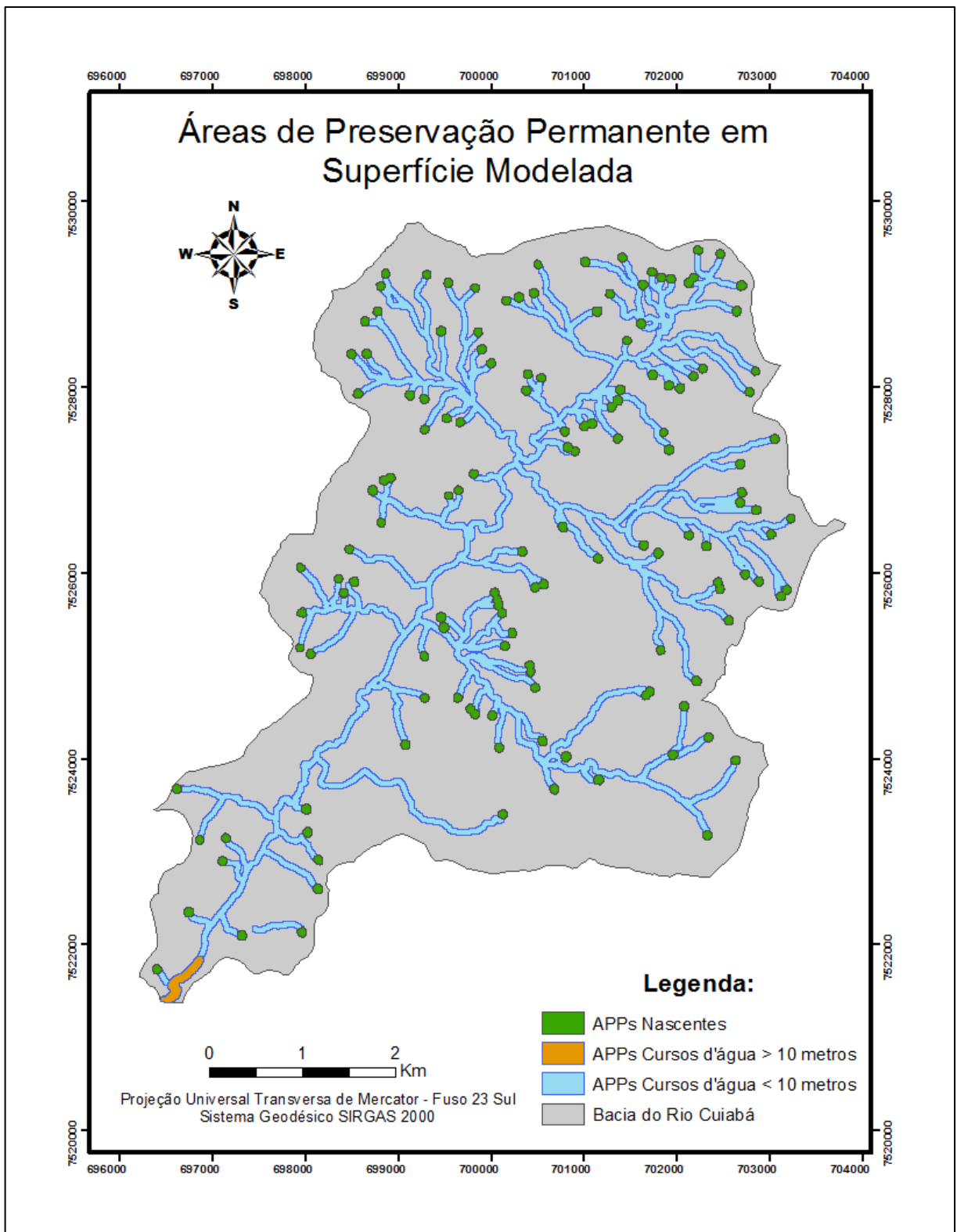


Figura 13 - APPs do Vale do Cuiabá em Superfície Modelada

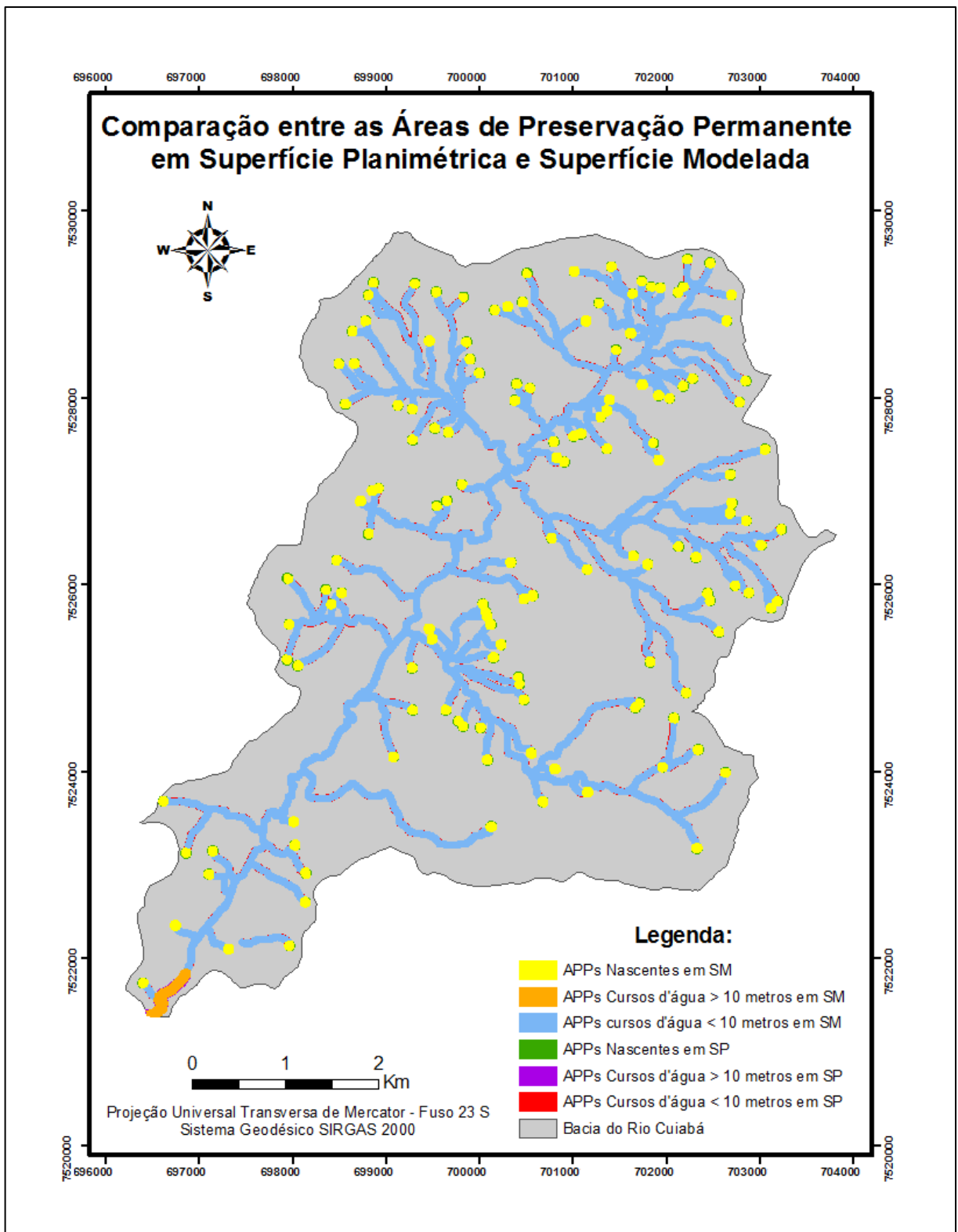


Figura 14 - Sobreposição das APPs do Vale do Cuiabá diferenciadas de acordo com o tipo especificado por lei