

**UFRRJ**

**INSTITUTO DE FLORESTAS**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**DISSERTAÇÃO**

**Evolução do uso e cobertura do solo, com foco nas  
Áreas de Preservação Permanente na Bacia  
Hidrográfica do Bonfim, Petrópolis – Rio de Janeiro.**

**Daniel Kieling**

**2014**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM  
DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL**

**Evolução do uso e cobertura do solo, com foco nas Áreas de Preservação  
Permanente na Bacia Hidrográfica do Bonfim, Petrópolis – Rio de Janeiro.**

**Daniel Kieling**

*Sob a Orientação da Professora*  
**Flávia Souza Rocha**

*e Co-orientação do Professor*  
**Rodrigo Medeiros**

Dissertação submetida como requisito  
parcial para obtenção requisito parcial  
para obtenção do grau de **Mestre em  
Ciências**, no Curso de Pós-Graduação  
em Práticas em Desenvolvimento  
Sustentável

Seropédica, RJ  
Dezembro de 2014

333.72098153  
K47e  
T

**Kieling, Daniel**

Evolução do uso e cobertura do solo, com foco nas áreas de preservação permanente na Bacia Hidrográfica do Bonfim, Petrópolis - Rio de Janeiro / Daniel Kieling, 2014.

75 f.

Orientador: Flávia Souza Rocha.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Florestas.

Bibliografia: f. 68-73.

1. Conservação ambiental - Teses. 2. Legislação ambiental - Teses. 3. Planejamento territorial - Teses. I. Rocha, Flávia Souza. II. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Instituto de Florestas. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PRÁTICAS EM DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL**

**DANIEL KIELING**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**,  
no Curso de Pós-Graduação em Práticas em Desenvolvimento Sustentável.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM ----/----/-----

Assinatura

Flávia Souza Rocha. Dra.em Ecologia - UFRJ

Assinatura

Nome completo. (Título) Dr. ou Ph.D. Sigla da Instituição

Assinatura

Nome completo. (Título) Dr. ou Ph.D. Sigla da Instituição

## **DEDICATÓRIA**

*“Dedico este à todos aqueles que de alguma forma admiram, respeitam e protegem a nossa única casa comum...”*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família espalhada por tantos lugares, em especial a Julinha que veio a este mundo no mesmo período que eu me mudei para o Rio de Janeiro. Muita felicidade e sorriso sincero pra toda sua vida!

Agradeço aos meus colegas que estão atuando em prol de um sonho maior, atacando das mais diferentes áreas e construindo pouco a pouco as mudanças que todos queremos e precisamos, mas nem sempre entendemos.

Um obrigado aos meus orientadores Flávia e Rodrigo, pelo apoio e desenvolvimento profissional. Em especial ao colega Professor Bruno Coutinho, que pela simples experiência de participar da construção de um trabalho científico criativo, aceitou o desafio e me auxiliou decisivamente nesse processo.

Aos amigos e as pessoas que conheci ao longo desses dois anos de muita novidade e de muita vida...Obrigado!

## RESUMO

KIELING, D. **Evolução do uso e cobertura do solo, com foco nas Áreas de Preservação Permanente na Bacia Hidrográfica do Bonfim, Petrópolis – Rio de Janeiro**. 2014. 96p. Dissertação (Mestrado em Práticas em Desenvolvimento Sustentável). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

A análise histórica do uso e cobertura do solo é uma importante informação para o entendimento dos processos de evolução da paisagem. Com a definição de padrões podemos analisar, entender e discutir melhor as mudanças, propondo melhores estratégias para a resolução de conflitos e para o planejamento territorial rumo a um desenvolvimento mais sustentável. O objetivo deste trabalho foi analisar a evolução do uso e ocupação do solo, especialmente dentro das Áreas de Preservação Permanente na parte alta da Bacia Hidrográfica do Bonfim, Petrópolis, região serrana do Rio de Janeiro, Brasil. Através da fotointerpretação de imagens entre anos de 1965 e 2010, tratadas em ambiente SIG (Sistema de Informações Geográficas), observamos o crescimento constante das áreas urbanas e o aumento expressivo das áreas destinadas para a agricultura dentro da área estudada, o que é explicado pela característica socioeconômica histórica da região que se mantém até hoje, sendo um polo de referência em produtos agrícolas de diversas culturas. Além de se situar em um ponto chave para a manutenção de corredores ecológicos entre os fragmentos florestais e as Unidades de Conservação, a área de estudo apresenta 46,8% de sua área coberta por floresta em médio ou avançado grau de sucessão. Ainda nas áreas protegidas por Lei Federal, as Áreas de Preservação Permanente (APPs) representam 37,35% dos 1876,78 hectares da área de estudo. Dentre estas, as áreas que protegem os cursos d'água e as nascentes sofreram mais com a expansão urbana e os cultivos agrícolas ao longo do período estudado. Atualmente 20,85 hectares são de uso ou origem antrópica (área urbana, área agrícola ou estradas) e aproximadamente 125 residências estão dentro dos limites de 30 metros das áreas protegidas para os cursos d'água (APPs), o que representa um risco iminente para a população, levando em conta as enxurradas causadas por eventos extremos nos últimos anos na região serrana. Projetos de reflorestamento dessas áreas são recomendados em vista de manter os serviços ecossistêmicos, assim como segurança e bem-estar da população frente a eventos extremos, a manutenção do capital natural. Concluindo, o mapeamento do uso e ocupação do solo dos últimos 45 anos em escala de 1:10.000 fornece informações para o entendimento da dinâmica da paisagem baseada em princípios da Geoecologia, gerando recursos para o planejamento e gestão territorial da Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim sob uma perspectiva mais sustentável.

**Palavras-chave:** Conservação Ambiental. Legislação Ambiental. Planejamento Territorial.

## ABSTRACT

Kieling, D. **Evolution of the use and land cover, focusing on Permanent Preservation Areas at the Drainage Basin of Bonfim, Petrópolis - Rio de Janeiro.** 2014. 96p. Dissertation (MSc in Sustainable Development Practices). Forestry Institute, Federal Rural University of Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

A historical analysis of the use and land cover is important information for understanding the processes of landscape evolution. With the definition of patterns we can analyze, understand and discuss better the changes, proposing the best strategies for conflict resolution and for territorial planning towards a more sustainable development. The objective of this study was to analyze the evolution of the use and occupation of land, especially within the Permanent Preservation Areas in the higher part of Hydrographic Basin of “Bonfim”, Petrópolis in the mountainous region of Rio de Janeiro, Brazil. Through photo-interpretation of images between the years of 1965 and 2010, treated in GIS (Geographic Information System) environment, we observe the steady growth of urban areas, and the significant increase of the area used for agriculture within the studied area. This is due to historical socioeconomic characteristic of the region that continues today, being a reference in agricultural products of diverse cultures. Besides being a key place for the maintenance of ecological corridors between plant fragments and protected areas, the studied area has 46,8% of its area covered by forest in middle or advanced stage of succession. Still on the areas protected by Federal Law, Areas of Permanent Preservation (APPs) represent 37.35% of 1876.78 hectares of the study area. Among these, the areas that protect water courses and springs suffered more with the urban expansion and agricultural crops during the study period. Currently 20.85 hectares are for use or have anthropogenic origin (urban areas, agriculture areas or roads) and about 125 homes are within the range of 30 meters of protected areas for watercourses ( APPs ), which represents an imminent risk for the population , taking into account the floods caused by extreme events in recent years in the mountain region . Reforestation projects in these areas are recommended in order to maintain ecosystem services, as well as safety and well-being of population and the maintenance of natural capital. In conclusion, mapping the use and occupation of the last 45 years in the scale of 1: 10000, provides information for understanding the dynamics of the landscape based on principles of Geoecology, generating resources for planning and land management of Hydrographic Basin of the river “Bonfim” in a more sustainable viewpoint.

**Key words:** Environmental Conservation. Environmental Legislation. Territorial Planning.

## RESUMEN

KIELING, D. **Evolución de uso y cobertura del suelo, con foco em las áreas de preservación permanente en la Cuenca Hidrográfica del Bomfim, Petrópolis – Rio de Janeiro**. 2014. 96p. Disertación (Maestría en Prácticas en Desarrollo Sostenible). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2014.

El análisis histórico del uso y cobertura del suelo es una importante información para el entendimiento de los procesos de evolución de paisajes. Con la definición de patrones podemos analizar, entender y discutir mejor los cambios, proponiendo mejores estrategias para la resolución de conflictos y para el planeamiento territorial rumbo a un desarrollo más sostenible. El objetivo del trabajo fue analizar la evolución del uso y ocupación del suelo, especialmente los de adentro de las Áreas de Preservación Permanente en la parte alta de la cuenca Hidrográfica del Bomfim, Petrópolis, en la región serrana de Rio de Janeiro, Brazil. A través de la fotointerpretación de imágenes de los años de 1965 – y 2010, tratadas en ambiente SIG (Sistema de Informaciones Geográficas), observamos el crecimiento constante de las áreas urbanas, y el aumento expresivo de las áreas destinadas a la agricultura adentro del área estudiada. Eso se debe a la característica histórica socioeconómica de la región que se mantiene hasta hoy, siendo un polo de referencia en productos agrícolas de distintas culturas. Más allá de situarse en un punto clave para el mantenimiento de pasillos ecológicos entre los fragmentos vegetales forestales y las unidades de conservación, el valle presenta 46,8% de su área cubierta por floresta en medio o avanzado grado de sucesión. Todavía en las áreas protegidas por leyes federales, las Áreas de Preservación Permanente (APPs) representan 37,35% de las 1876,78 hectáreas del área de estudio. Entre estas, las áreas que protegen los cursos del agua y las nacientes sufrieron más con la expansión urbana y los cultivos agrícolas en el periodo estudiado. Actualmente 20,85 hectáreas son de uso o de origen antropogénico (áreas urbanas, áreas agrícolas e carreteras) y cerca de 125 casas se encuentran dentro del rango de 30 metros de las áreas protegidas para los cursos de agua (APPs), lo que representa un riesgo inminente para la población, teniendo en cuenta las inundaciones causadas por los fenómenos extremos en los últimos años en la región de la montaña. Proyecto de reforestación de estas áreas son recomendados en vista de mantener los servicios ecosistémicos, así como la seguridad y bien estar de la población, el mantenimiento del capital natural. Terminando, el levantamiento del uso y ocupación del suelo en los últimos 45 años en escala 1:10000, fornece informaciones para el entendimiento de la dinámica del paisaje basada en principios de la Geo ecología, generando recursos para el planeamiento y gestión territorial en la Cuenca Hidrográfica del Rio Bomfim sobre una perspectiva más sostenible.

**Palabras Claves:** Conservación Ambiental, Legislación Ambiental, Planeamiento Territorial.

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 1. Classificação da cobertura e do uso da terra. Adaptado do Manual Técnico da Vegetação Brasileira (1992) e do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2006).....	39
Tabela 1. Proposta das áreas de inclusão/exclusão do PARNASO.....	30
Tabela 2. Valores das áreas (hectares) de cada classe de uso e ocupação do solo nos anos entre 1965-2010.....	51
Tabela 3. Áreas (ha) dos quatro tipos de APPs e seu percentual em relação à área total da área de estudo e o PARNASO.....	54
Tabela 4. Valores do Uso e Cobertura do Solo (hectares) nas APPs de margens de curso d'água (APP-1).....	56
Tabela 5: Valores das áreas (hectares) de Uso e Cobertura do Solo nas APPs de nascentes (APP-2)...	57
Tabela 6. Valores das áreas das classes dentro das Áreas de Preservação Permanente no ano de 2010.....	60

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim, no município de Petrópolis, região serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil.....	23
Figura 2. Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim.....	24
Figuras 3. Fotos do Vale do Bonfim em abril de 1984.....	25
Figura 4. Fotos do Vale do Bonfim em fevereiro 2009.....	25
Figura 5. Imagens do alto Bonfim.....	26
Figura 6. Limites atuais do PARNASO, com as áreas urbanizadas referentes à comunidade do vale do Bonfim no seu interior.....	29
Figura 7. Recorte da área de estudo. Área dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim.....	37
Figura 8. Exemplo de ortofotos utilizadas da Bacia do Rio Bonfim do ano de 1965.....	38
Figura 9. Exemplo de ortofotos utilizadas da Bacia do Rio Bonfim dos anos de 2010.....	38
Figura 10. Definição de Montanha e Morro segundo a Resolução CONAMA n°. 302/2002 .....	41
Figura 11. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 1965.....	44
Figura 12. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 1975.....	45
Figura 13. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 1994.....	46
Figura 14. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 1999.....	47
Figura 15. : Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 2003.....	48
Figura 16. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 2006.....	49
Figura 17. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 2010.....	50
Figura 18. Porcentagem de cada classe do uso e cobertura do solo para o intervalo entre 1965-2010.....	52
Figura 19. Valores da variação (%) da evolução da área da cobertura e uso do solo entre o período de 1965-2010 (45 anos).....	52
Figura 20. Taxa anual de mudança do uso e cobertura do solo.....	53
Figura 21. Mapa dos quatro tipos de Áreas de Preservação Permanente encontrados na área de estudo...55	55
Figura 22: Valores das áreas (hectares) de Uso e Cobertura do Solo nas APPs de margens de curso d'água (APP-1).....	56
Figura 23: Valores das áreas (hectares) de Uso e Cobertura do Solo nas APPs de nascentes (APP-2).....	58
Figura 24: Valores das áreas (hectares) de Uso e Cobertura do Solo nas APPs com declividade maior que 45° (APP-3).....	59
Figura 25: Valores do Uso e Cobertura do Solo (hectares) nas APPs de topos de morro (APP-4).....	60
Figura 26. Mapa contendo as APPs sobrepostas sobre as diferentes classes de uso e cobertura do solo para o ano de 2010.....	62
Figura 27. Mapa das residências situadas dentro dos 30 metros de proteção das margens de cursos d'água, APP- 1.....	63
Figura 28. Mapa indicando as áreas de vegetação em estágio médio ou avançado de sucessão protegidas pela Lei da Mata Atlântica.....	65

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	15
2.1 Fragmentação de Habitat e Perda da Biodiversidade.....	15
2.2 Corredores Ecológicos.....	16
2.3 Áreas de Preservação Permanente.....	17
2.4 Sistemas de Informação Geográfica (SIG).....	19
2.5 Ecologia de Paisagem e Geoecologia.....	21
2.6 Bacia Hidrográfica como Unidade Sistêmica.....	21
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	23
3.1 Área de Estudo.....	23
3.1.1. Histórico Petrópolis.....	24
3.1.2. Histórico do Vale do Bonfim.....	25
3.1.3. O baixo, o médio e o alto Bonfim.....	25
3.1.4. Parque Nacional das Serras dos Órgãos.....	27
3.1.5. Conflito Comunidade e PARNASO.....	28
3.1.6. APA Petrópolis.....	31
3.1.7. Vegetação.....	32
3.1.8. Fauna.....	33
3.1.9 Geologia.....	34
3.1.10 Topografia.....	35
3.1.11 Clima.....	35
3.1.12 Hidrologia.....	36
3.2 Metodologia.....	36
3.2.1 Base Cartográfica.....	36
3.2.2. Recorte da Área de Estudo.....	37
3.2.3. Mapeamento de Uso e Cobertura da Terra.....	38
3.2.4. Mapeamento da Legislação Ambiental.....	40
3.2.4.1 Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012).....	40
3.2.4.2. Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC).....	42
3.2.4.3. Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428, de 22 de Dezembro de 2006).....	42
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	43
4.1 Cobertura e uso do solo.....	43
4.2 Áreas de Preservação Permanente, Lei de Proteção da Vegetação Nativa.....	53
4.3 Uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente.....	56
4.5 Sistema Nacional de Unidades de Conservação (APA Petrópolis e PARNASO).....	64
4.6 Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428, de 22 de Dezembro de 2006).....	64
<b>5 CONCLUSÕES</b> .....	66
<b>6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	68
<b>ANEXO</b>	
- A Minuta do Termo de Compromisso.....	74

*“Vejam uma metáfora. Digamos que um cientista se encontra diante de um espetáculo da natureza. Está observando o Pão de Açúcar, no Rio de Janeiro. O cientista se encanta com aquele gigantesco monolito, uma rocha inteiriça de seiscentos metros de altura, com uma só fenda vertical. Cogita sobre como os milhões de anos de erosão geológica a deixaram com aquela forma. Conhecendo o material da rocha, gneiss, saberá que a Serra do Mar, da qual faz parte, surgiu uns seiscentos milhões de anos atrás, quando a deriva dos continentes empurrava a América do Sul em direção contrária a atual, que, do outro lado, está fazendo crescer os Andes. Da geologia irá até a cosmologia. Vislumbrará a formação do nosso sistema solar, uns 4,5 bilhões de anos atrás. Sabe que os elementos mais pesados, além do hidrogênio e hélio, sem os quais nosso planeta não existiria ou seria apenas uma bola de gases, só podem ter-se originado muito antes do nascimento do Sol, em uma supernova, centena de milhões ou mesmo bilhões de anos antes. Observará a **vida** que cobre a rocha: os líquens, musgos, cactos, bromélias e outras plantas epífitas, os insetos e as aves, os mamíferos, os répteis, o que hoje sobra do bosque na base, a **vida** no mar circulante. **Quanto mais pensa, mais fascinado fica.** Acabará levado a pensar no fantástico processo que é a **Vida**, em seus 3,5 bilhões de anos de evolução orgânica, um **processo sinfônico estonteante** que, entre milhões de formas e comportamentos dos seres vivos, da bactéria e alga microscópica à baleia e sequoia, também deu origem a nossa espécie, e a nossa capacidade de percepção e de encantamento diante desta fantástica maravilha. **Quanto mais observa, mais comovido fica, mais afeto sente, mais sofre diante dos estragos que constata.**”*

*- José Lutzenberger*

## 1 INTRODUÇÃO

A região serrana tem um histórico de povoação singular, tendo sido muito influenciado pela família real portuguesa no início do século XIX. No interior do município de Petrópolis, a ocupação que hoje conhecemos como Vale do Bonfim, situada no atual distrito de Correias, só se deu no final do século XIX com a instalação de uma grande fazenda. Os diversos cultivos agropastoris e a construção de pequenas casas deram início à ocupação e uso do solo, e se mantiveram ao longo dos anos como principal fonte de renda e meio de vida para a população da parte mais alta do vale.

Por se tratar de uma região que ainda mantém uma área extensa de remanescentes da Floresta Atlântica - bioma brasileiro muito ameaçado - encontramos uma grande quantidade de Unidades de Conservação (áreas de importância ecológica protegidas por lei). Dentre elas podemos destacar a Área de Proteção Ambiental (APA) da Região Serrana de Petrópolis, a qual cobre uma extensa área dentro de diversos municípios (incluindo Petrópolis) e tem como principal função a conservação de processos naturais e da biodiversidade, orientando e promovendo um desenvolvimento mais sustentável; e o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), uma das maiores Unidades de Conservação (UC) da Serra do Mar. Tanto a APA quanto o Parque Nacional contam com uma área na qual encontramos diversas espécies de plantas e animais endêmicas e ameaçadas de extinção originárias dos remanescentes da Mata Atlântica, sendo um importantíssimo centro de biodiversidade em escala internacional.

Por ser uma Unidade de Conservação de proteção integral, o Parque proíbe a presença de moradores dentro de sua área, porém durante o processo de delimitação do PARNASO na década de 1980, a comunidade do alto do Bonfim foi integrada na UC, o que resultou em um conflito com a população local, pois limitou a sua expansão territorial. Esse conflito com o Governo Federal (gestores da Unidade de Conservação) durou cerca de 30 anos, todavia atualmente existe a proposta de desafetação, o que pode excluir a comunidade do Bonfim dos limites da área do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. De acordo com a proposta que está sendo discutida, a comunidade deixará de estar dentro da jurisdição de uma Unidade de Conservação de proteção integral e passará a integrar uma área de uso sustentável, a APA Petrópolis, a qual apesar de regulamentar o crescimento, permite o uso dos recursos naturais visando a um desenvolvimento sustentável. Essa mudança afeta diretamente o uso e ocupação do solo, e conseqüentemente a comunidade do alto do vale do Bonfim, que depende economicamente da agricultura como principal fonte de renda.

Além das restrições impostas à comunidade pela legislação das unidades de conservação, outra lei tem um papel muito decisivo para na conservação dos recursos naturais e manutenção dos serviços ecossistêmicos: a Lei 12651, de 25 de maio de 2012, que regulamenta as Áreas de Preservação Permanente (APPs) (BRASIL, 2012). Desde 1934, quando foi assinado o primeiro Código Florestal Nacional, as APPs têm função de controlar e regular o crescimento urbano e rural dentro de áreas consideradas importantes para o bem-estar humano e ecológico, a exemplo de nascentes de rios, entorno de cursos d'água, topos de morros, entre outros. Baseado nas teorias de disciplinas como Geografia, Ecologia e Geoecologia de Paisagens, o entendimento histórico da evolução do uso e ocupação do solo fornece muitas informações para avaliar o estado atual da paisagem frente ao seu uso e conservação dos recursos naturais. Esse conhecimento também auxilia para um planejamento territorial mais completo e efetivo, que respeite a identidade e singularidade de cada local, assim como a cultura e necessidade de sua população. Atualmente, com o auxílio de ferramentas de geoprocessamento, o processo de gestão e planejamento da paisagem pode se dar de maneira muito mais rápida e eficaz, pois o ambiente SIG (Sistema de Informação Geográfica) permite a análise de uma grande quantidade de informações a baixo custo.

Pela importância biológica, posição estratégica como corredor de biodiversidade entre Unidades de Conservação e a singularidade da situação de gestão territorial que a Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim apresenta, a proposta deste trabalho é entender o processo de ocupação do Vale do Bonfim, analisando o uso e cobertura do solo e a interação entre as Áreas de Preservação Permanente ao longo dos anos, verificando o cumprimento da legislação ambiental. O intuito é que as informações aqui geradas possam auxiliar o reconhecimento de problemas territoriais dentro da Bacia Hidrográfica, e dar suporte teórico-científico no planejamento de ações para resolução desses conflitos.

O objetivo geral do trabalho é analisar a evolução histórica da ocupação e uso da terra dentro de uma área no alto da Bacia Hidrográfica do rio Bonfim, município de Petrópolis, Rio de Janeiro, nos anos de 1965, 1975, 1994, 1999, 2003, 2006 e 2010, mapeando as Áreas de Preservação Permanente a partir de ferramentas de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), com o intuito de entender a evolução do uso dessas áreas.

Os objetivos específicos são:

- Gerar o mapeamento do uso e cobertura do solo entre os anos de 1965-2010, discutindo o processo de ocupação e expansão humana na Bacia;
- Mapear as áreas protegidas pela legislação ambiental (Lei de Proteção da Vegetação Nativa Nº 12.651/2012; Lei da Mata Atlântica nº 11.428/2006; e Sistema Nacional de Unidades de Conservação Lei nº 9.985/2000);
- Analisar a evolução do uso e cobertura da terra dentro das Áreas de Preservação Permanente, segundo a Lei de Proteção da Vegetação Nativa, Nº 12.651, de 25 de Maio de 2012.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Fragmentação de Habitat e Perda da Biodiversidade

A Mata Atlântica é internacionalmente reconhecida pelo seu grande número de espécies (1-8% do total de espécies já descritas no planeta Terra) e por seu alto grau de endemismo, sendo considerado um dos 25 centros de biodiversidade (hotspots) no mundo (MYERS *et al.*, 2000). Neste bioma foi constatado endemismo em diversos grupos taxonômicos, como em 200 espécies de aves (16% do total encontrado na Mata Atlântica), 71 espécies de mamíferos (27%), 94 espécies de répteis (31%), 286 de anfíbios (60%) e cerca de 8000 espécies de árvores, 60% do total encontrado neste bioma (MITTERMEIER *et al.*, 2005). A grande quantidade de espécies ameaçadas de extinção, 276 espécies vegetais e 185 espécies de vertebrados terrestres (CAMPANILI & SCHAFFER, 2010), é um dado que preocupa. Nos últimos 25 anos a Mata Atlântica perdeu cerca de 1.735.479 hectares de sua cobertura, atualmente restam apenas 7,9% de remanescentes florestais em fragmentos acima de 100 hectares, em especial nas regiões sul e sudeste ao longo das Serras do Mar, Geral e da Mantiqueira (Fundação SOS Mata Atlântica & INPE, 2011). Isto é resultado de um longo processo de impactos ambientais antrópicos, causados principalmente pelo desenvolvimento e infraestrutura em grande escala, conversão dos usos da terra, poluição, urbanização, ações humanas não sustentáveis, e outras atividades que resultam em fragmentação ou distúrbio do habitat (SCHÄFFER *et al.*, 2011).

No processo de fragmentação dos habitats, a estrutura da paisagem é modificada resultando em mudanças na composição e diversidade das comunidades, comprometendo a conservação *in situ*, já que a intensidade e o tipo de distúrbio influenciam diretamente o processo de restauração natural do ecossistema (REIS *et al.*, 2003). As consequências do processo de fragmentação das florestas tropicais não ocasionam somente a diminuição da diversidade biológica, mas também influenciam no distúrbio do regime hidrológico das bacias hidrográficas, nas mudanças do clima, na degradação dos recursos naturais e a deterioração da qualidade de vida das populações tradicionais (VIANA, 1990). Alguns estudos mostram empiricamente que a fragmentação de habitat pode diminuir a diversidade genética neutra e adaptativa das populações, devido ao decréscimo da população e da conectividade inter-populacional, aumentando o risco de extinção de populações (ROCHA, 2004; JOHANSSON *et al.*, 2007; DIXO *et al.*, 2009). Para Torrico *et al.* (2009) a fragmentação afeta diretamente na redução de populações de espécies de floresta, pois provoca interrupções de rotas de migração para os animais. Vários gradientes como microclima, composição florística ou interações biológicas também são afetados pelo contato do fragmento de vegetação com a matriz circundante (efeito de borda). Além disso, a degradação é prejudicial ao grande número de serviços gratuitos proporcionados pelos ecossistemas, como a regulação do clima e do ciclo da água, formação do solo e proteção, ciclagem de nutrientes, inundações e erosão, proteção, controle biológico de pragas e controle de doenças, polinização e recreação. Seus valores econômicos intrínsecos, muitas vezes excedem o valor do uso direto dos recursos biológicos (RICKETTS *et al.* 2004).

A manutenção de áreas de conexão de habitat, a exemplo dos corredores de biodiversidade, tem sido proposta como um meio de reduzir efeitos negativos de fragmentação e isolamento das populações (HARRIS, 1984; BENNETT, 1990; SAUNDERS, HOBBS & MERGULES, 1991).

## 2.2 Corredores Ecológicos

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação, Lei 9.985/00 (BRASIL, 2000), em seu Art 2º, Inciso XIX, define corredores ecológicos como:

*“Porções de ecossistemas naturais ou seminaturais, ligando unidades de conservação, que possibilitam entre elas o fluxo de genes e o movimento da biota, facilitando a dispersão de espécies e a recolonização de áreas degradadas, bem como a manutenção de populações que demandam para sua sobrevivência áreas com extensão maior do que aquelas das unidades individuais” (BRASIL, 2000).*

Segundo Forman (1983), os corredores ecológicos surgiram justamente com o objetivo de possibilitar o trânsito de espécies da fauna entre fragmentos próximos. Sanderson *et al.* (2003) afirmam que a implementação do corredor ecológico representa o fundamento básico de qualquer estratégia efetiva para a conservação de biomas altamente fragmentados, isso porque permite a conectividade entre áreas naturais remanescentes sob diferentes categorias de proteção e manejo. Belisle (2005) afirma que a conectividade ocorre em variadas escalas espaciais, dependendo das espécies e dos processos de interesse.

Existem hoje algumas alternativas de gestão que visam a diminuir os efeitos negativos da fragmentação, como as Reservas de Patrimônio Particular Natural, que são unidades de domínio privado, criadas por iniciativa do próprio proprietário, mediante ato do órgão ambiental (SNUC, 2000), e o conjunto de Unidades de Conservação que se encontram próximas ou sobrepostas, formando um mosaico de áreas protegidas. O Mosaico é um instrumento de gestão integrada que tem a finalidade de ampliar as ações de conservação para além dos limites das Unidades de Conservação, compatibilizando a presença da biodiversidade, a valorização da sociodiversidade e o desenvolvimento sustentável no contexto regional (BRASIL, 2000). Segundo Prado *et al.* (2003), o Mosaico é uma unidade de planejamento regional, muito mais que um mecanismo de zoneamento, pois está baseado não na criação de novas restrições involuntárias quanto ao uso da terra, mas na implantação de mecanismos econômicos compensatórios que estimulem os proprietários privados a comprometer-se com a conservação. Seguindo esta linha de pensamento os corredores podem reverter a tendência conservacionista de criar espaços protegidos com exclusão de comunidades locais, tornando-se espaço de continuidade natural e social, para benefício e usufruto das comunidades (TOLEDO, 2004).

O corredor da Serra do Mar representa a maior extensão contínua de Mata Atlântica brasileira, abrangendo os estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Paraná (BRASIL, 2001). Também integra este corredor ecológico, o Mosaico da Mata Atlântica Central Fluminense formado por 22 Unidades de Conservação que envolvem uma área com cerca de 233.710 hectares em 13 municípios no Estado do Rio de Janeiro (LINO & ALBUQUERQUE, 2007). Muitas dessas áreas são apontadas como sendo de alta prioridade para a conservação da biodiversidade, a exemplo da Serra dos Órgãos, que apresenta um impressionante nível de endemismo, riqueza de invertebrados e número de espécies de mamíferos, anfíbios e répteis ameaçadas de extinção (BERGALLO *et al.*, 2000; PINTO, 2000; ROCHA *et al.*, 2000).

A conservação e a recuperação do bioma é um grande desafio que depende do manejo de espécies e de ecossistemas para garantir a proteção da biodiversidade em longo prazo (PINTO, *et al.*, 2006). A restauração ecológica é uma ferramenta-chave no planejamento e implementação de ações de conservação da biodiversidade (TABARELLI *et al.*, 2010). Leis

ambientais podem potencializar a restauração ambiental, servindo como agente desencadeador de mudanças de paisagem.

### 2.3 Áreas de Preservação Permanente

No Brasil desde 25 de maio de 2012 vigora uma nova lei florestal, a Lei nº 12.651. Primeiramente modificada por Medida Provisória e em seguida pela Lei 12.727, a nova lei florestal, altera as Leis 6.938/1981, 9.393/1996, e 11.428/2006; e revoga as Leis 4.771/1965 e todas suas as modificações (BRASIL, 2012). A Lei de Proteção da Vegetação Nativa dispõe normas gerais sobre a proteção da vegetação, sobre as áreas de Preservação Permanente e as áreas de Reserva Legal, assim como a exploração florestal, o suprimento de matéria-prima florestal, o controle da origem dos produtos florestais e o controle e a prevenção dos incêndios florestais; inclui também a previsão de instrumentos econômicos e financeiros, tendo como objetivo geral o Desenvolvimento Sustentável. Nesse contexto, é importante destacar as Áreas de Preservação Permanente que são de grande importância, pois têm como princípio tanto a conservação da biodiversidade quanto a manutenção do bem-estar humano. A atual Lei Florestal define Área de Preservação Permanente, APP, como:

*“Área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com as funções ambientais de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, de facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, de proteger o solo e de assegurar o bem-estar das populações humanas”.* (BRASIL, 2012)

Dentre outras, são consideradas Áreas de Preservação Permanente:

- I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular;
- II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais;
- III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais na faixa definida na licença ambiental do empreendimento;
- IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica;
- V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°;
- VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas;
- IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de cem metros e inclinação média maior que 25°;
- X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros,
- VI - as restingas, manguezais e veredas.

Considerando as APPs como limitantes legais necessários da expansão humana, podemos citar outras funções ambientais exercidas pelas Áreas de Preservação Permanente:

- Preservação dos Recursos Hídricos:

As APPs, com a sua cobertura vegetal protegida, exercem um efeito tampão no solo, reduzindo a drenagem e carreamento de substâncias e elementos para os corpos d'água (TUNDISI *et al.*, 2006). Isso porque as florestas ripárias agem como filtros de sedimentos, material orgânico, fertilizantes, pesticidas e outros poluentes que podem afetar de forma adversa os corpos de água e as águas subterrâneas (SCHÄFFER *et al.*, 2011). Segundo

Serigatto (2006), isso influencia diretamente na qualidade e quantidade de água disponível nos afluentes, pois auxilia também na recarga dos aquíferos subterrâneos.

-Preservação das Nascentes:

Nascente é o afloramento de água proveniente do lençol freático que corre superficialmente e dá origem aos cursos d'água. A área chamada de bacia de contribuição da nascente é o espaço geográfico localizado à sua montante e que constitui a área de drenagem encarregada de recarregar o seu aquífero (VALENTE & GOMES, 2005). A quantidade e a qualidade de água das nascentes de uma bacia hidrográfica podem ser alteradas especialmente pelo tipo de uso e cobertura da terra, principalmente das áreas de recarga, que influenciam diretamente no armazenamento da água subterrânea e no regime dos cursos d'água (PINTO *et al.*, 2004). Diminuir o número de nascentes significa diminuir o número de cursos d'água e, conseqüentemente, reduzir a vazão total da bacia ou sua produção de água (VALENTE & GOMES, 2005). Por isso a extrema importância da preservação permanente da vegetação das áreas no entorno das nascentes.

- Preservação da estabilidade geológica:

As áreas de encostas com declividade superior a 45° e topos de morro são em geral áreas mais frágeis e sujeitas a desbarrancamentos e deslizamentos de solo ou rochas, principalmente quando desmatadas e degradadas ambientalmente. Sem a proteção conferida pela vegetação, a chance de ocorrer carreamento de sedimentos para os leitos dos rios aumenta, podendo provocar assoreamento e diminuição da sua profundidade, e com isso, potencializar o efeito das cheias e enchentes (SCHÄFFER *et al.*, 2011). Levando isso em conta, as Áreas de Preservação Permanente visam a garantir a estabilidade geológica reduzindo a ocorrência de enxurradas e deslizamentos de terra, aumentando a segurança das populações residentes.

- Conservação da Biodiversidade:

As Áreas de Preservação Permanente, assim como outras áreas naturais protegidas por lei, aumentam a área florestada garantindo mais contato entre diferentes ecossistemas, e promovem a estruturação e a dinâmica do ambiente. As APPs, principalmente as de zonas ripárias, são consideradas corredores ecológicos muito úteis visto que os rios podem percorrer grandes distâncias podendo ultrapassar fronteiras (municípios, estados, países). Essas áreas possibilitam a interligação com outros espaços territoriais, permitindo o fluxo de genes e o movimento da biota, o que facilita a dispersão de espécies e a colonização de novas áreas. Quando o fluxo gênico é interrompido ou diminuído drasticamente, as populações naturais ficam isoladas sofrendo uma diminuição da sua variabilidade genética ao longo do tempo, tornando-as menos adaptáveis às mudanças do ambiente, aumentando assim a vulnerabilidade das espécies à extinção (SCHÄFFER *et al.*, 2011).

- Proteção do Solo:

Aquelas APPs de margens de cursos d'água com a vegetação preservada, conhecidas como matas ciliares, protegem contra a erosão evitando o assoreamento dos rios e o agravamento das enchentes. Além disso, a erosão causada pela falta de cobertura vegetal nas APPs elimina as camadas mais superficiais do solo, justamente aquelas que contêm uma maior concentração de nutrientes essenciais para a sobrevivência da flora (SCHÄFFER *et al.*, 2011). De acordo com Bertoni e Lombardi Neto (1990), a cobertura vegetal garante a preservação dos solos através da proteção direta contra o impacto das gotas de chuva, assim como no melhoramento da estrutura do solo pela adição da matéria orgânica (aumentando sua

capacidade de retenção de água) e na diminuição da velocidade de escoamento do fluxo pelo aumento do atrito na superfície.

- Assegurar o bem-estar humano:

As APPs, especialmente aquelas às margens dos cursos d'água e nas encostas e topos de morro, montes, montanhas e serras, geralmente são coincidentes com áreas ambientalmente vulneráveis e de risco, em que a ocupação com atividades agropecuárias ou com quaisquer tipos de edificações compromete a segurança da população residente. Com a frequência cada vez maior dos eventos climáticos extremos, atingindo inclusive regiões que se julgavam livres de tais fenômenos da natureza, as APPs adquirem uma importância ainda maior na função de assegurar o bem-estar das populações humanas (SCHÄFFER *et al.*, 2011). Além disso, nas áreas urbanas as Áreas de Preservação Permanente garantem a manutenção da cobertura vegetal, as quais amenizam a temperatura e mantêm a umidade do ar; também ajudam a diminuir a poluição visual, gerando um ambiente mais agradável e conseqüentemente maior qualidade de vida para a população.

Todos os aspectos mencionados acima são claramente serviços benéficos prestados pelo ambiente natural, os quais nos auxiliam muito na manutenção dos aspectos sociais, econômicos e ambientais da nossa sociedade. Porém, na prática, no que tange ao cumprimento da legislação ambiental, muito se deixa a desejar. A definição e o monitoramento das Áreas de Preservação Permanente tem sido um grande desafio sob o aspecto técnico e econômico, pois os critérios de delimitação sempre exigem informações detalhadas de cada unidade espacial em análise (NASCIMENTO *et al.*, 2005). A delimitação das APPs através de métodos analógicos é subjetiva e está condicionada à experiência do analista (HOTT *et al.*, 2005). Os métodos convencionais de obtenção manual das APPs a partir de mapas topográficos, são tediosos e de grande mão de obra (REIS, 2008). Serigatto (2006) enfatiza que a dificuldade de se fazer a delimitação das áreas de preservação permanente é tamanha, que atualmente ainda não se produziu, para qualquer unidade federativa, um mapeamento sistemático dessas áreas.

Dentro deste contexto os produtos de Sensoriamento Remoto (imagens da superfície da Terra adquiridas pelo emprego da radiação eletromagnética) e as técnicas de geoprocessamento vêm contribuindo para o mapeamento e a extração automática de APPs (REIS, 2008). Esses produtos geram informações que auxiliam a diagnosticar e mensurar os conflitos de uso e cobertura da terra nas Áreas de Preservação Permanente, assim como atendem à necessidade de informações em diversas escalas, representando um meio viável de delimitação automática e monitoramento para todo o território brasileiro.

## **2.4 Sistemas de Informação Geográfica (SIG)**

A utilização de imagens e de dados derivados de sensores orbitais e de ferramentas disponíveis em Sistemas de Informação Geográfica (SIG), do inglês *Geographic Information Systems* (GIS), tem promovido avanços na identificação de áreas remanescentes de mata e no planejamento de ações conservacionistas (UEZU & JUNIOR, 2012). Alguns pesquisadores vêm desenvolvendo métodos a partir de dados de sensoriamento remoto (SR) e técnicas de geoprocessamento para identificar e delimitar automaticamente as áreas de APPs (MIRANDA, 2008; NOBRE *et al.* 2011).

Durante muito tempo a coleta de informações geográficas era feita apenas em documentos e mapas em papel, o que dificultava muito a análise que combinasse diversos dados. A partir de meados do século passado, o desenvolvimento da tecnologia da Informática tornou possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional

(CÂMARA *et al* 2001). Nessa conjuntura, podemos citar os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) que são auxiliados por computador para adquirir, armazenar e analisar dados geográficos. Aspiazú e Brites (1989), definem SIG como: “*um conjunto de técnicas empregadas na integração e análise de dados provenientes das mais diversas fontes, como imagens fornecidas por satélites (sensoriamento remoto), mapas, cartas climatológicas, censos, e outros*”. Segundo Felgueiras (1987), um SIG é um sistema que tem por finalidade automatizar tarefas realizadas manualmente e facilitar a realização de análises complexas, por meio da integração de dados geocodificados. Eles têm como características principais a capacidade de coletar, armazenar e recuperar informações, além de possibilitar a disponibilidade de programas computacionais para a edição de mapas, textos e gráficos (SANTOS, LOUZADA, & EUGENIO, 2010).

Goodchild e Quattrochi (1997) destacam que os sistemas de informação geográfica (SIG), a exemplo do sensoriamento remoto (SR) e o GPS (*Global Position System*), abriram a possibilidade de trabalhar a paisagem dentro de uma perspectiva multiescalar. Isto significa que os Sistemas de Informações Geográficas facilitaram a manipulação e visualização de informações em diferentes escalas dentro de um mesmo banco de dados geográficos (BDGs) (CRUZ 2013). De acordo com o “Manual Técnico de Uso da Terra” (IBGE, 2006) a escolha da escala depende dos objetivos do trabalho e do tamanho da área a ser mapeada, podendo ser definidos como:

- Mapeamentos exploratórios - escalas entre 1:750.000 a 1:2500.000: usados em programas nacionais de desenvolvimento;
- Mapeamentos de reconhecimento - escalas entre 1:50.000 e 1:750.000: planejamentos regionais (ex: bacias hidrográficas);
- Mapeamentos detalhados: escalas igual ou abaixo de 1:50.000: usados em tratamento de problemas específicos, se restringindo a pequenas áreas (ex: uso e cobertura da terra).

A cobertura da terra é o revestimento da superfície terrestre, relacionado com os meios biótico, abiótico e antrópico, podendo ser uma paisagem natural ou não. O uso é a atividade empreendida pelo homem, desenvolvida com propósito socioeconômico, sobre alguma cobertura. O mapeamento de uso e cobertura da terra é um levantamento que identifica de forma homogênea a tipologia de uso dentro de um determinado espaço, possibilitando a interpretação de elementos naturais e antrópicos na paisagem. Fornecem informações para análises e avaliação de impactos ambientais, como os gerados por desmatamento, mudanças climáticas, além de impactos gerados pela urbanização (REIS, 2008). O que se espera de levantamentos da cobertura e do uso da terra é que eles forneçam informações do território ao maior número possível de usuários, nas mais variadas escalas (regional, estadual e local) de maneira que possam ser comparadas entre si e periodicamente atualizadas (IBGE, 2006).

Um dos métodos utilizados para a análise do uso e cobertura da terra é a fotointerpretação, a qual para Anderson (1982) é o ato de examinar imagens fotográficas com o fim de identificar objetos e determinar seus significados. Segundo Richards (1986), a análise qualitativa nesse processo de interpretação das imagens ou fotografias, depende de atributos espaciais como forma, tamanho, textura, densidade, padrão, forma, cor, tonalidade posição geográfica, declividade, entre outros. Essa identificação visa a associar cada imagem a uma classe distinta (vegetação, área agrícola, edificações, arruamentos, rios, etc.) de acordo com o objetivo do estudo. Segundo Campos (2005), com o mapeamento do uso e cobertura da terra é possível dimensionar o tipo e a intensidade do uso, o que fornece suporte para a tomada de decisões e execução de medidas mitigadoras para o processo de degradação ambiental. O conhecimento sobre o uso da terra ganha importância pela necessidade de

garantir a sua sustentabilidade diante das questões ambientais, sociais e econômicas (IBGE, 2006).

A utilização do arcabouço conceitual, originadas da Ecologia de Paisagem e Geoecologia para entendimento e avaliação do espaço geográfico encontra nos sistemas de informações geográficas – SIG - ferramentas poderosas e extremamente úteis que viabilizam resultados práticos, consistentes e replicáveis, podendo sugerir ações integradas de gestão do espaço geográfico sobre a perspectiva sustentável (RUA, 2007).

## **2.5 Ecologia de Paisagem e Geoecologia**

O termo Ecologia da Paisagem foi cunhado pelo biogeógrafo alemão Carl Troll no final da década de 1930. Interpretando uma paisagem de savana no Leste-Africano com a ajuda de fotografias aéreas, uniu a abordagem funcional (vertical) dos ecologistas com a abordagem espacial (horizontal) dos geógrafos (BASTIAN, 2001). Tratando do tema em uma de suas citações afirma: *"toda biocenose bem característica e marcante é um sistema ecológico onde clima, solo, água, plantas e animais são funcionalmente interligados formando um sistema maravilhosamente integrado"* (TROLL, 1939, *appud* TROPPEMAIR, 1999). Com isso, Troll introduziu o conceito de que a paisagem é um ambiente dinâmico e totalmente interligado e dependente dos seus componentes.

A Ecologia da Paisagem aborda o estudo de padrões da paisagem, as interações entre as suas unidades dentro de um mosaico de paisagens, e como esses padrões e interações mudam durante o tempo (MCGARIGAL & MARKS, 1994). Segundo Forman e Gordon (1986), a Ecologia da Paisagem estuda a estrutura (padrão espacial), função (interações, fluxo de material e energia), e desenvolvimento das paisagens (mudança da estrutura, características e funções através do tempo). De acordo com Turner (2001), os estudos que envolvem a Ecologia da Paisagem podem fornecer subsídios necessários para uma melhor caracterização ambiental, já que se baseiam na premissa de que os padrões dos elementos da paisagem influenciam significativamente os processos ecológicos. A partir destas reflexões podemos discutir que a utilização na prática de seus conceitos auxilia no planejamento do uso da terra visando a sustentabilidade da paisagem.

## **2.6 Bacia Hidrográfica como Unidade Sistêmica**

A bacia hidrográfica pode ser definida pela presença de um conjunto de drenagem que converge toda a água precipitada até o seu ponto mais baixo (AZEVEDO & BARBOSA, 2011). O rio principal de uma bacia é a maior linha de fluxo de água que liga uma nascente ao seu ponto mais baixo, e juntamente com os seus afluentes (drenos secundários) formam a rede de drenagem. A bacia hidrográfica inclui um recorte espacial no relevo que pode apresentar diferentes escalas de desnivelamento altimétrico. À medida que o rio desce o relevo, recebe afluentes maiores e tende a se tornar um rio de ordem mais elevada, podendo fazer parte de outras bacias hidrográficas mais abrangentes. Neste contexto, o comportamento hidrológico do sistema é resultante do ajuste do funcionamento e da forma da bacia de drenagem a um determinado regime de chuvas, regulado pela cobertura vegetal, pelo uso da terra e pelas características físicas do solo e do relevo (MOSAICO AMBIENTAL, 2013).

Em uma visão sistêmica, a bacia hidrográfica é composta pelas inter-relações dos subsistemas social, econômico, demográfico e biofísico. A magnitude das inter-relações irá definir o nível de complexidade e o grau de sobreposição dos subsistemas entre si e determinar o nível de interdependência ou o grau de conflito dos diferentes interesses no sistema (SERIGATTO, 2006). Nesse contexto, as bacias e sub-bacias hidrográficas vêm-se consolidando como compartimentos geográficos coerentes para o planejamento integrado do

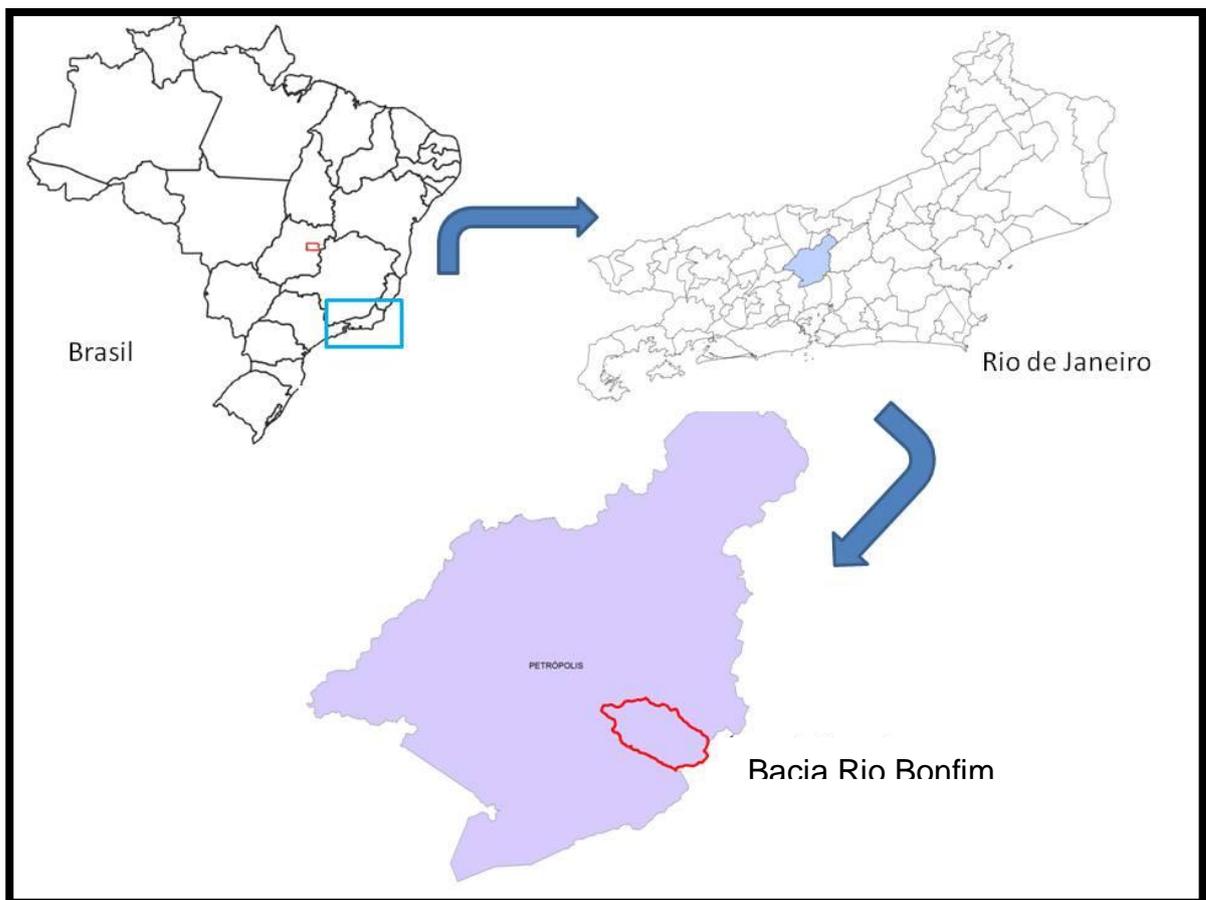
uso e da ocupação dos espaços rurais e urbanos. Moraes e Lorandi (2003) salientam que a adoção da bacia hidrográfica como unidade de estudo e planejamento justifica-se pela busca de um gerenciamento de forma sistêmica e globalizada, proporcionando alternativas de planejamento e manejo mais adequadas à realidade, onde os fatores ambientais devem ser identificados, analisados, ponderados e administrados. A subdivisão de uma bacia hidrográfica de maior ordem em seus componentes (sub-bacias) permite a identificação de problemas difusos, tornando mais fácil a identificação de focos de degradação de recursos naturais (FERNANDES & SILVA, 1994). Essa delimitação facilita também a concretização de projetos de preservação e recuperação de áreas naturais, assim como as Áreas de Preservação Permanente, que possuem um papel muito importante na manutenção dos serviços ambientais dentro de qualquer bacia hidrográfica.

Por essa razão, a nossa intenção é analisar a evolução da ocupação e uso do solo, especialmente nas Áreas de Preservação Permanente dentro de uma área na bacia hidrográfica do rio Bonfim, Rio de Janeiro.

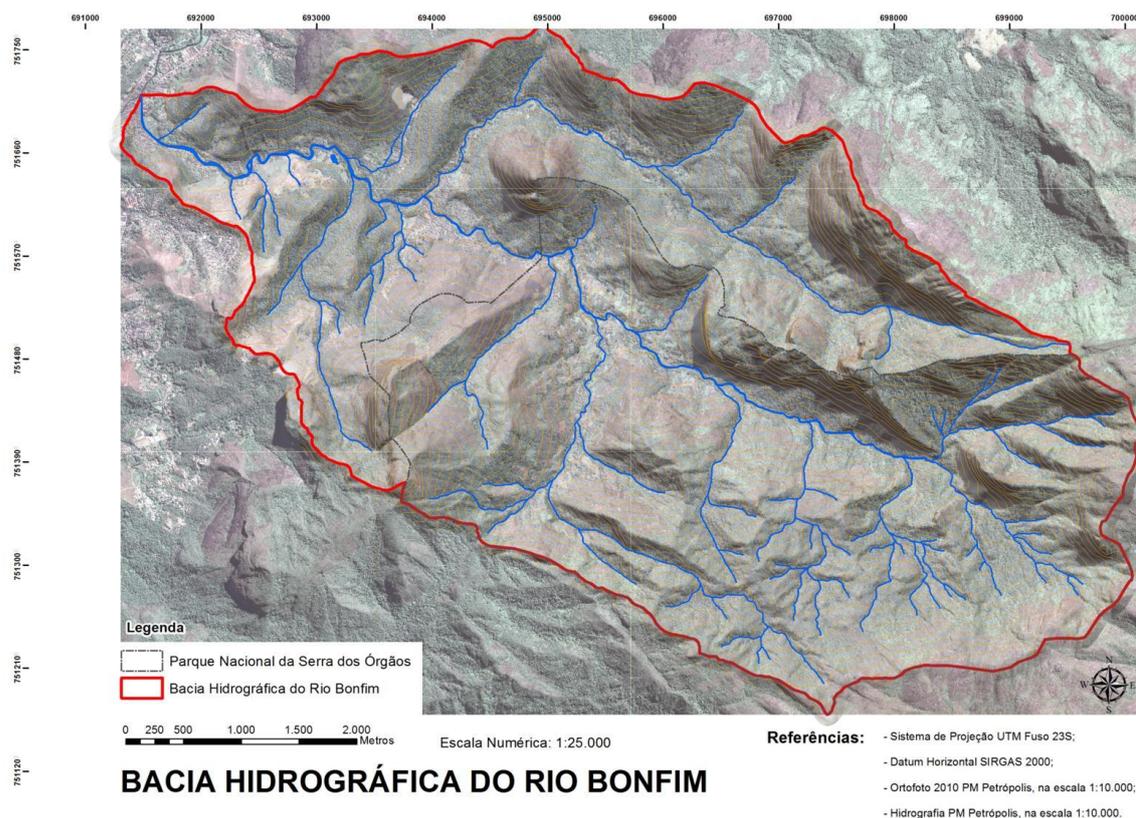
### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo

A área do estudo fica dentro da bacia hidrográfica do Rio Bonfim (Figuras 1 e 2), a qual se situa no distrito de Correas (22°27'16.24''S; 43°06'18.67''O), a aproximadamente 10 km da sede do Município de Petrópolis, Região Serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Esta é umas das sub-bacias do Rio Piabanha, rio de extrema importância no contexto da região serrana, pois possui uma área de drenagem de 2.065 km<sup>2</sup> envolvendo diversos municípios do estado do Rio de Janeiro. A bacia do rio Piabanha também é uma das bacias formadoras do rio Paraíba do Sul, que apresenta os mais expressivos remanescentes da Mata Atlântica (CEIVAP, 2002).



**Figura 1:** Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim, no município de Petrópolis, região serrana do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. (Fonte: arquivo pessoal).



**Figura 2.** Mapa da Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim. (Fonte: arquivo pessoal).

### 3.1.1 Histórico de Petrópolis

A Serra da Estrela, onde atualmente se encontra a cidade de Petrópolis, ficou desconhecida pelos portugueses por praticamente 200 anos desde a colonização do Brasil em 1500. Isso se deu principalmente pelo difícil acesso da região e pela presença dos bravios índios Coroados. Foi somente em 1704 que o Caminho Novo foi aberto pelos bandeirantes paulistas para facilitar o escoamento do ouro vindo de Minas Gerais, dando início ao processo de desenvolvimento da região. Cerca de 130 anos depois, o Imperador Dom Pedro I passando pela região em uma viagem rumo a Minas Gerais, ficou encantado com a exuberância e amenidade do clima, e resolveu adquirir algumas propriedades com o intuito construir um Palácio de Verão. Porém, em 1834 D. Pedro I veio a falecer e Paulo Barbosa da Silva, Mordomo da Casa Imperial, elaborou um plano para fundar o que ele denominou de “Povoação Palácio de Petrópolis”, que compreendia a doação de terras da fazenda imperial aos colonos livres, que iriam não só estabelecer a nova povoação, mas também seriam produtores agrícolas: assim nasceu Petrópolis, com a mentalidade de substituir o trabalho escravo pelo trabalho livre. Já na primeira metade do século XIX começaram a chegar os imigrantes alemães em busca de melhores condições de vida, sendo seguidos por imigrantes de outras nacionalidades que também se estabeleceram na região e deram continuidade ao desenvolvimento da cidade. A cidade de Petrópolis tomou proporção e chegou a se tornar a capital do estado do Rio de Janeiro, mesmo que por pouco tempo (1894-1902). No final do século XIX foram criados os distritos de Cascatinha, Itaipava, Pedro do Rio e São José do Rio Preto, e anexados ao município de Petrópolis (Prefeitura Petrópolis, 2014). Atualmente, São José do Rio Preto não pertence mais ao município, porém o distrito de Posse faz parte do município de Petrópolis. Segundo o CENSO do IBGE de 2010, o município possui pouco mais que 295.000 habitantes,

correspondendo a cerca de 38% do contingente da Região Serrana, sendo que aproximadamente 95% da população reside na zona urbana. O município possui um Índice de Desenvolvimento Humano Municipal de 0,745, e uma área total de 795,798 km<sup>2</sup> (IBGE, 2010).

### 3.1.2 Histórico do Vale do Bonfim

Aqui segue um breve histórico do Vale do Bonfim, baseado nos trabalhos de Rocha (2002; 2007):

No final do século XIX, deu-se a ocupação do vale do Bonfim pela presença da Fazenda Bonfim (“Fazenda da Palha”) pertencente à Família Sampaio, dona do Banco Construtor do Brasil. A propriedade tinha cerca de 5.000 hectares, provavelmente formada por partes reajuntadas da sesmária do Padre Correia. Na fazenda havia criação de bovinos, suínos e aves; produziam-se laticínios, e cultivavam-se hortaliças e frutas. No seu auge do seu funcionamento a fazenda chegou a contar com 180 funcionários. Porém, no início da década de 40, a fazenda Bonfim começou a apresentar sinais de decadência e gradualmente os proprietários foram abandonando a propriedade. Com isso, muitos empregados começaram a se estabelecer nessas terras, iniciando praticas agrícolas e se tornando posseiros da terra com o passar do tempo. Mais tarde, entre os anos de 1960 e 1978, os antigos donos ainda tentaram retomar a posse das terras, porém sem nenhum êxito. Dessa maneira, a comunidade do Bonfim foi se estabelecendo ao longo das gerações e logo no início dos anos de 1980, foi fundada a primeira Associação de Moradores e Produtores para organizar e fortalecer a luta pela manutenção da posse das terras (Figuras 3 e 4).



**Figuras 3 e 4.** Fotos do Vale do Bonfim em abril de 1984 e fevereiro 2009 respectivamente. (Fonte: APMB, 2009).

### 3.1.3 O baixo, o médio e o alto Bonfim

Com o passar das últimas décadas, as comunidades que habitam a bacia hidrográfica do Bonfim se tornaram muito heterogêneas, dividindo-se em três distintas regiões sócio-espaciais: “baixo”, “meio” e “alto” Bonfim. O cenário nas três regiões do Bonfim é marcadamente diferente, baseado na divisão sócio-espacial feita pelos próprios moradores. Essa divisão não possui limites físicos bem representados, então para a discussão, nos basearemos nas demarcações propostas por Lourenço (2010): onde o início do baixo Bonfim se dá na ponte após a placa de sinalização e a contígua Escola Municipal Odette Young Monteiro. O baixo Bonfim inclui a Rua Alexandre Alves Antunes e todas as alamedas dessa até o ponto final da linha do ônibus Bonfim. Nesse ponto inicia-se o meio Bonfim, incluindo a Rua Alexandre Alves Antunes e todas as alamedas dessa até o largo onde está localizado o Posto de Saúde.

Após esse largo, inicia-se o alto Bonfim, incluindo a Estrada do Bonfim e todas as alamedas dessa até os limites com o Parque Nacional da Serra dos Órgãos.

Conhecida como “parte urbana” o baixo Bonfim fica próximo ao centro do distrito de Correias, apresentando altíssima densidade populacional e algumas áreas de crescimento desordenado. As ocupações mais frequentes entre os chefes de família no baixo Bonfim são de vendedores e outros prestadores de serviço, tais como empregada doméstica e jardineiro. No baixo Bonfim também se localizam a Escola Municipal Odette Young Monteiro e a sede da Associação de Moradores, onde se discutem assuntos diversificados, tais como transporte, saneamento e risco social no bairro. A região chamada pelos moradores de “favelinha” ou “meio Bonfim” é uma região de transição entre o baixo e o alto, e sua densidade demográfica não é tão elevada como no baixo, mas há construções irregulares que sugerem o início de um processo de favelização. O Posto de Saúde localiza-se no meio Bonfim, logo antes do início da região alta. Já o alto Bonfim é também conhecido como a “parte rural” (Figura 5) é o berço da ocupação da Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim, e ainda hoje pode-se encontrar as ruínas da casa-sede da fazenda Bonfim, assim como a Igreja Nosso Senhor do Bonfim. Também é local das pousadas e das lavouras de agricultura familiar, sendo que muitos agricultores são descendentes dos empregados da antiga fazenda Bonfim (Lourenço, 2010).



**Figura 5.** Imagens do alto Bonfim. (Fonte: Eduardo Senna e Simone Madalosso, 2013).

Os moradores da área rural pagam Imposto Territorial Rural à Receita Federal, sendo reconhecidos há décadas pelo poder público municipal, estadual e federal como moradores de uma Comunidade. A infraestrutura da comunidade conta com energia elétrica, linha telefônica, correio, uma seção eleitoral, uma Escola Rural conveniada à rede municipal, uma linha de

ônibus e pelo menos duas igrejas (católica e protestante). A área é atravessada por estrada municipal pavimentada com mais de 3 km. (APMB, 2009). A região também é local das reuniões da Associação de Produtores Rurais do Bonfim. Essa associação tem por pauta principal a legalização da terra e a agricultura, e surgiu do fracionamento da antiga Associação de Moradores e Produtores. Apesar de existirem interesses comuns e os produtores serem também moradores, foi criada uma associação de produtores no alto Bonfim e uma associação de moradores na região de baixo, fato que reforça a marcante divisão social na comunidade (PAULINO, 2005). A principal atividade econômica é a olericultura, sendo que todos os dias em média 20 caminhões saem do Bonfim para entregar produtos nos mercados do Rio de Janeiro e de outros municípios do Estado e de Minas Gerais (80.000 unidades/dia de olerícolas; e 20.000 unidades/dia de flores) (APMB, 2009). A produção é razoavelmente diversificada, incluindo: plantas ornamentais; apicultura; fruticultura; ervas medicinais e aromáticas. Além destas, também existe produção de culturas diferenciadas para os padrões da região, como cogumelos *shitake*, laticínios, cachaça, porcos, galinhas, coelhos, cana-de-açúcar, café ou trutas, mas sem representação relevante (MADALOSSO *et al.*, 2013)

No que tange o trato com a terra, há rotação de cultura com descanso curto do solo após ciclos de plantio e colheita em média de dois meses. A adubagem é orgânica, com uso de esterco de animais e restos da colheita anterior que auxilia na fertilização do solo. No entanto, segundo relatos dos agricultores, há uso de fertilizantes químicos para aumento da produtividade e agrotóxicos para evitar pragas. O preparo da terra é realizado com arados mecânicos e a grande maioria da irrigação se dá por aspersão simples, sem controle de vazão ou tempo, variando com relação aos períodos de estiagem e mais chuvosos (LAWALL, 2010). Uma pequena minoria dos agricultores foi contemplada com os projetos de fomento da EMATER e mudaram os métodos de irrigação, utilizando aspersores de alto desempenho (microaspersores). Na parte alta do vale, 71,7% das residências é abastecida por água natural das nascentes da região, e praticamente a totalidade dos moradores (93,8%) utiliza fossas sépticas como esgoto (MADALOSSO *et al.*, 2013). Já na parte baixa do Vale do Bonfim, a maioria das residências (74,1%) são abastecidas pela rede pública municipal de água através da companhia “Águas do Imperador”. Mais da metade dessas famílias (62,1%) utiliza a fossa séptica, e o restante faz uso do sistema municipal de esgoto. Na parte denominada meio Bonfim, as famílias utilizam os dois sistemas (água de nascentes e rede municipal). Destaca-se a existência de um biodigestor na região, construído na década de 1990 (MADALOSSO *et al.*, 2013).

### **3.1.4 Parque Nacional das Serras dos Órgãos**

O Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO) foi criado no governo Getúlio Vargas, pelo Decreto-Lei nº 1822 de 1939, abrangendo uma área de aproximadamente 9.000 hectares situada em parte nos municípios de Magé, Petrópolis e Teresópolis no Estado do Rio de Janeiro (ICMBio, 2007). O PARNASO veio a ser o terceiro parque do Brasil, criado logo após do Parque Nacional Itatiaia (1937) e do Parque Nacional do Iguaçu (1939). Hoje o Parque conta com uma área aproximada de 20.050 hectares, fazendo limites com os municípios de Teresópolis, Petrópolis, Magé e Guapimirim. Devido à sua localização geográfica, o PARNASO sofre uma grande pressão antrópica pelos mais de 700 mil habitantes das cidades do entorno (CORREA, 2009). O Parque Nacional da Serra dos Órgãos teve sua importância reconhecida internacionalmente ao ser incluído na Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, criada no cenário da Conferência Mundial do Meio Ambiente (ECO92). Além do reconhecimento formal da UNESCO, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos é considerado uma importante área para conservação da biodiversidade da Mata Atlântica, bioma caracterizado como uma das Áreas Críticas para Conservação da Biodiversidade Mundial

(*Hotspots*) (MYERS *et al.*, 2000). Dentro desse conceito o PARNASO também é uma das áreas importantes para a conservação das aves em escala global (BENCKE *et al.*, 2006), identificado através da iniciativa global da *Bird Life International* que visa identificar e proteger as áreas mais importantes para a conservação das aves e seus habitats em todo o mundo. Por apresentar uma elevada riqueza de espécies e por se tratar de um centro de endemismo, o PARNASO foi reconhecido também como uma das áreas chaves para a conservação da biodiversidade (KBA – *Key Biodiversity Areas*) (EKEN *et al.* 2004). Isso levou o Ministério do Meio Ambiente a destacá-la também como área prioritária para conservação, sendo apontada ainda como uma das áreas expostas a alta pressão antrópica e prioritária para estabelecimento de corredores ecológicos e manejo de áreas externas à UC. Além disso, a Serra dos Órgãos ocupa uma posição central no Corredor Ecológico da Serra do Mar, definido como uma das áreas estratégicas pelo Projeto Parques e Reservas no âmbito do Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil –PPG7 (BRASIL, 2001).

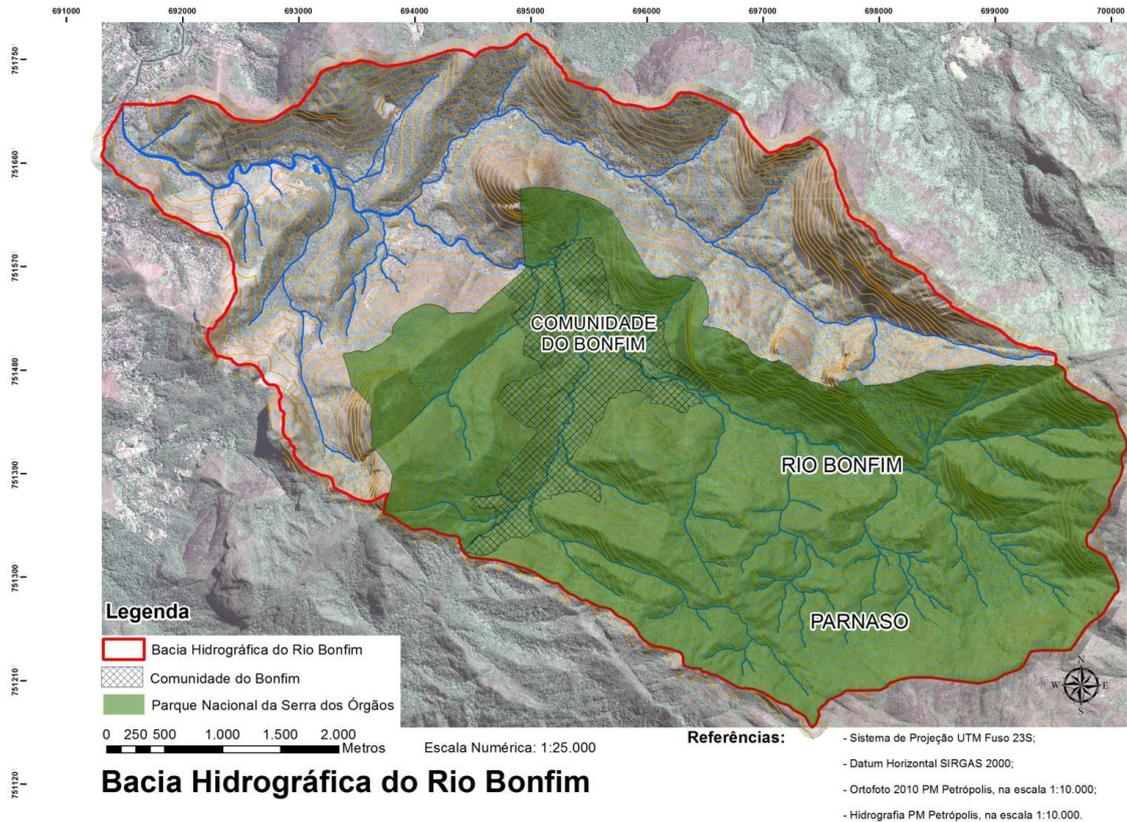
Apesar de sua grande importância biológica, o Parque ainda tem dificuldades de gestão de território, pois a administração tem menos de um terço dos domínios e posses das terras dentro do seu território. Segundo Rocha (2007), existe três situações de conflito: áreas que estão sob a posse do parque, mas sem documentos que comprovem a propriedade da terra; áreas sobre as quais a União adquiriu a propriedade, mas não detém a posse da terra; áreas em que o parque não tem nem a propriedade nem a posse da terra. Nessas situações irregulares encontram-se diferentes modalidades de uso do solo: explorações agropecuárias; áreas residenciais; áreas comerciais; áreas livres de exploração e ocupação direta, mas que não são oficialmente de propriedade da União, entre outras. Ainda segundo o autor, todas elas desrespeitam, em maior ou menor grau, os preceitos desta categoria de unidade de conservação (Parque Nacional) de proteção integral, que não admite o uso direto dos recursos e exige que a propriedade das terras que a compõem a unidade de conservação sejam do Estado. A maior parte dos problemas enfrentados pelo SNUC tem a mesma causa em comum: recursos insuficientes para sua implementação e manutenção, incluindo a criação de novas áreas, pois os recursos alocados são insuficientes e não vêm acompanhando a expansão do sistema (MEDEIROS e YOUNG, 2011).

### **3.1.5 Conflito entre a Comunidade e o PARNASO**

A comunidade do Bonfim, no entorno do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, possui uma história de conflitos de interesse com o PARNASO, tendo início principalmente na época em que houve a inserção da parte rural da comunidade dentro dos limites do Parque. Isso limitou muito o desenvolvimento de atividades, pois a Lei Federal nº 9985 de 2000 que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (BRASIL, 2000), proíbe a permanência de pessoas residindo e fazendo uso dos recursos naturais dentro do território de um Parque Nacional. Aqui se faz um breve histórico desse conflito (ROCHA 2002; 2007; CORREA, 2009).

O PARNASO foi criado em 1934, porém somente a partir de 1984 que se iniciou o processo de delimitação dos limites geográficos. Neste ano, uma equipe do IBDF (Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal) de Brasília concentrou grande parte de suas atividades no município de Petrópolis por ocasião de estudos e negociações para definição dos limites e da tentativa de regularização fundiária do Parque. Em agosto de 1984, grande parte da comunidade do Bonfim (alto Bonfim) foi incluída dentro dos limites do Parnaso (Figura 6). Na ocasião, a região já se encontrava ocupada e explorada, não apresentando atributos naturais que justificassem a sua incorporação àquela unidade de conservação, principalmente porque trazia consigo um grande contingente de pessoas dependentes daqueles recursos. Por outro lado, havia outras áreas incorporáveis mais interessantes no que diz respeito aos aspectos ambientais

e com menos problemas sociais, que foram deixadas fora da unidade. Naquela época, praticamente todas as grandes propriedades da região de Petrópolis, após a



**Figura 6.** Limites atuais do PARNASO, com as áreas urbanizadas referentes à comunidade do vale do Bonfim no seu interior. (Arquivo pessoal).

negociação do IBDF com os eminentes proprietários, tiveram as suas áreas inseridas a partir da cota de 1.500 m. Apenas no Vale do Bonfim (alto Bonfim) onde estava instalada a comunidade, a cota desceu aos 900 m. Só em 1994, com a demarcação dos limites da unidade, ficou efetivamente estabelecido o que estava dentro ou fora do PARNASO, constatando-se que grande parte da comunidade do Vale do Bonfim havia sido inserida. Deste momento em diante a relação da administração do parque com a comunidade tornou se mais tensa. Ocorreu um aumento significativo da insegurança por parte da população local, no que diz respeito à continuidade de seu acesso a terra, e houve o acréscimo das obrigações legais por parte da administração da unidade em relação à área. As restrições impostas a essa categoria de unidade de conservação obrigaram a uma intensificação da fiscalização e impuseram uma relação ambígua, difícil de ser superada, tornando-se impossível conciliar os objetivos da conservação com os da exploração intensiva ali praticada. (ROCHA, 2007). O erro promovido pelo Decreto-lei nº. 90.023/1984 foi reconhecido por documento do Plano de Ação Emergencial do PARNASO, com as seguintes palavras “não foram os agricultores que invadiram a área do Parque, mas sim o próprio Parque, através de sua delimitação estabelecida pelo Decreto-lei nº. 90.023/84, que incluiu estas Comunidades agrícolas dentro de sua área” (O GLOBO, 1984).

Em 2008 foi assinado um novo decreto de ampliação do PARNASO, visando a aumentar as áreas de grande relevância natural, e o Parque passou de 10.527 hectares para 20.024 hectares (VIVEIROS de CASTRO *et al.*, 2008), com isso a área ocupada pela Comunidade Rural do Bonfim (alto Bonfim) passou a ser de 1,53% da área total do Parque, equivalente a 300 hectares (APMB, 2009). No ano de 2013, após pesquisas a documentos

antigos que evidenciavam a orientação técnica do IBDF, avaliações e estudos em consenso com a comunidade local, a administração do parque decidiu por propor a retirada dos limites da UC toda área que apresente uso direto pelos moradores e produtores rurais do Bonfim. Além da comunidade do Bonfim, a comunidade de Barreira também entra dentro dessa desafetação, juntamente com uma área de pasto, considerada de baixa relevância para as estratégias conservacionistas da região. Em contrapartida outras duas áreas com relevantes características naturais, segundo o projeto, serão anexadas à área do Parque. (ICMBio, 2013) (Tabela 1). Cabe ressaltar que o processo de desafetação das comunidades de dentro da área do Parque ainda está em tramitação, podendo levar alguns anos, pois depende de projeto de lei federal. Nesse trabalho utilizaremos os limites atuais do Parque Nacional da Serra dos Órgãos.

**Tabela 1.** Proposta das áreas de inclusão/exclusão do PARNASO. (Fonte: Adaptado da apresentação realizada e disponibilizada pelo chefe do PARNASO, Leandro Goulart na Audiência Pública realizada no dia 13 de julho de 2013, Petrópolis, Rio de Janeiro).

<b>IDENTIFICAÇÃO</b>	<b>SITUAÇÃO</b>	<b>ÁREA (ha)</b>	<b>TOTAL (ha)</b>
Área de Pasto	Exclusão	31,09	
Comunidade da Barreira	Exclusão	6,65	
<b>Comunidade do Bonfim</b>	<b>Exclusão</b>	<b>211,71</b>	249,49
Mata em Áreas Particulares	Inclusão		96,73
Área atual do PARNASO			20.024,00
Área após redelimitação			<b>19.871,28</b>

Durante este processo as comunidades excluídas da área do Parque deverão se guiar por um Termo de Compromisso (ANEXO A), o qual visa à adequação de algumas práticas atuais, dentre elas:

- Área de cultivo agrícola e pousio não poderão se expandir;
- É permitido o uso de agrotóxicos apenas com orientação técnica e dentro das normas legais;
- Atividades turísticas deverão provocar o mínimo impacto ambiental;
- Todos os imóveis deverão ter sistema de tratamento de esgoto.

Após o processo de desafetação, a área será inserida e guiada pelas normas da Área de Preservação Ambiental da Região Serrana de Petrópolis, uma categoria de unidade de conservação menos restritiva, a qual visa o uso sustentável dos recursos naturais. Segundo o material produzido pela Comunidade do Bonfim intitulado “A COMUNIDADE DO BONFIM AMEAÇADA PELO DECRETO-LEI Nº. 90.023/1984” (2009), a passagem do Bonfim de Parque Nacional para Área de Proteção Ambiental resultará em melhoria das condições ambientais em função da conscientização dos moradores e do estabelecimento de ações de proteção e regeneração do local. Tal solução poderia servir de exemplo por ser pacífica, pouco onerosa, socialmente justa e ecologicamente sustentável para situações semelhantes existentes nas áreas de entorno de diversos parques nacionais e estaduais (MADALOSSO *et al.*, 2013)

### 3.1.6 APA Petrópolis

Primeira APA Federal sob a jurisdição do IBAMA, foi criada através do Artigo 6º do Decreto Presidencial Nº 87.561, de setembro de 1982, e delimitada pelo Decreto Nº 527, de 20 de maio de 1992, intitulada Área de Proteção Ambiental da Região Serrana de Petrópolis. A APA Petrópolis possui uma área de aproximadamente de 60.000 hectares, abrangendo quatro municípios da região serrana do Rio de Janeiro: Petrópolis com aproximadamente 70 % do seu território, e Magé, Guapimirim e Duque de Caxias dividindo o restante (IBAMA, 2007). A representatividade da APA Petrópolis no contexto Federal é muito significativa quando analisado o tamanho de sua dimensão dentro da geografia que ocupa no bioma Mata Atlântica. A APA está sujeita a uso e ocupação especial tanto em terras públicas ou particulares, visando o desenvolvimento sustentável e a manutenção e conservação dos ecossistemas. Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC), instituído pela Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, além de outros objetivos, a APA visa principalmente:

- Garantir a preservação do ecossistema da Mata Atlântica, o uso sustentado dos recursos naturais, a conservação do conjunto paisagístico-cultural e promover a melhoria da qualidade de vida humana da região;
- Promover a utilização dos princípios e práticas de conservação da natureza no processo de desenvolvimento;
- Proporcionar meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental;
- Proteger os recursos naturais necessários à subsistência de populações tradicionais, respeitando e valorizando seu conhecimento e sua cultura e promovendo-as social e economicamente.

Visando a um desenvolvimento sustentável, a APA é considerada uma unidade representativa muito importante no que tange à conservação da natureza. Devido à sua posição geográfica, a APA Petrópolis se faz uma zona central para o Corredor de Biodiversidade da Serra do Mar. Formado por uma rede de Unidades de Conservação, reservas e áreas privadas de uso pouco intensivo, o Corredor da Serra do Mar representa maior extensão de Floresta Atlântica contínua, abrangendo os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Em nível regional, a APA faz ligações diretas com três unidades de conservação de proteção integral, o Parque Nacional Serra dos Órgãos, e as Reserva Biológica do Tinguá e de Araras. Além de se conectar com outras unidades de conservação (estaduais, municipais, APAs e Reservas Particulares do Patrimônio Natural), ainda mantém fragmentos de Mata Atlântica no seu interior (IBAMA, 2007).

O Bioma Mata Atlântica foi declarado pela UNESCO como integrante da Reserva Mundial da Biosfera através de Decreto de 1991. Baseado na descrição do Art. 41 do SNUC: “A Reserva da Biosfera é um modelo adotado internacionalmente, de gestão integrada, participativa e sustentável dos recursos naturais, com os objetivos básicos de preservação da diversidade biológica, o desenvolvimento de atividades de pesquisa, o monitoramento ambiental, a educação ambiental, o desenvolvimento sustentável e a melhoria da qualidade de vida das populações” (BRASIL, 2000). A Mata Atlântica também é inserida na lista de *hotspots* do mundo (MYERS *et al.*, 2000). Nessa lista foram identificadas as áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade em escala global, baseando-se especialmente no atual grau de conservação dos biomas, no grau de ameaça e pressão antrópica, na porcentagem de cobertura vegetal e na biodiversidade de espécies endêmicas encontradas no bioma. Ainda dentro do contexto de programas para conservação da biodiversidade, a Aliança para Extinção Zero (*The Alliance for Zero Extinction - AZE*), indicou dois epicentros de extinção dentro da APA

Petrópolis, Sítio Serra do Mar e Sítio Serra dos Órgãos. Essa iniciativa tem a proposta de criar projetos voltados para a conservação de espécies nativas ameaçadas de extinção. A *Birdlife International* também reconheceu a unidade de conservação como um dos centros de endemismo de aves. Entretanto, além de todos os atributos naturais de extrema significância, a APA Petrópolis sofre diretamente com a pressão antrópica, principalmente derivado da ocupação e uso do solo de forma descontrolada (IBAMA, 2007). Muitas encostas de morro foram ocupadas irregularmente, desmatando áreas de preservação permanente e consequentemente, afetando a manutenção dos serviços providos pelo ecossistema e colocando em risco a vida de quem habita essas residências. Vinculado a isso a poluição de mananciais, tanto pela população urbana, quanto pelos habitantes rurais, coloca em risco a saúde e bem estar de todos os habitantes. A paisagem da região da APA apresenta áreas agrícolas instaladas em zonas não propícias para o cultivo, agravando a fragmentação dos remanescentes de mata, aumentando a perda de habitats e resultando no isolamento das manchas de floresta (IBAMA, 2007).

Contudo, cabe destacar o estudo feito por Valverde (2009), que afirma que a APA é uma categoria de unidade de conservação da maior relevância, sendo talvez a mais adequada nas regiões onde a presença humana é dominante, pois permite não só a proteção e conectividade entre as áreas núcleo de biodiversidade – zonas de uso restrito, mas o controle e a regulação sobre a matriz antrópica proporcionados pela gestão integrada e participativa.

### 3.1.7 Vegetação

No início do século passado, a Floresta Ombrófila Densa Montana cobria praticamente todo o município de Petrópolis. Nos dias atuais, as extensões de floresta estão sendo substituídas por culturas e campos antrópicos, e seus remanescentes ficando restritos a áreas protegidas e terrenos acidentados (IBAMA, 2007). Em relação à vegetação característica da região onde está inserida a Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim, podemos dividir as áreas de floresta baseadas nos seus diferentes estágios sucessionais: florestas secundárias em estágio inicial, mediano e avançado, florestas primárias e vegetação rupestre.

Algumas áreas abandonadas, principalmente no baixo e médio Bonfim, onde houve uma intensa pressão antrópica (áreas agrícolas), encontramos trechos de mata em transição em diferentes estágios sucessionais. As espécies têm características em comum, como rápido crescimento e ciclo biológico curto, apresentando fisionomias graminóides, herbáceas e arbustivas. Em trechos secundários que exibem um estrato arbóreo já formado, a vegetação pode variar entre 5-12 metros de altura, com presença de sub-bosque, trepadeiras lenhosas, serapilheira e plântulas. Em áreas onde a regeneração já está em uma fase mais avançada, a exemplo do alto curso do rio Bonfim, encontramos uma cobertura vegetal florestal por replantio pós-ciclo intensivo de produção agrícola, com média de 25 anos de regeneração (LAWALL, 2010).

Em alguns locais onde ainda existe alto grau de conservação da vegetação, como em locais de grandes altitudes dentro do PARNASO (ICMBio, 2007), podem ser encontradas florestas primárias que abrigam espécimes de árvores como canelas (*Cryptocarya saligna*, *Nectandra anomala*, *Ocotea puberula*), e espécies de grande porte como *Alchornea triplinervia* (tápia) e *Virola oleifera* (bicuíba) (IBAMA, 2007). A vegetação denominada rupestre se forma em um solo raso, caracterizada basicamente por gramíneas e ervas podendo apresentar vegetação arbustiva (onde o solo é mais desenvolvido). São ambientes extremamente frágeis com camadas de solos muito rasos sujeitos às ações do intemperismo, onde se criam microambientes favoráveis para organismos que dão início ao processo de sucessão vegetal primária. Em ambiente semelhante, onde prevalece a presença de afloramentos rochosos, diversifica-se uma flora representada por populações de bromélias, musgos, líquens, orquídeas,

samambaias e gramíneas. Na parte mais alta da Bacia Hidrográfica do Bonfim, essas formações são muito comuns onde os afloramentos rochosos são formações características da paisagem do vale.

A bacia Hidrográfica do Rio Bonfim tem uma importante representatividade como conexão florestal das áreas baixas da APA Petrópolis com o início do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Apesar de algumas áreas do vale sofrerem impactos antrópicos intensos afetando a composição da vegetação, o Parque Nacional da Serra dos Órgãos ainda apresenta uma vegetação muito conservada, com trechos de matas primárias e matas secundárias bem evoluídas, contando com aproximadamente 2.668 espécies (ICMBio, 2007). Essa composição florestal preservada pode vir a ser uma importante ferramenta de recomposição florestal para o vale, já que fragmentos florestais conservados auxiliam no processo de regeneração das áreas de floresta adjacentes, pois agem como fontes de propágulos através da disseminação de sementes e ajudam a criar um microclima favorável acelerando a sucessão vegetal.

### 3.1.8 Fauna

A região da Serra dos Órgãos é definida como uma das áreas prioritárias para conservação no país por possuir grandes extensões de remanescentes da Floresta Atlântica. Isso se dá principalmente pelas características de sua geografia e pelo conjunto de unidades de conservação que formam o Mosaico de Unidades de Conservação da Serra do Mar. Porém, fora dessas áreas protegidas a forte pressão antrópica aumenta a degradação ambiental descaracterizando a vegetação e deixando a fauna nativa bastante vulnerável. A ocupação irregular das encostas, uma situação cada vez mais comum na região da Serra, assim como o descaso com a conservação das Áreas de Preservação Permanente (APP), reflete negativamente nas características da mata nativa, nos cursos d'água e na fauna dependente desses ecossistemas. Segundo o Plano de Manejo da APA Petrópolis (2007), não há fragmentos em condições de oferecer habitat para espécies especialistas, exceto nas maiores áreas de proteção integral (Reserva Biológica Araras e o Parque Nacional da Serra dos Órgãos). Fora dessas grandes áreas, a fauna ainda é muito dependente das APPs e dos corredores ecológicos formados por fragmentos. Esse é o caso da Bacia do Rio Bonfim, que por conter duas Unidades de Conservação, PARNASO e APA Petrópolis, se faz um ponto estratégico para a transição da fauna que cruza dentro do Mosaico de Unidades de Conservação Fluminense. Apesar dos problemas descritos e das lacunas de conhecimento frente a esse assunto, uma lista de espécies nativas ainda pode ser encontrada na região do entorno do Bonfim. A lista a seguir se baseia principalmente no Plano de Manejo da APA Petrópolis e do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (levando em consideração que a taxonomia de alguns taxa listados abaixo podem ter sofrido mudanças desde a publicação desses documentos, assim como o seu status de conservação):

#### - Mastofauna:

O Parque Nacional das Serras dos Órgãos identificou dentro dos seus limites, 83 espécies de mamíferos, sendo que 21 destas espécies estão globalmente ameaçadas de extinção (IUCN, 2006). Vale destacar a ocorrência do maior primata da América do sul, conhecido como muriqui (*Brachyteles arachnoides*), o qual já era considerado extinto no estado do Rio de Janeiro, e foi registrado no PARNASO no ano de 2002 (GARCIA & ANDRADE-FILHO, 2002).

#### **- Herpetofauna:**

Foram listadas 131 espécies de anfíbios para a região da APA Petrópolis (IBAMA, 2007) e 102 espécies para o PARNASO. Esta riqueza de espécies em uma área relativamente pequena (106 km<sup>2</sup>) coloca a Serra dos Órgãos como uma das áreas de maior diversidade do mundo para esta classe (ICMBio, 2007). Entretanto, existe uma lacuna grande de conhecimento referente à biologia geral e distribuição de répteis na região da Serra do Rio de Janeiro. Apesar disso, foram listadas 29 espécies de répteis na APA Petrópolis e 82 espécies de répteis para o PARNASO (IBAMA, 2007).

#### **- Avifauna:**

Em relação à avifauna, o PARNASO é a região com mais espécies registradas na Mata Atlântica, com 462 espécies de aves (MALLET-RODRIGUES *et al.*, 2007), e um importante centro de endemismo com 142 das 217 espécies endêmicas da Floresta Atlântica (BENCKE *et al.*, 2006; MALLET-RODRIGUES *et al.*, 2007). Entre elas 51 espécies constam da Lista de Espécies Ameaçadas (IUCN, 2006).

#### **- Ictiofauna:**

Os rios do interior da APA Petrópolis são muito semelhantes entre si, com predominância de cursos d'água relativamente pequenos, apresentando em média 2 a 3 m de largura e pouca profundidade (cerca de 0,5 m), substrato com rochas, pedras e areia, água transparente, e vegetação marginal muito bem preservada (IBAMA, 2007). Essas características são comuns ao Rio Bonfim, o que define uma estrutura de comunidade de peixes típica de nascentes, apresentando riqueza baixa, com predominância de espécies de pequeno porte e com presença marcante de espécies adaptadas à vida em cabeceiras como os cascudos (*Kronichthys sp.*), pequenos bagres (*Trichomycterus sp.*) e lambaris (*Bryconamericus sp.*). As condições ambientais das cabeceiras dos cursos d'água no interior da APA Petrópolis são muito boas, a mata está bem preservada e a água apresenta boa qualidade. No entanto, à medida que os rios vão atingindo seu curso médio e baixo (a exemplo do médio e baixo Bonfim), têm sido frequente alvo de despejo de poluentes domésticos e de construções de moradias junto às margens dos rios com a consequente retirada da vegetação marginal. Isso diminui a disponibilidade de alimentos e de habitats para a ictiofauna, podendo levar ao assoreamento dos leitos, alterando microhabitats e diminuindo a oferta de alimento para peixes bentívoros. O rio Piabanha é o principal corpo hídrico receptor de todos os despejos domésticos e industriais do município de Petrópolis, curiosamente o seu nome provém de um peixe, piabanha (*Brycon insignes*), de grande porte que, lamentavelmente, é raríssimo de se encontrar nas suas águas (IBAMA, 2007).

### **3.1.9 Geologia**

Em relação aos solos, a sua diversificação e distribuição está intimamente relacionada às áreas de relevo mais proeminente e ao desenho do tipo montanhoso e escarpado. Podem ser identificadas três classes principais na Bacia do Bonfim: Neossolos Litólicos, Cambiossolos, e Latossolos (ICMBio, 2007). Os Neossolos Litólicos ocorrem em áreas de transição entre os afloramentos rochosos e os Cambiossolos, em locais de cotas elevadas do relevo montanhoso e escarpado. São muito susceptíveis aos processos de erosão, e pouco desenvolvidos, com pequena espessura e contato lítico dentro de 50 cm da superfície. São dispersores de fluxo e possuem fertilidade muito baixa, dependendo quase que exclusivamente do material de origem, aporte de matéria orgânica e ciclagem superficial de nutrientes. Os Cambiossolos podem ser encontrados em várias situações dentro da paisagem, porém ocorrem mais comumente nos compartimentos de relevo e nas vertentes com maior declividade, por essa razão possuem

erodibilidade elevada. Já os latossolos encontram-se em áreas com declividade moderada e possuem variados horizontes superficiais conforme as condições de incorporação e estabilização de matéria orgânica, conferindo condições diferenciadas de fertilidade dependendo da profundidade do solo. No que concerne a erodibilidade, os latossolos apresentam, a princípio, baixa susceptibilidade à erosão, entretanto os deslizamentos de terra não são raros em razão do contraste entre as taxas de infiltração diferenciadas. As mudanças no tipo de uso e cobertura do solo acarretam severas mudanças nas propriedades físicas dos solos dificultando uma das suas maiores funções, a condução de fluxos. A relação entre degradação e falta de manejo adequado é diretamente proporcional à intensidade dos impactos sofridos pelos solos, e estes tornam-se potencialmente mais afetados quando em ambientes serranos pela própria ação gravitacional (LAWALL, 2010). Portanto, dependendo da declividade da encosta e do grau de conservação, deve-se adotar rotineiramente o manejo e a tomada de ações corretivas, visando à estabilidade das encostas e a conservação dos solos a elas associados (ICMBio, 2007).

### **3.1.10 Topografia**

A morfologia geral está intimamente relacionada com as características litoestruturais das rochas e às condições climáticas da região. Grandes declives são componentes naturais de paisagem e tem grande importância por caracterizar-se em áreas de dispersão de fluxos hidrológicos, a exemplo da bacia do Rio Bonfim. Classificada como uma região típica da Serra dos Órgãos apresenta colinas, vales, zonas montanhosas escarpadas de declividade acentuada, com predomínio de vertentes convexas e retilíneas, e grandes maciços arredondados de rochas aflorantes (GOULART, 1999). No alto Bonfim a altitude varia entre 910 a 1.405 metros e declividade entre 0° a 45°, onde um lado da sua encosta a declividade é maior, diferenciado por uma ruptura abrupta com paredões rochosos subverticais (OLIVEIRA & SILVA, 2005). Porém na Bacia Hidrográfica do rio Bonfim, dentro do território do Parque Nacional das Serras dos Órgãos, existem pontos com até 2.250 metros de altitude. O acentuado relevo se deve às falhas geológicas, que formam as grandes escarpas rochosas, e a maior resistência ao desgaste do granito em relação ao gnaisse (IBAMA, 2007). O gnaisse possui uma estrutura planar bem desenvolvida, o que favorece a passagem da água pela rocha resultando na sua degradação. Como o granito se encontra por cima do gnaisse, este fica preservado nos pontos mais altos dos morros, enquanto que o gnaisse se desgasta mais rapidamente, esculpindo de forma espetacular os monumentos geológicos da Serra dos Órgãos. Dentre os afloramentos rochosos que delimitam a bacia podemos citar a Pedra do Sino (2.263m) e a Pedra do Açu (2.230m) que são explorados pelo turismo de aventura – (ICMBio, 2007).

### **3.1.11 Clima**

O clima tropical de altitude é preponderante sobre a Serra do Mar. Segundo Goulart, 1999, a média anual de precipitação da Bacia do Bonfim ultrapassa 2000 mm, decrescendo para 1.300 mm no baixo curso do rio. A precipitação máxima acontece na estação do verão (dezembro-fevereiro) e pode chegar a 900mm nos períodos menos chuvosos entre abril e agosto. A média anual da temperatura oscila entre 13° e 23°C, entretanto temperaturas inferiores a 10°C são comuns entre o outono e inverno, já nos meses mais quentes temperatura acima de 30°C ocorrem eventualmente (IBAMA, 2007).

### 3.1.12 Hidrologia

O rio Piabanha possui extensão de 75 km e passa por Petrópolis e Teresópolis, no Estado do Rio de Janeiro. A Bacia Hidrográfica do Bonfim, localizada na Região Serrana nos limites do distrito de Correias, município de Petrópolis, integra uma das sub-bacias do rio Piabanha. O sistema que abastece a localidade de Correias, utiliza como manancial o rio Bonfim, que desde sua nascente na Serra dos Órgãos até a sua confluência com seu tributário, o rio Poço do Ferreira, percorre cerca de 7km mantendo sempre uma direção predominante SE-NW (ICMBio, 2007). A Área de Proteção Ambiental de Petrópolis dispõe, nas vertentes das serras dos Órgãos e do Couto, de rios de porte expressivo em sua maioria, e são utilizados como receptáculo dos esgotos sem tratamento e, portanto sem condições de potabilidade que permita o seu aproveitamento para abastecimento de água para a cidade, irrigação ou lazer. O rio Bonfim, assim como mananciais dos sistemas de abastecimento de Itaipava, Cascatinha, Nogueira e Correias, já se encontram poluídos devido à presença de numerosas habitações e áreas de atividades agrícolas ao longo de seu curso, que lançam os seus esgotos a montante das captações de água da Companhia “Águas do Imperador” (IBAMA, 2007). A preservação ambiental das áreas a montante e ao longo dos mananciais, e a proteção contra o lançamento de detritos em seu leito, assumem importância capital para garantir a qualidade de vida, uma vez que são escassos na região os cursos d'água com disponibilidade hídrica, em condições de serem aproveitados para o abastecimento humano. A manutenção da cobertura vegetal nativa das bacias contribuintes a esses mananciais evitará a erosão do solo e o seu carreamento para os cursos d'água, bem como permitirá uma maior retenção dos volumes d'água precipitados, aumentando as descargas de base dos rios (LAWALL, 2010).

### 3.2 Metodologia

A abordagem do trabalho tem foco na análise estrutural da paisagem, e neste sentido foram conduzidos estudos para visualizar a evolução do uso do solo e cobertura vegetal em um período de 45 anos, assim como identificar as Áreas de Preservação Permanente e discutir a legislação ambiental de uma área dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim. A metodologia se baseou na coleta de dados de Sensoriamento Remoto, cartografia e fotogrametria, a exemplo das ortofotos digitais e dados geoespaciais vetoriais e atributos correlacionados provenientes do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), Prefeitura de Petrópolis e das empresas Embraero e Mosaico Ambiental. O software ArcGIS versão 10.1® da Environmental System Research Institute - ESRI foi utilizado para o armazenamento dos dados, como também para a análise das ortofotos e formulação dos mapas (ArcMap); o software Microsoft Office Excel 2007 foi empregado na formatação de tabelas e gráficos.

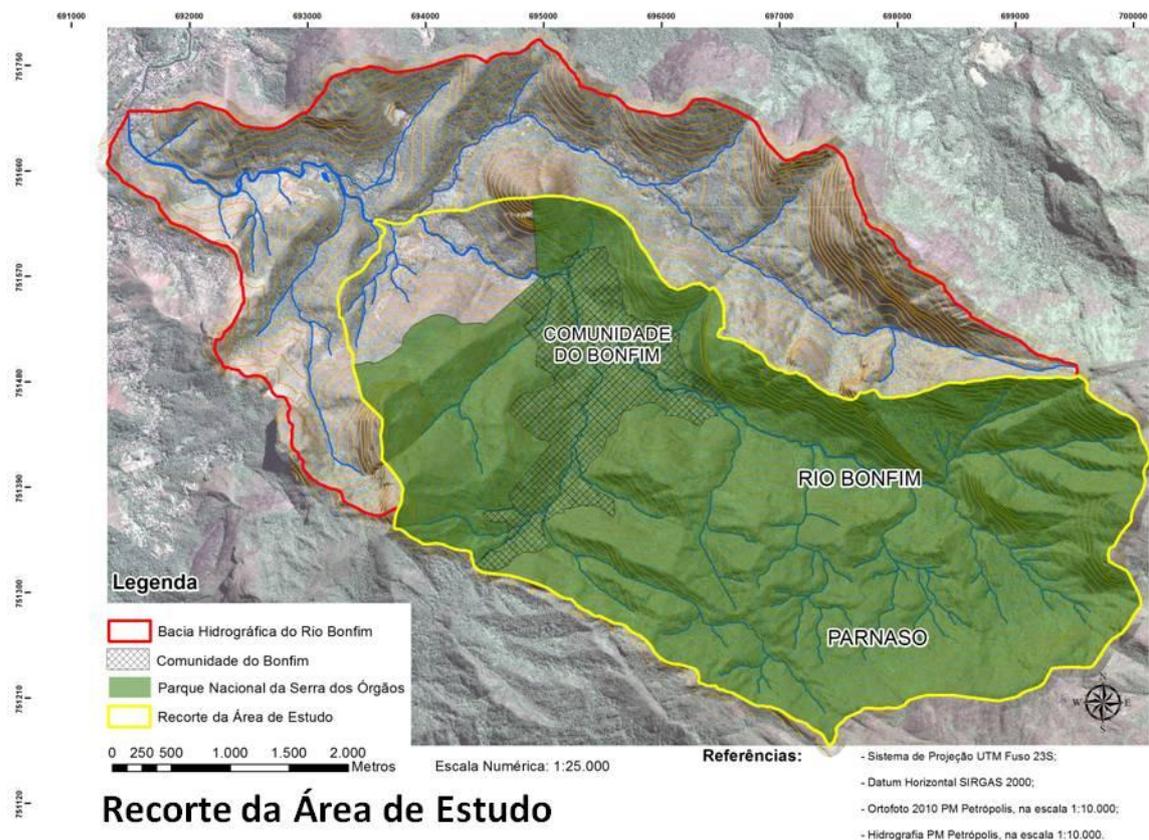
#### 3.2.1 Base cartográfica

A base cartográfica digital, apresentada no formato *shapefile*, com informações sobre a hidrografia, limite da bacia, relevo, curvas de nível, vias, unidades de conservação e limites dos municípios foi cedida pela empresa Embraero. Essa cartografia básica se apresenta em escala de 1:10.000 para a área de todo o município de Petrópolis, o que facilita a observação em maior detalhe e favorece o planejamento territorial. Para a formulação do estudo foram utilizadas ortofotos dos anos de 1965, 1975, 1994, 1999, 2003, 2006, e mosaico de imagens de satélite *Goeye* (extraídas do sistema *Google Earth* e georreferenciadas) para o ano de 2010. As imagens já se encontravam georreferenciadas para o sistema de coordenadas UTM: Zona 23 S e Datum: horizontal SIRGAS 2000. Uma Base de Dados Geoespaciais (BDG) foi desenvolvida em um formato de diretórios contendo dez categorias temáticas de geodados (ortofotos,

hidrografia, bacias hidrográficas, pontos de captação de água, curvas de nível, unidades de conservação, áreas de preservação permanente, sistema viário, vegetação e uso do solo). O intervalo de escalas básico de apresentação das informações cartográficas desta BDG está entre 1:2.000 e 1:10.000.

### 3.2.2 Recorte da área de estudo

No software ArcGIS 10.1, a extensão *shapefile* dos limites da bacia hidrográfica do rio Bonfim foi sobreposta sobre todas as ortofotos retificadas para se delimitar o recorte da área de estudo. Algumas ortofotos continham informações de uma área um pouco menor a da extensão total da Bacia, por essa razão, um recorte teve de ser feito em vista de uniformizar a área de análise para todos os anos. Para esse processo, utilizaram-se os limites da Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim como máscara em vista de segmentar uma área comum em todas as imagens. Abaixo segue o recorte da área de estudo:

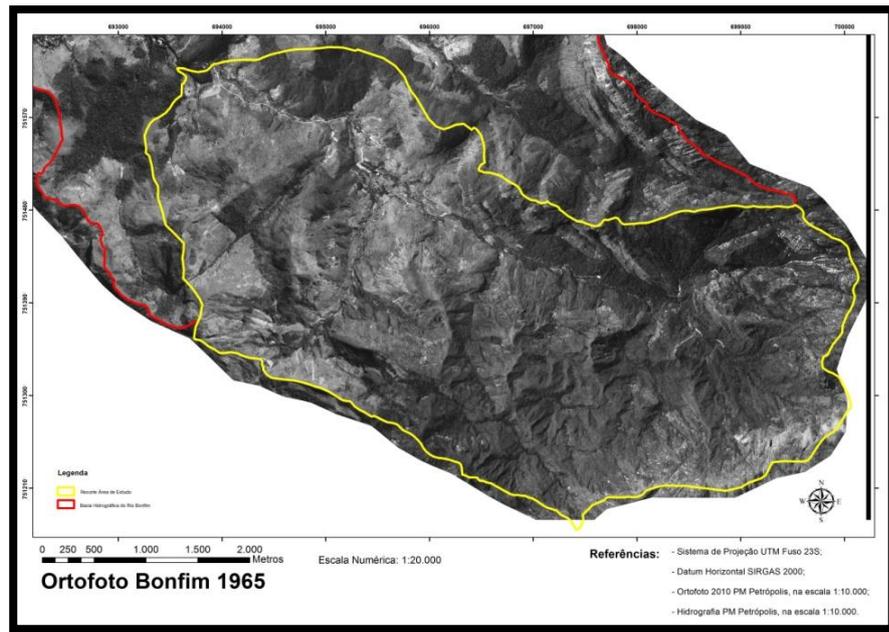


**Figura 7.** Recorte da área de estudo. Área dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim. (Fonte: arquivo pessoal).

O recorte da área de estudo abrange 1876,76 hectares, aproximadamente 62% da área total da Bacia Hidrográfica do rio Bonfim (3030,75 hectares). Com a delimitação obteve-se uma área bastante abrangente dentro do contexto comunitário do médio e alto Bonfim, justamente as regiões dentro da Bacia que dispõem de maior diversidade de uso e cobertura da terra ao longo dos anos.

### 3.2.3 Mapeamento de uso e cobertura da terra

O mapeamento de uso e cobertura da terra tem a finalidade de identificar a tipologia de uso dentro da área de estudo, possibilitando a interpretação dos elementos que constituem a paisagem, tanto antrópicos quanto naturais, se fazendo uma importante ferramenta para entender a evolução histórica do território e definir padrões auxiliando no planejamento estratégico futuro. O presente estudo se baseou na fotointerpretação de sete imagens dos anos de 1965, 1975, 1994, 1999, 2003, 2006 e 2010, em uma escala variando de 1:2.000 e 1:10.000, para a formulação de mapas de uso e cobertura da terra em uma área dentro da bacia hidrográfica do rio Bonfim (Figuras 8 e 9).



**Figuras 8 e 9:** Exemplo de ortofotos utilizadas da Bacia do Rio Bonfim dos anos de 1965 e 2010. Em amarelo a área estudada. (Fontes: EMBRAERO, 2014)

A escolha do método de fotointerpretação levou em consideração o trabalho de Anderson (1982), que define que: “a fotointerpretação é o ato de examinar imagens fotográficas com o fim de identificar objetos e determinar seus significados”. A partir dessa descrição qualitativa da imagem, levou-se em conta alguns detalhes que foram destacados no processo de análise das fotos, como textura, tamanho, densidade, forma, padrão, cor, tonalidade, posição geográfica e declividade. A interpretação visual de ortofotografias no ambiente ArcGIS (ArcMap) dos sete anos permitiu distinguir oito classes (Quadro 1) baseadas no conjunto mínimo expressivo de classes referentes ao uso e cobertura do solo, assim como na identificação viável de cada classe em cada uma das imagens ou em fontes secundárias de informação (fotos, relatórios, referências bibliográficas), e na relevância com o conteúdo discutido no trabalho. As informações detectadas visualmente em cada imagem foram vetorizadas no software ArcGIS 10.1, gerando polígonos para cada uma das classes distintas, contendo uma tabela de atributos com informações sobre o tipo da classe e o valor da sua área. Os polígonos foram identificados nas imagens dos anos 1965, 1975, 1994, 1999, 2003, 2006 e 2010 segundo as classes abaixo:

**Quadro 1.** Classificação da cobertura e do uso da terra. Adaptado do Manual Técnico da Vegetação Brasileira (1992) e do Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2006) (Continua.).

<b>1- Afloramento Rochoso / Vegetação Rupestre (Af/Vr)</b>	Litologia aparente, rochas totalmente ou parcialmente expostas / Vegetação sobre o substrato rochoso.
<b>2- Campos de Altitude (Ca)</b>	Estrato predominantemente arbustivo, esparsamente distribuído sobre um tapete gramíneo-lenhoso em altitudes acima de 1500 metros.
<b>3- Florestas em Estágio Avançado e Médio de Sucessão (Fam)</b>	Floresta Ombrófila Densa em bom estado de conservação, em alguns pontos presença de fragmentos florestais espontâneos secundários.
<b>4- Florestas em Estágio Inicial de Sucessão (Fi)</b>	Floresta Ombrófila Densa com baixa diversidade e sem definição de estratos florestais.
<b>5- Gramíneas (Ga)</b>	Áreas dominadas por vegetação rasteira, em geral gramíneas (Família Poaceae).

<b>6- Áreas Agrícolas (Aa)</b>	Terras cultivadas ou de descanso, lavouras temporárias ou perenes, pastagens plantadas e silvicultura.
<b>7- Estradas (Est)</b>	Arruamentos e rodovias.
<b>8- Áreas Urbanas (Au)</b>	Áreas de uso intensivo estruturadas por edificações e sistema viário, onde predominam as superfícies artificiais não agrícolas (vilas e áreas urbanas isoladas).

Após o processo de classificação dos polígonos nas classes indicadas, ainda no ambiente ArcGIS, foram gerados mapas de uso do solo e cobertura da vegetal referente aos sete anos analisados. Calculou-se também a área total de cada classe e sua porcentagem referente à totalidade da área de estudo.

Baseado em relatório de campo (MADALOSSO *et al.*, 2013), onde foram levantados e mapeados os pontos e as estruturas de captação, de armazenamento e de distribuição da água na vale do Bonfim, foi possível obter as coordenadas geográficas das nascentes, assim como os pontos de captação da água. Esses dados foram inseridos no ArcGIS 10.1, o que auxiliou na geração de um mapa de hidrografia mais completo, proporcionando melhor entendimento da evolução das Áreas de Preservação Permanente.

### **3.2.4 Mapeamento da legislação ambiental**

O objetivo principal refere-se à análise da Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012). Porém, com intenção de ampliar a discussão sobre as limitações e potencialidades da área de estudo, foi incluído o mapeamento das áreas que sofrem incidência das seguintes leis ambientais: Sistema Nacional de Unidades de Conservação, ou seja, áreas que se encontram dentro dos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (Criado em 30 de novembro de 1939 pelo Decreto Federal nº 1.822, e redelimitado pelo Decreto Federal 90.023/1984); e Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428, de 22 de Dezembro de 2006).

#### **3.2.4.1 Lei de proteção da vegetação nativa (Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012)**

Para a análise das delimitações impostas pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Áreas de Preservação Permanente) ao longo dos sete anos estudados, foi necessário adotar quatro métodos para as diferentes exigências:

- Delimitação ao redor dos cursos d'água (APP-1):

A base de dados utilizados foi o mapeamento de uso e cobertura gerado para todos os anos analisados e a base vetorial cartográfica de hidrografia na escala 1:50.000 do IBGE. Com a ferramenta de geoprocessamento no software ArcGis 10.1, foi delimitada uma área de influência (*buffer*) de 30 metros para rios ou canais de até 10 metros de largura seguindo os parâmetros da lei. No caso da área de estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim, todos os cursos d'água se encontram dentro dessa faixa.

- Delimitações nas nascentes (APP-2)

Em relação à proteção das nascentes a lei define uma área de influência de 50 metros de raio. Para a delimitação das nascentes dos rios e córregos foram utilizados os mapas de cobertura e uso da terra para cada ano analisado, juntamente com base vetorial cartográfica de hidrografia (1:50.000 do IBGE) complementada com coordenadas geográficas dos pontos de captação e nascente, disponível no trabalho de MADALOSSO *et al.*(2013). Nessa etapa foram utilizadas técnicas de geoprocessamento para retirar os vértices de cada fração do rio com a ferramenta *end point* (Arcinfo), salvando apenas os vértices que correspondiam às nascentes. Logo após, foi incorporada a área de influência de 50 metros de raio utilizando a ferramenta *buffer* (ArcToolbox) ainda no ambiente ArcGIS.

- Declividade acima de 45° (APP-3):

As áreas com declividade acima de 45° são protegidas por lei. Para realizar as delimitações deste tipo de Área de Preservação Permanente dentro da área de estudo foi utilizado o Modelo Digital de Elevação (MDE), o qual processado dentro do ambiente ArcGIS 10.1, permitiu a análise digital de feições do relevo para a área dentro da Bacia. Em seguida, com a criação do mapa de declividade foram selecionadas as áreas que possuíam valores acima de 45°, tendo como produto final o mapa das APP-3.

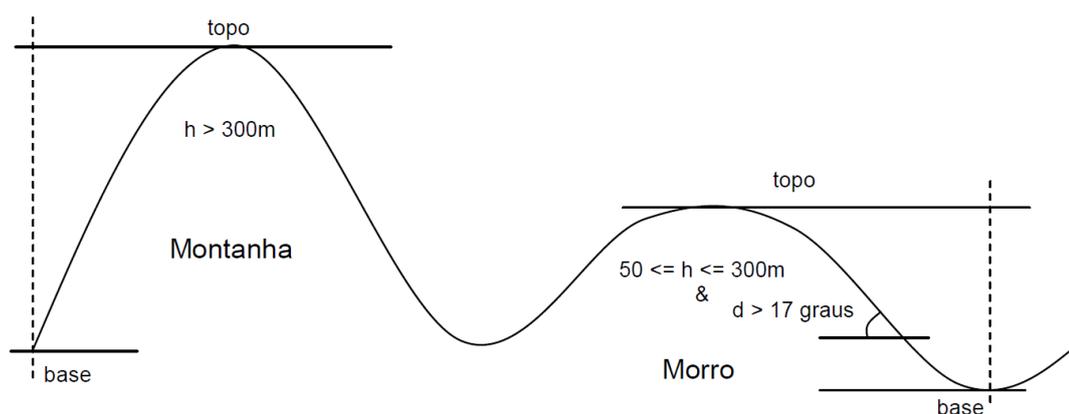
- Topos de Morro e Linha Cumeada (APP-4):

Para identificar as Áreas de Preservação Permanente de Topos de Morro e Linha Cumeada, foi necessário primeiramente entender o conceito de morro e montanha, que a Resolução CONAMA n. 302/2002 define como:

- Morro: elevação do terreno com cota do topo em relação a base entre cinquenta e trezentos metros, e encostas com declividade superior a trinta por cento (aproximadamente dezessete graus) na linha de maior declividade;

- Montanha: elevação do terreno com cota em relação à base superior a trezentos metros;

- Base de morro ou montanha: plano horizontal definido por planície ou superfície de lençol d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota da depressão mais baixa ao seu redor (Figura 11).



**Figura 10.** Definição de Montanha e Morro segundo a Resolução CONAMA nº. 302/2002 (Fonte: REIS, 2008).

Em relação às Áreas de Preservação Permanente, a legislação define que: “Na ocorrência de dois ou mais morros ou montanhas, cujos cumes estejam separados entre si por distâncias inferiores a quinhentos metros, a Área de Preservação Permanente abrangerá o conjunto de morros ou montanhas, delimitada a partir da curva de nível correspondente a dois terços da altura em relação à base do morro ou montanha de menor altura do conjunto”. Em outras palavras, serão consideradas APPs as partes superiores correspondentes a 1/3 da altura dos morros ou montanhas, calculada a partir da diferença entre seu ponto mais alto e sua base (cota da depressão mais baixa ao seu redor). Para identificar as Áreas de Preservação Permanente que se encaixavam nesses quesitos, foi analisado a partir das curvas de nível da área de estudo dentro do ambiente ArcGIS 10.1, os pontos mais altos dos morros e montanhas e seus pontos de base mais baixos. Com isso, foi possível calcular a diferença de valores de altitude, e assim definir o tamanho do terço superior correspondente a APP de cada de morro ou montanha. Também foram incluídas aquelas áreas que se encontravam acima de 1.800 metros de altitude, que segundo a legislação também se caracterizam como APPs.

Por meio da sobreposição de todos os tipos de Áreas de Preservação Permanente (APP-1, APP-2, APP-3, APP-4), foi criado um mapa identificando as áreas protegidas para a Bacia Hidrográfica do Bonfim. Seguindo a mesma metodologia, cruzamos o mapa das Áreas de Preservação Permanente com o do Uso e Ocupação do solo para os anos de 1965, 1975, 1994, 1999, 2003, 2006 e 2010, com o intuito de identificar quais eram os tipos de cobertura e uso do solo que se encontravam em Áreas de Preservação Permanente.

#### **3.2.4.2 Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC)**

Foi feito a espacialização dos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, segundo o decreto Decreto Federal 90.023/1984, o qual influencia diretamente nas políticas de expansão e controle fundiário, pois por se tratar de uma unidade de conservação integral que proíbe o desenvolvimento de comunidades dentro dos seus limites.

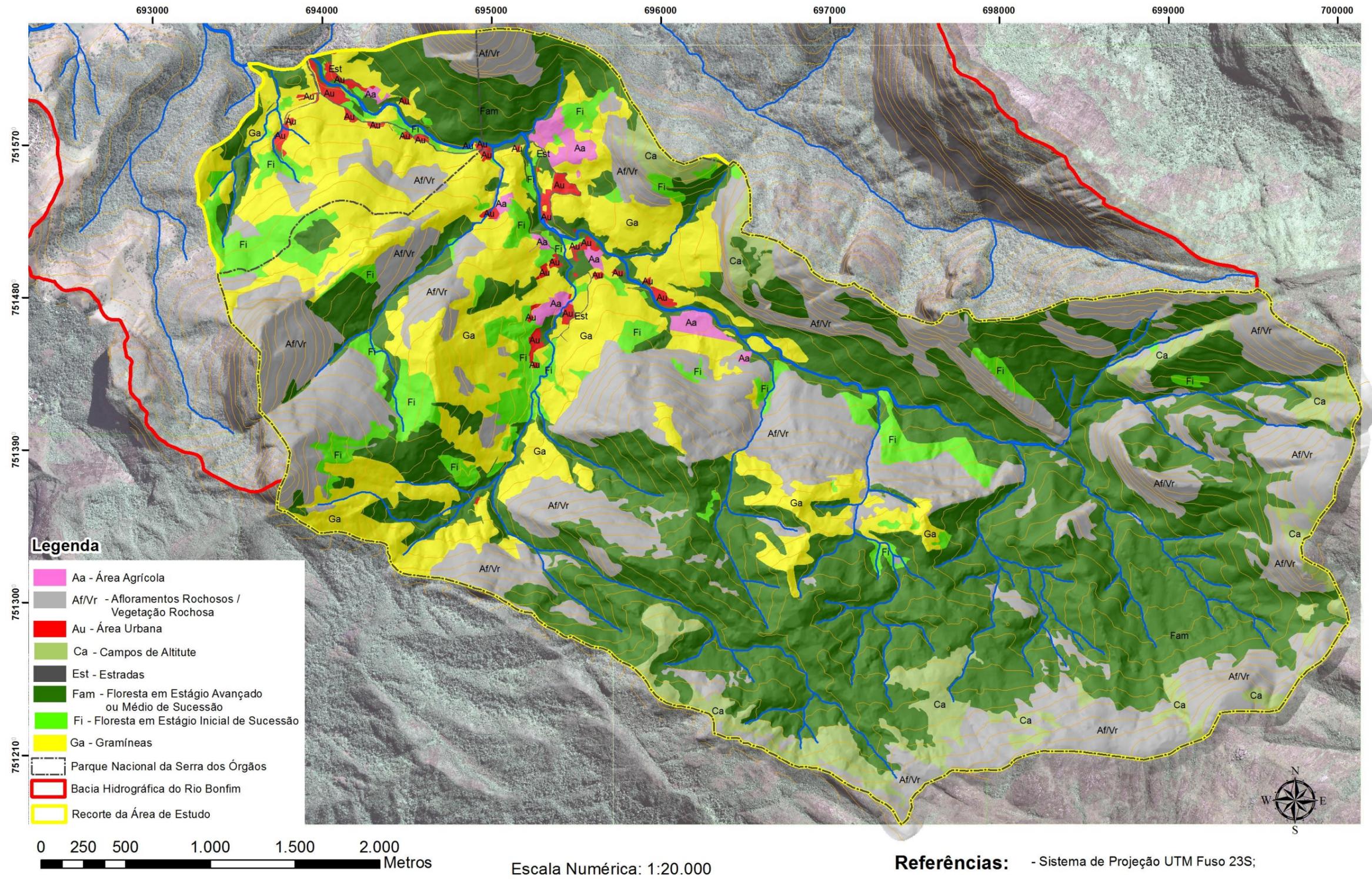
#### **3.2.4.3 Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006)**

A construção do mapa de uso e cobertura vegetal do ano de 2010 se deu dentro da plataforma do ArcGIS 10.1, e permitiu a identificação das áreas de vegetação que atualmente estão em estágios médio ou avançado de sucessão dentro da bacia. Segundo a Lei da Mata Atlântica, essas formações são imunes ao corte e apresentam um grande valor dentro da discussão conservacionista sobre corredores ecológicos, implicando uma gama maior de áreas protegidas por lei.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

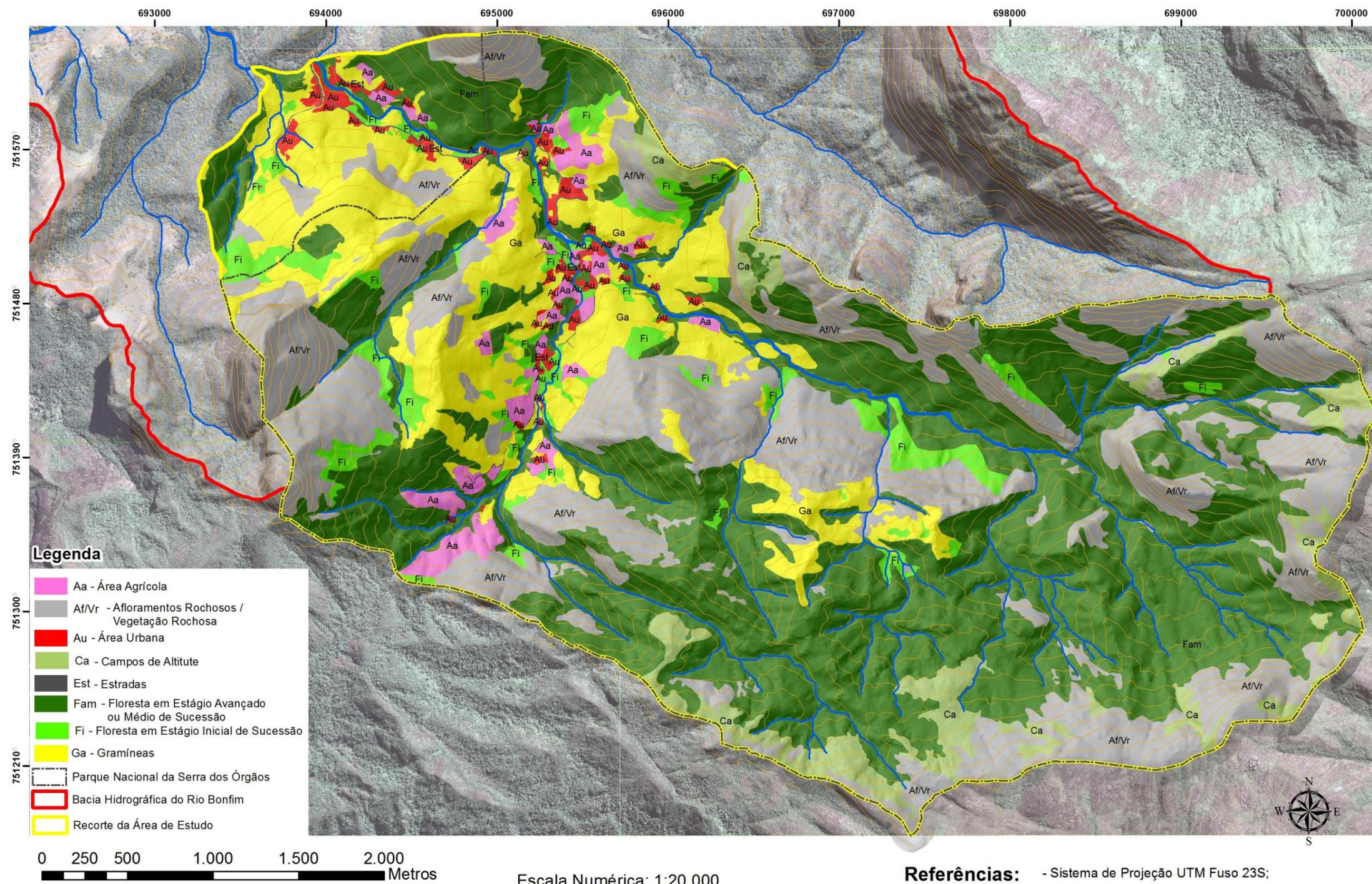
### **4.1 Cobertura e uso da terra**

Foi possível identificar oito classes de uso e cobertura da terra para a área de estudo. A seguir seguem os mapas de uso e cobertura da terra dos anos de 1965, 1975, 1994, 1999, 2003, 2006 e 2010 analisados (Figuras 11-17).



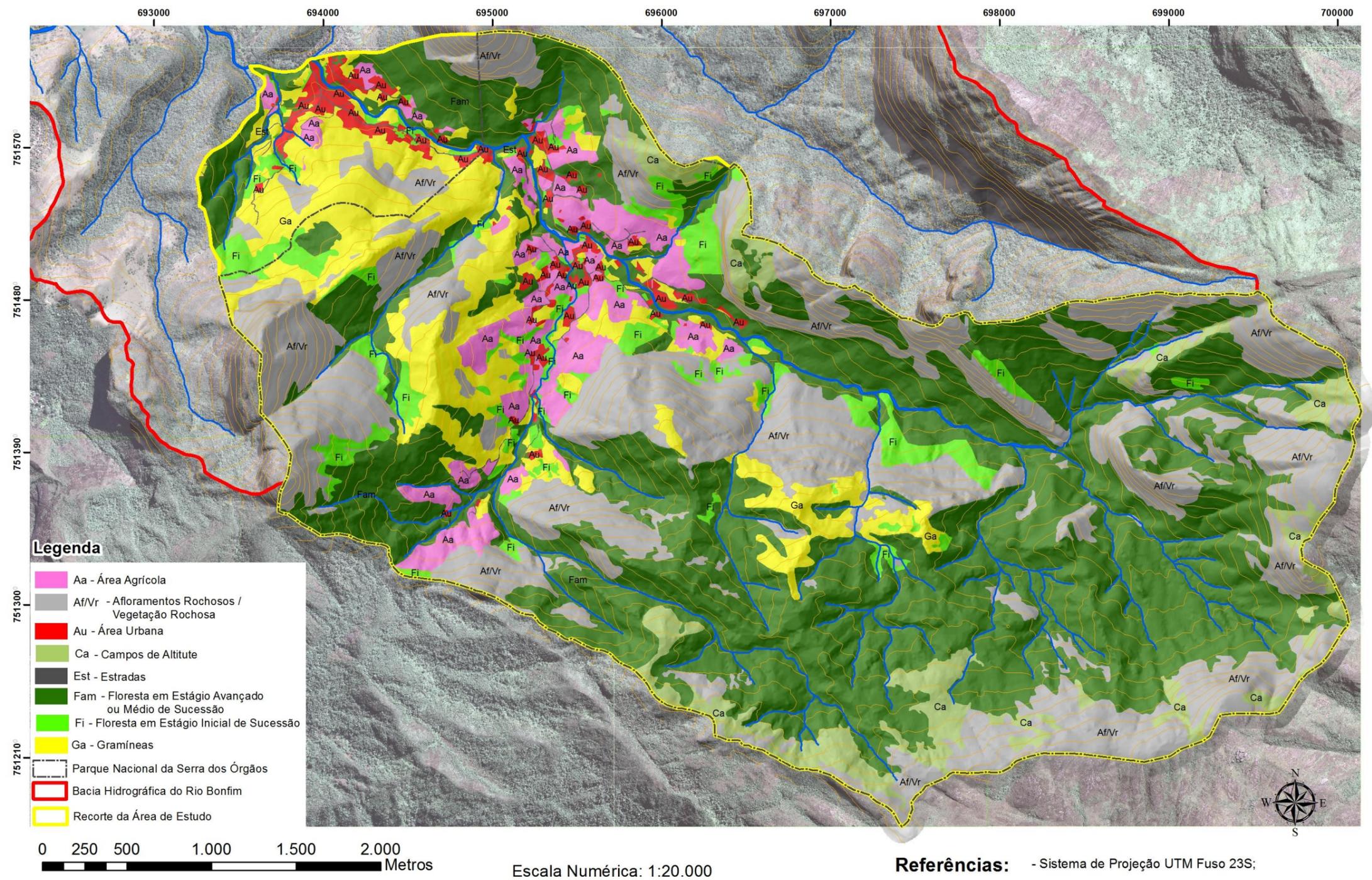
## OCUPAÇÃO E USO DA TERRA - 1965

Figura 11. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 1965.



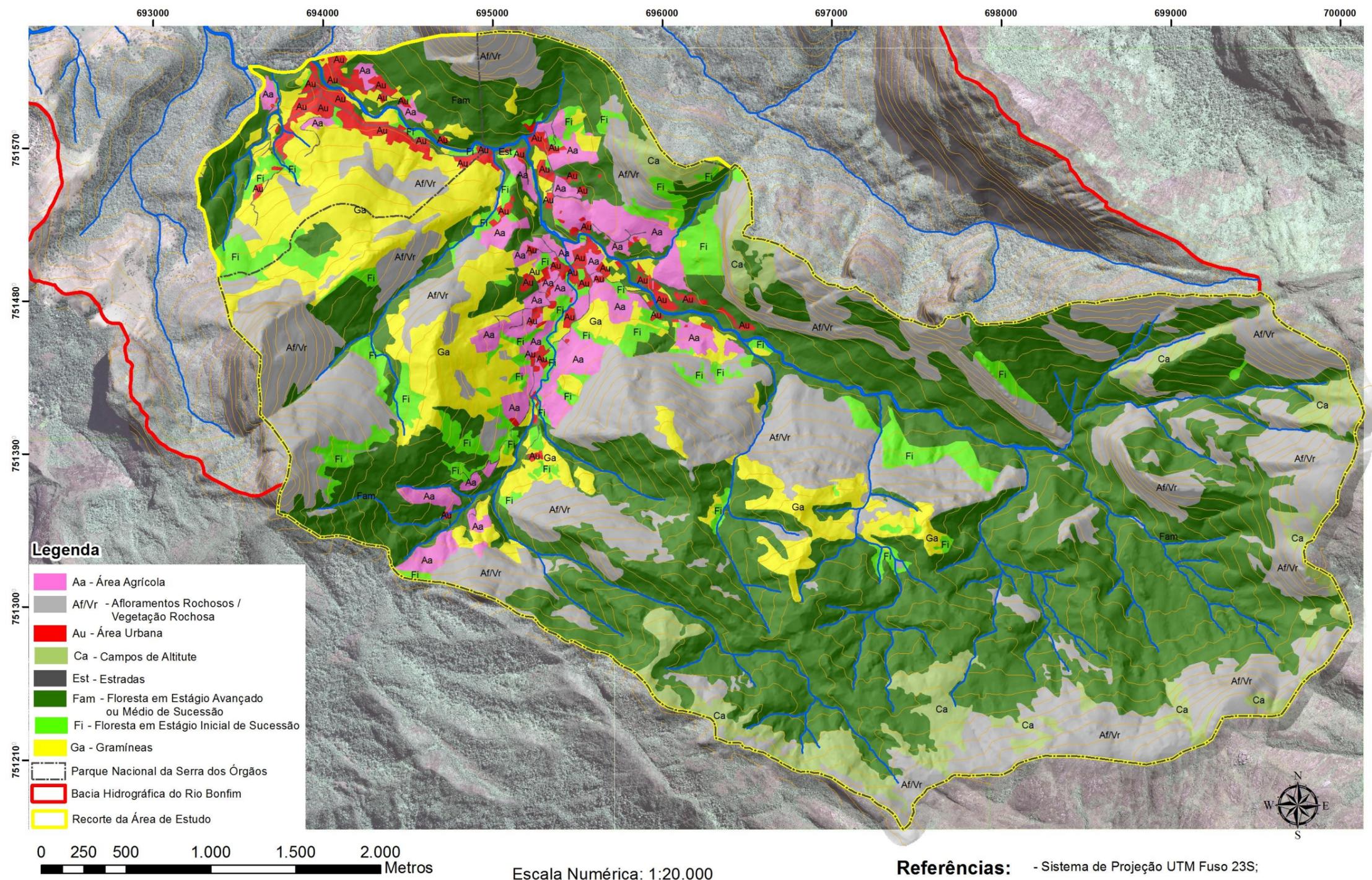
## OCUPAÇÃO E USO DA TERRA - 1975

Figura 12. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 1975.



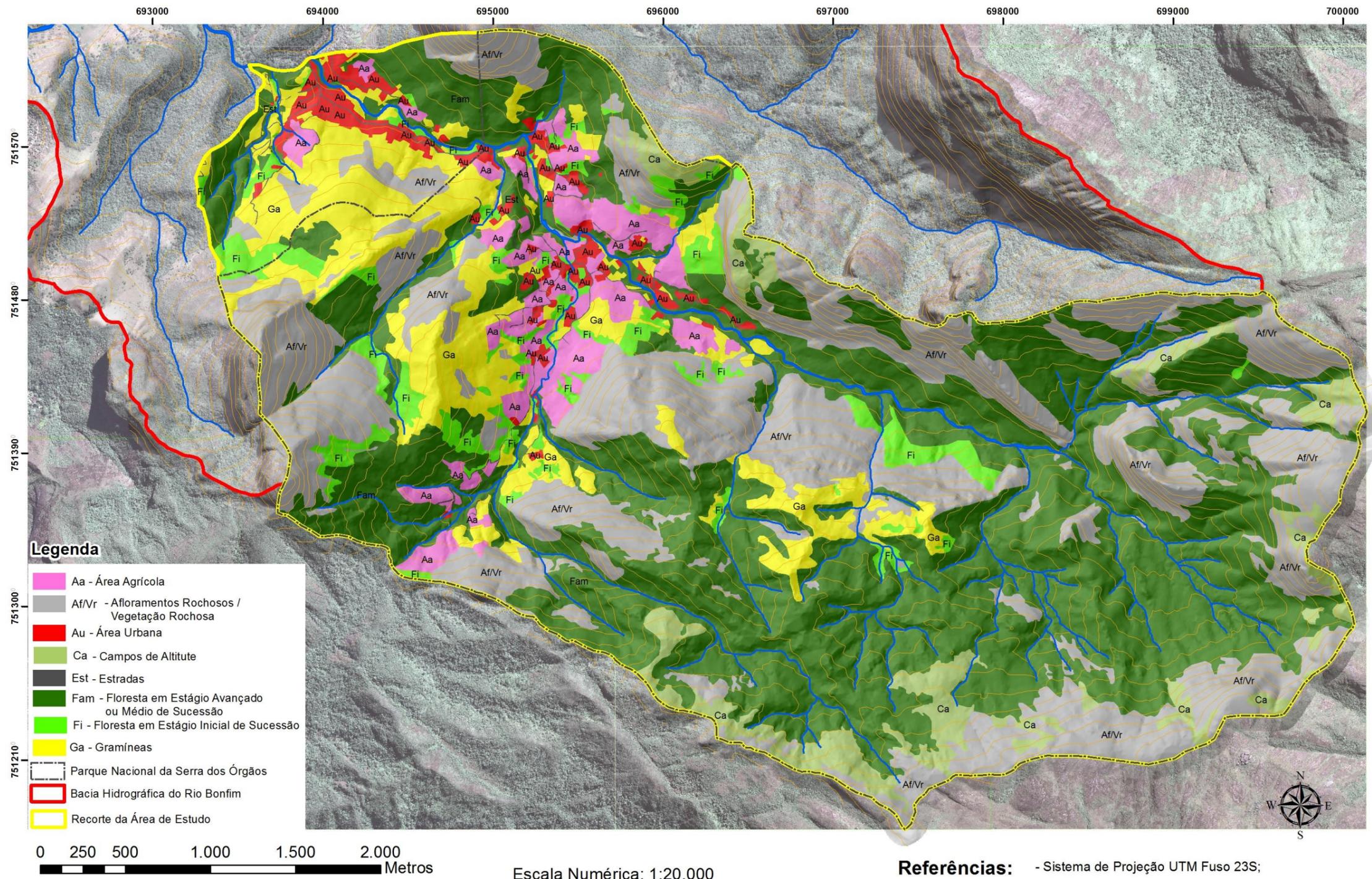
# OCUPAÇÃO E USO DA TERRA - 1994

Figura 13. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 1994.



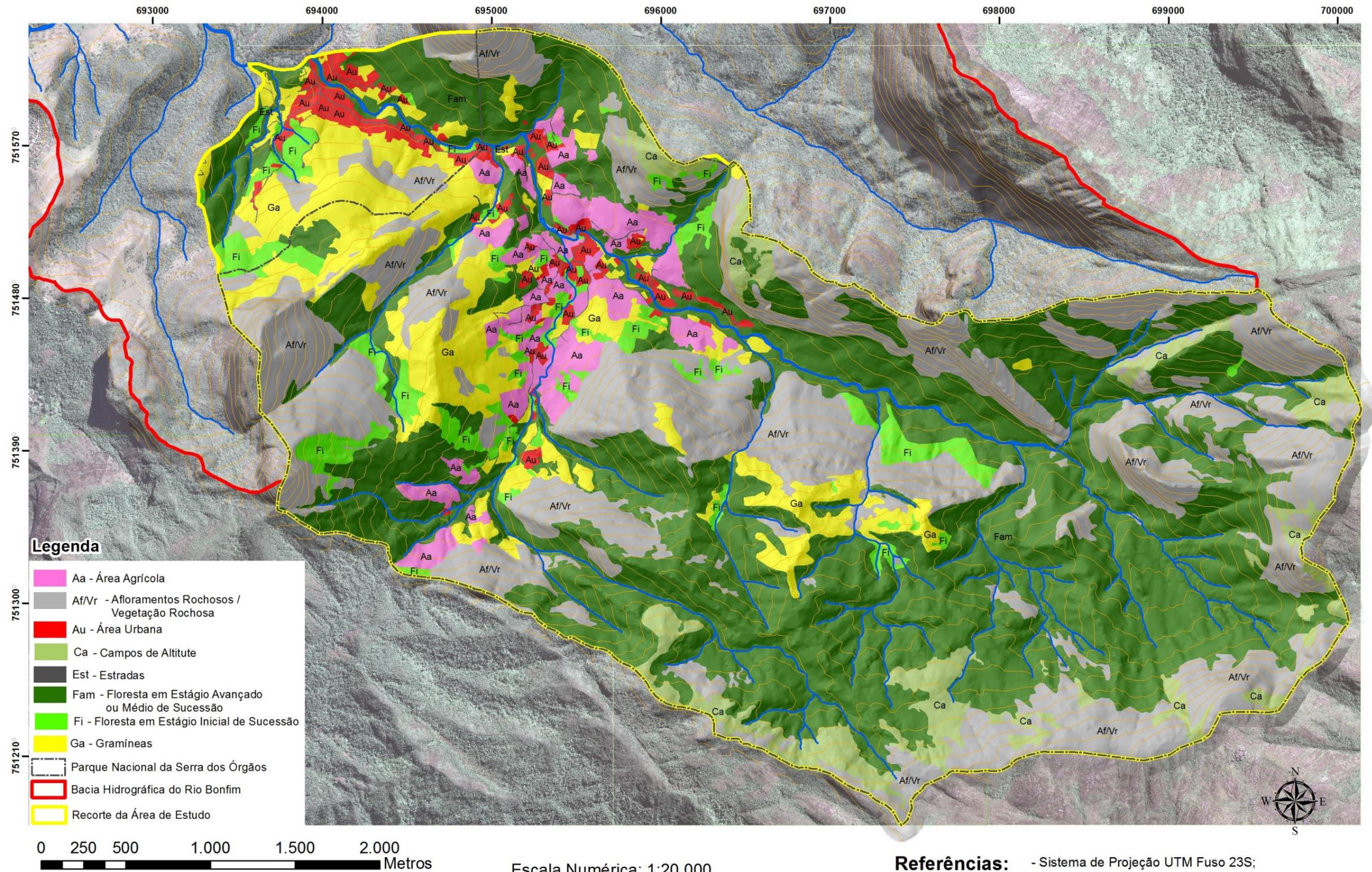
# OCUPAÇÃO E USO DA TERRA - 1999

Figura 14. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 1999.



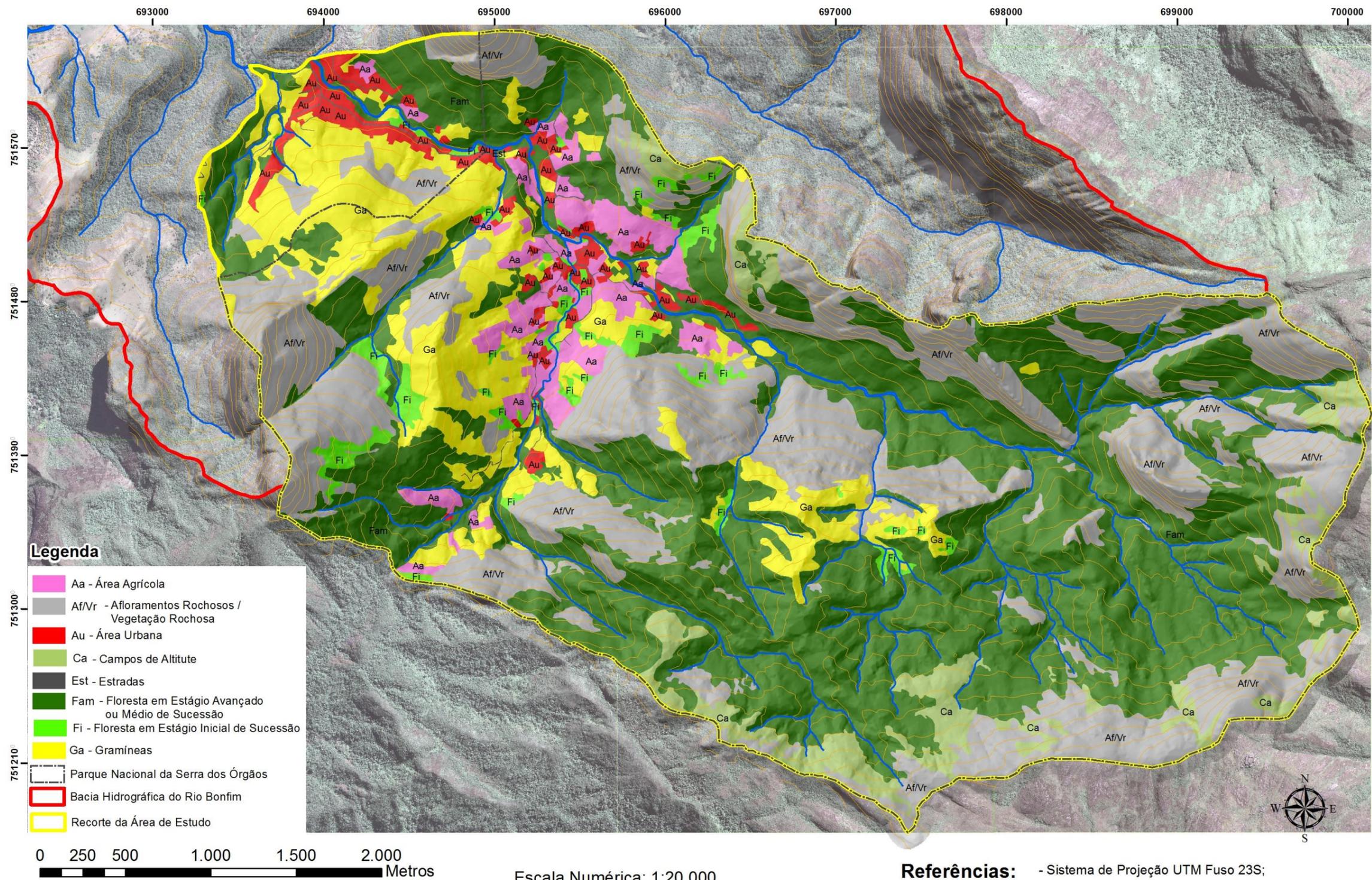
# OCUPAÇÃO E USO DA TERRA - 2003

Figura 15. : Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 2003.



## OCUPAÇÃO E USO DA TERRA - 2006

Figura 16. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 2006.



# OCUPAÇÃO E USO DA TERRA - 2010

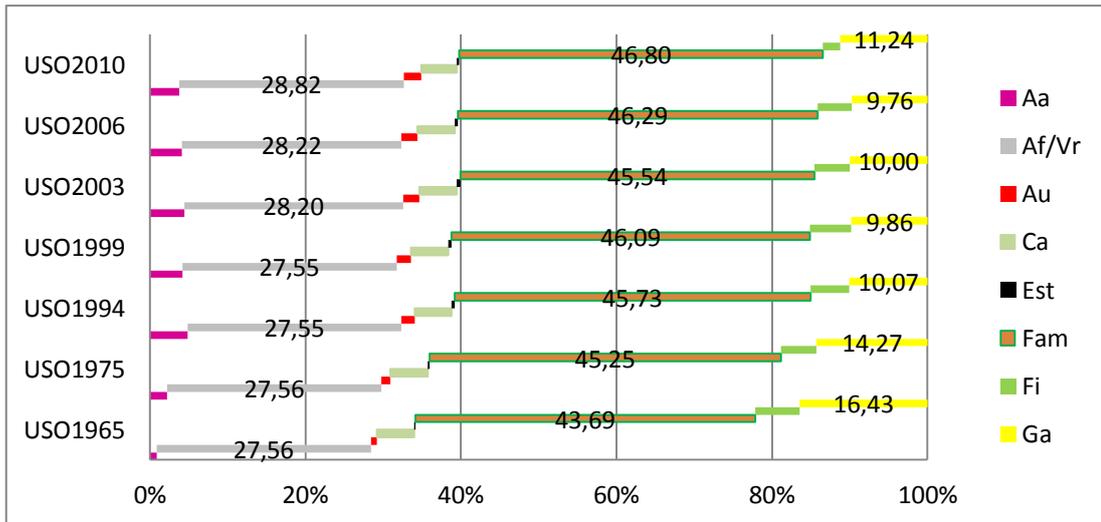
Figura 17. Mapa da ocupação e uso do solo dentro da área de estudo no ano de 2010.

Na tabela abaixo, temos os valores das áreas que cada classe ocupa dentro da área de estudo nos diferentes anos analisados:

**Tabela 2.** Valores das áreas (hectares) de cada classe de uso e ocupação do solo nos anos entre 1965- 2010. (Legenda: Aa- áreas agrícolas; Af/Vr- afloramentos rochosos/vegetação rupestre; Au- área urbana; Ca- campos de altitude; Estradas; Fam- floresta em estágio médio ou avançado de sucessão; Fi- floresta em estágio inicial de sucessão; Ga- gramíneas).

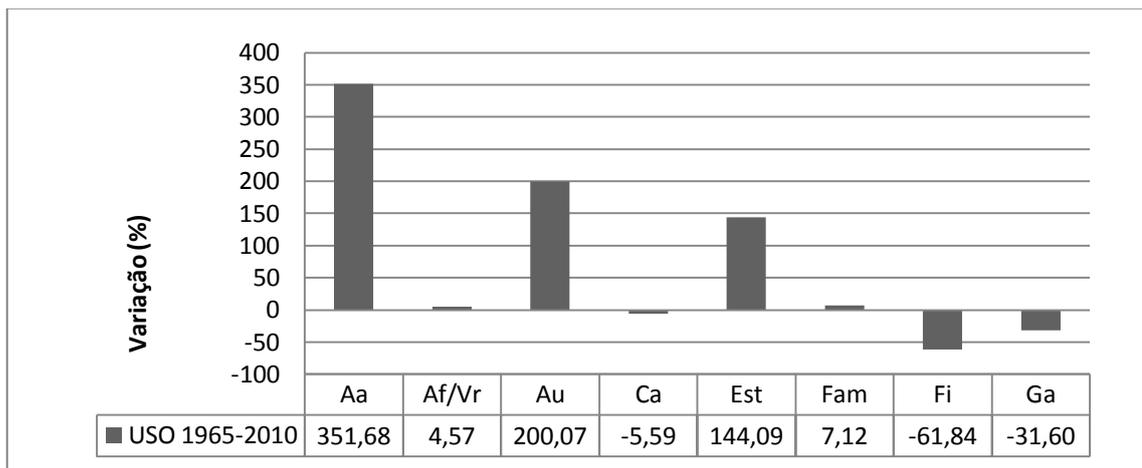
<b>Classes</b>	<b>USO1965</b>	<b>USO1975</b>	<b>USO1994</b>	<b>USO1999</b>	<b>USO2003</b>	<b>USO2006</b>	<b>USO2010</b>
<b>Aa</b>	15,75	41,29	89,84	77,9	82,09	77,28	71,14
<b>Af/Vr</b>	517,3	517,3	517,05	517,14	529,34	529,58	540,93
<b>Au</b>	13,98	21,53	31,38	34,54	38,19	37,6	41,95
<b>Ca</b>	90,33	90,33	89,87	90,22	90,22	90,38	85,28
<b>Est</b>	2,79	3,48	7,23	7,69	8,95	8,09	6,81
<b>Fam</b>	820,03	849,19	858,26	865,05	854,61	868,73	878,4
<b>Fi</b>	108,24	85,93	94,26	99,22	85,64	82	41,3
<b>Ga</b>	308,37	267,74	188,9	185,04	187,76	183,1	210,92
<b>Total</b>	1876,79	1876,79	1876,79	1876,80	1876,80	1876,76	1876,73

Na tabela acima podemos observar claramente a evolução em termos de área de cada uma das oito classes de uso e cobertura do solo para a área de estudo em todos os anos analisados. Algumas dessas classes se mantiveram praticamente imutáveis em sua área durante o período de 45 anos analisado, a exemplo dos Afloramentos Rochosos / Vegetação Rupestre e Campos de Altitude (Figura 18). Os Afloramentos Rochosos / Vegetação Rupestre correspondem à segunda classe com maior área dentro da bacia do Bonfim, justamente por se tratar de uma zona de grandes altitudes com relevo acidentado e de difícil acesso, conseguem preservar as suas características ao longo do tempo. A classe estradas também variou pouco após a implementação de rodovias principais, entre os anos de 1975 e 1994, quando sua área correspondente praticamente dobrou, de 3,4ha para 7,2ha. Vale lembrar que a partir da década de 1960, porém mais expressivamente na década de 1980, a comunidade do alto Bonfim foi se estabelecendo de maneira mais concreta, formada principalmente por antigos funcionários da fazenda do Bonfim (ROCHA, 2002, 2007; Correa, 2009). As áreas destinadas à produção agrícola aumentaram correlacionando até o ano de 1994 e 1999 com a diminuição de áreas de gramíneas. Porém, após estes anos houve uma estagnação no crescimento das áreas voltadas para agricultura, devido à demarcação oficial da área do Parque Nacional das Serras dos Órgãos, a qual incluiu o vale do Bonfim como parte de seu território e a construção de uma guarita na entrada do Parque. A partir de então houve o aumento das obrigações legais por parte da administração do PARNASO, assim como fiscalização e do controle sobre a expansão de áreas urbanas e agrícolas (ROCHA, 2007). Analisando o mapa de uso e cobertura do solo, podemos notar também que ocorreu uma diminuição brusca das florestas em estágio inicial de sucessão, de 108,24 ha para 85,39 ha em apenas 10 anos (1965-1975), década onde ocorreu a apropriação das terras da Fazenda do Bonfim pelos seus antigos empregados. Podemos inferir que a diminuição das florestas em estágio inicial de sucessão se deu pela substituição dessas áreas para plantio ou desenvolvimento da área urbana, ou ainda por evoluírem seu nível de sucessão ecológica passando para estágio médio (Fam). Porém não podemos deixar de mencionar os possíveis enganos na identificação, devido à dificuldade de interpretação das ortofotografias mais antigas (1965 e 1975).



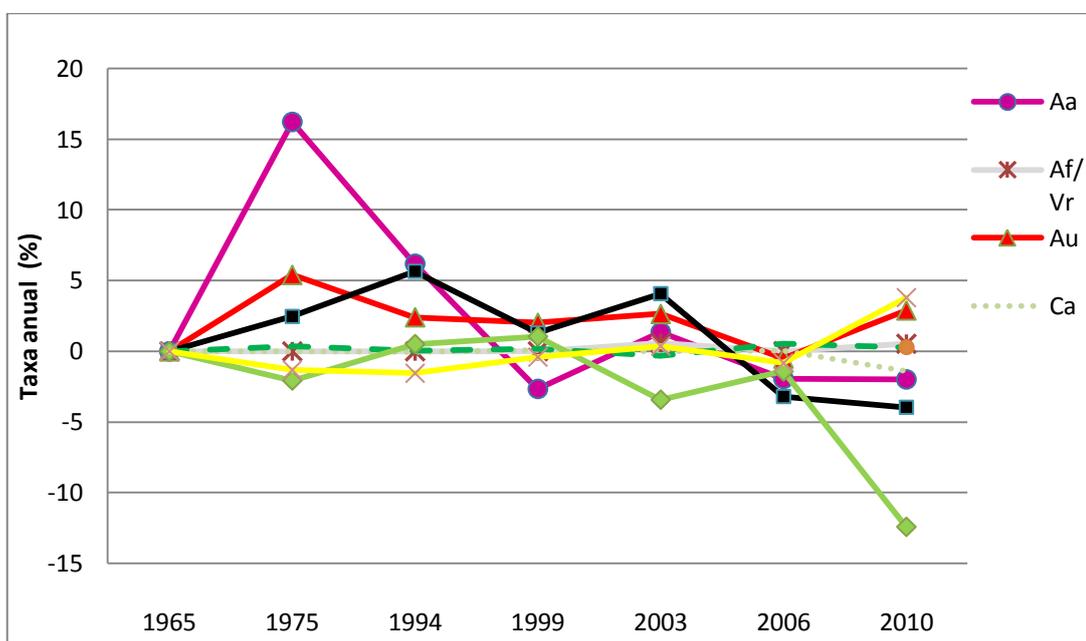
**Figura 18.** Porcentagem de cada classe do uso e cobertura do solo para o intervalo entre 1965-2010. (Legenda: Aa- áreas agrícolas; Af/Vr- afloramentos rochosos/vegetação rupestre; Au- área urbana; Ca- campos de altitude; Est- estradas; Fam- floresta em estágio médio ou avançado de sucessão; Fi- floresta em estágio inicial de sucessão; Ga-gramíneas).

As florestas em estágio médio e avançado de sucessão aumentaram pouco sua área nos últimos 45 anos, de 820 ha (43,69 %) para 878 ha (46,8%). Quando foi analisado nos mapas de ocupação e uso do solo, pode-se ver que grande parte dessas florestas se encontra em áreas de difícil acesso, entre a topografia acidentada e dentro do Parque Nacional da Serra dos Órgãos (Figura 18). Ao estudar os resultados em uma escala maior de tempo, durante o período de 45 anos, pode-se ver um grande crescimento porcentual em algumas classes, a exemplo da área agrícola, que desde 1965 até 2010 cresceu em área cerca de 350% (Figura 19), assim como a área urbana, que teve uma crescente evolução em praticamente todos os anos, totalizando um crescimento de 200 %, sendo que sua taxa anual de crescimento mais elevada se deu entre os anos de 1965 e 1975 (5%) (Figura 21).



**Figura 19.** Valores da variação (%) da evolução da área da cobertura e uso do solo entre o período de 1965-2010 (45 anos). Legenda: Aa- áreas agrícolas; Af/Vr afloramentos rochosos/vegetação rupestre; Au- área urbana; Ca- campos de altitude; Est- estradas; Fam- floresta em estágio médio ou avançado de sucessão; Fi- floresta em estágio inicial de sucessão; Ga-gramíneas.

Na Figura 20 pode-se analisar a taxa anual de crescimento das áreas das oito classes, o que permite observar quais foram os períodos de maiores mudanças sofridas pelos tipos de uso e cobertura do solo. Em 1965, pôde-se notar na bacia que a maioria da área que não era classificada como floresta ou afloramento rochoso se encontrava coberta por gramíneas. Neste ano elas correspondiam a 308 ha, e com o passar do tempo essas áreas foram mudando de classes, chegando a corresponder a 185 ha da área de estudo em 1999. Quando analisada sua evolução entre 1945-2010, a classe gramínea teve uma variação negativa de 26,8%. A área de agricultura correspondia apenas a 15 ha no primeiro ano analisado, porém teve uma evolução crescente ocupando maior área na paisagem em 1994, com quase 90 ha de área cultivada. No período analisado, as áreas destinadas para produção agrícola cresceram 350%, tendo seu pico entre os anos de 1965-1975 e 1975-1994, com taxa anuais de crescimento de 16,2 e 6,2 respectivamente. Atualmente, a área conhecida como Vale do Bonfim produz muitas culturas, sendo um polo produtor muito importante, mantendo cerca de 70 hectares de área agrícola (APMB, 2009).



**Figura 20.** Taxa anual de mudança do uso e cobertura do solo.

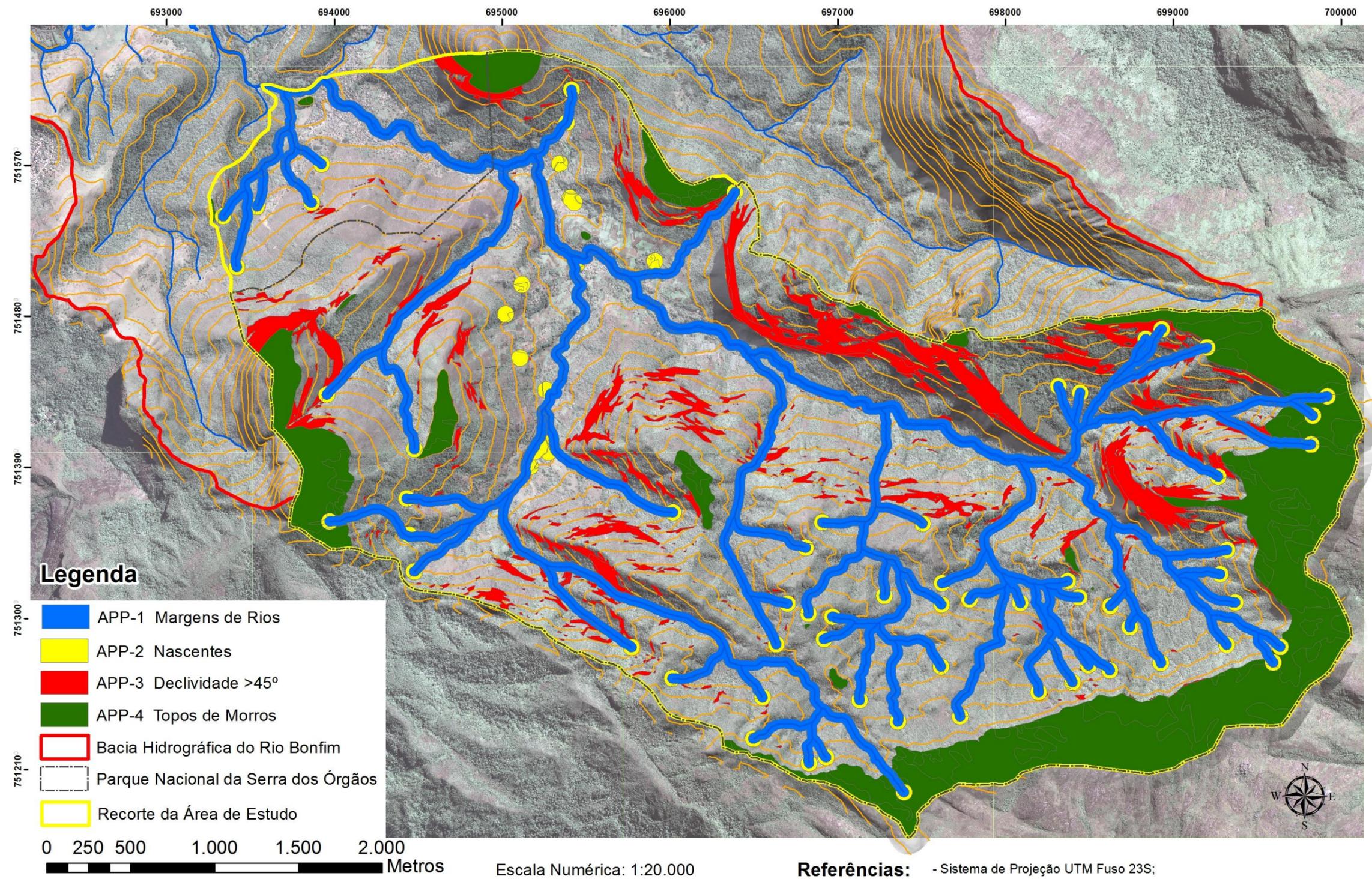
#### 4.2 Áreas de Preservação Permanente - Lei de Proteção da Vegetação Nativa (Lei nº 12.651, de 25 de Maio de 2012)

As Áreas de Preservação Permanente foram divididas em quatro categorias: margens de cursos d'água (APP1); nascentes (APP2); declividade maior que 45° (APP3); e topos de morro e linha de cumeeada (APP4). Abaixo seguem os valores de cada uma dessas categorias para a área de estudo:

**Tabela 3.** Áreas (ha) dos quatro tipos de APPs e seu percentual em relação à área total da área de estudo e o PARNASO. Legenda: margens de cursos d'água (APP1); nascentes (APP2); declividade maior que 45° (APP3); e topos de morro e linha de cumeada (APP4).

APPs	Área		Área de Estudo		Área dentro PARNASO	
	(ha)	%		%	(ha)	%
<b>1</b>	275,37	39,29		14,67	250,65	35,77
<b>2</b>	28,88	4,12		1,54	27,14	3,87
<b>3</b>	132,00	18,84		7,03	128,37	18,32
<b>4</b>	264,56	37,75		14,10	260,62	37,19
<b>Total</b>	<b>700,81</b>	<b>100,00</b>		<b>37,34</b>	<b>666,78</b>	<b>95,14</b>

Podemos observar que a área total de APPs foi de 700,81 hectares, o que corresponde a 37,34% da área do recorte estudado (1876,76). Quase a totalidade (95,14%) das APPs se encontram dentro do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, o qual ocupa 1727,67 ha (92,05%) da área de estudo (Figura 21). A grande quantidade de cursos d'água, justificada pela geografia favorável para a dispersão de fluxos hidrológicos associadas à zona tampão de 30 metros imposta pela Lei de Proteção da Vegetação Nativa, influencia muito na quantidade de áreas protegidas, fazendo com que a categoria margens de cursos d'água seja praticamente 40% das APPs encontradas na área de estudo. Nesse contexto, pode-se verificar a presença de diversas nascentes, o que justifica a área de APP 2 de 28,88 hectares. As Áreas de Preservação Permanente de declividade maior que 45° e de topo de morro e linha de cumeada chamam a atenção para a grande quantidade de área protegida, 128,37 ha (18,32%) e 260,62 ha (37,19%) respectivamente.



## Áreas de Preservação Permanente

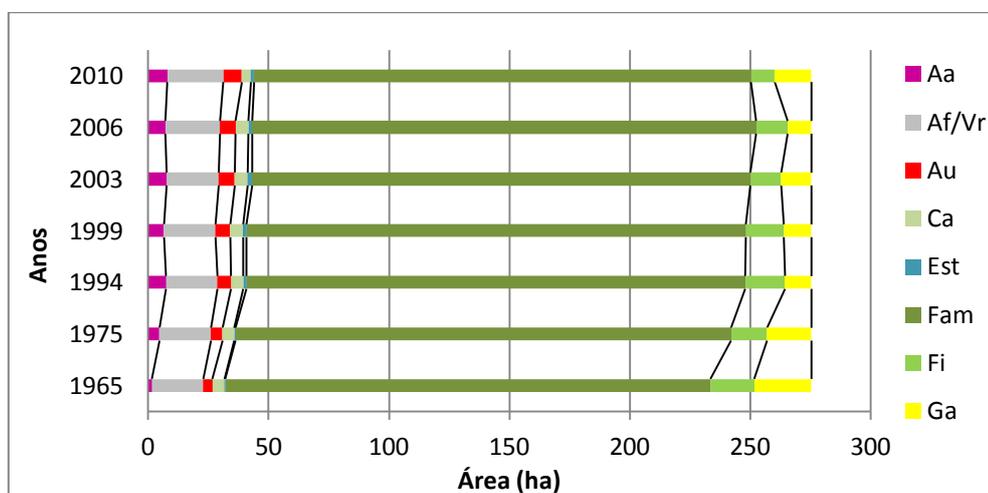
**Figura 21.** Mapa dos quatro tipos de Áreas de Preservação Permanente encontrados na área de estudo.

### 4.3 Uso e cobertura do solo nas Áreas de Preservação Permanente

Após cruzar as informações de cobertura e uso do solo com as Áreas de Preservação Permanente, obteve-se a área de cada classe dentro dos quatro tipos de APPs (Tabelas 4 e 5, Figuras 22-25).

**Tabela 4.** Valores do Uso e Cobertura do Solo (hectares) nas APPs de margens de curso d'água (APP-1). Legenda: Aa- áreas agrícolas; Af/Vr- afloramentos rochosos/vegetação rupestre; Au- área urbana; Ca- campos de altitude; Est- estradas; Fam- floresta em estágio médio ou avançado de sucessão; Fi - floresta em estágio inicial de sucessão; Ga-gramíneas.

Classes	1965	1975	1994	1999	2003	2006	2010
<b>Aa</b>	1,56	4,69	7,42	6,49	7,80	7,18	8,02
<b>Af/Vr</b>	21,30	21,30	21,30	21,39	21,44	22,64	23,22
<b>Au</b>	3,85	4,87	5,80	6,20	6,74	6,55	7,66
<b>Ca</b>	4,97	4,97	4,97	5,28	5,28	5,28	3,68
<b>Est</b>	0,44	0,51	1,37	1,47	1,83	1,54	1,36
<b>Fam</b>	201,43	205,75	207,18	207,40	207,01	209,33	206,51
<b>Fi</b>	18,24	14,82	16,41	15,83	12,74	13,08	9,67
<b>Ga</b>	23,58	18,46	10,92	11,29	12,52	9,76	15,26
<b>Total</b>	<b>275,37</b>	<b>275,37</b>	<b>275,37</b>	<b>275,36</b>	<b>275,37</b>	<b>275,37</b>	<b>275,37</b>



**Figura 22:** Valores das áreas (hectares) de Uso e Cobertura do Solo nas APPs de margens de curso d'água (APP-1). Legenda: Aa- áreas agrícolas; Af/Vr- afloramentos rochosos/vegetação rupestre; Au- área urbana; Ca- campos de altitude; Est - estradas; Fam- floresta em estágio médio ou avançado de sucessão; Fi - floresta em estágio inicial de sucessão; Ga-gramíneas.

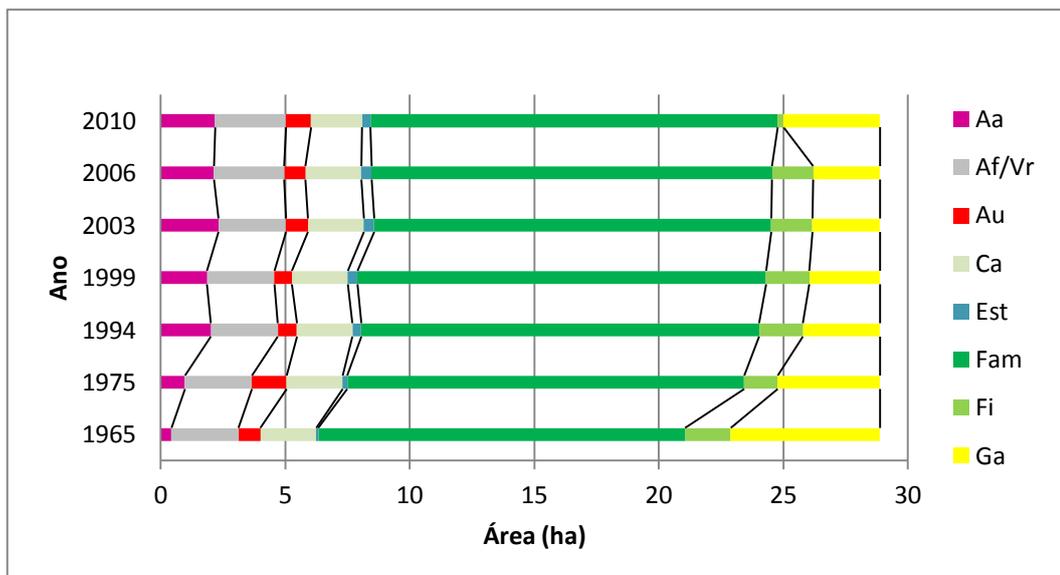
A Área de Preservação Permanente de margens de cursos d'água (APP – 1) está intimamente ligada com toda a dinâmica de uso da Bacia do Bonfim, pois devido à geografia acidentada, a sua dispersão hidrológica é muito grande, conseqüentemente o número de cursos d'água espalhados pela Bacia Hidrográfica é elevado. A Área de Preservação Permanente – 1 constitui a APP com maior área, somando 275 hectares ao todo. Pode-se notar

que as áreas florestadas em estágio médio e avançado de sucessão dentro da zona tampão (área de 30 metros de cada lado) das margens dos cursos d'água se mantiveram praticamente constantes depois do ano de 1975. Dentre os quatro tipos de APP estudados, a Área de Preservação Permanente de cursos d'água é aquela que possui maior potencial como corredor de biodiversidade. Por se tratar de uma zona contínua de mata, quando preservada, fornece à flora e à fauna nativas uma passagem para a dispersão e colonização de novas áreas. No caso da área de estudo, o rio Bonfim cruza desde a área do PARNASO até o final do baixo Bonfim, fazendo uma importante conexão entre a área mais baixa e povoada da Bacia com as áreas protegidas do Parque Nacional. Entretanto, o uso do solo para fins agrícolas dentro das áreas estabelecidas por Lei como Área de Preservação Permanente de margens de rio aumentou em praticamente todos os anos observados, passando de 1 hectare em 1965, para 8 ha em 2010. As áreas urbanas dentro da APP também tiveram crescimento positivo em todos os anos, ocupando atualmente 7,6 hectares. As áreas florestadas que formam a zona tampão ao redor dos cursos d'água agem como filtros de sedimentos, sendo de extrema importância para o Vale do Bonfim, pois devido à sua característica socioeconômica de alta produção de culturas agrícolas, muito material orgânico, fertilizantes, pesticidas e outros poluentes são despejados nos corpos d'água, podendo afetar de forma adversa as águas da qual as comunidades locais dependem tanto. A transformação das áreas agrícolas e áreas urbanas em áreas de vegetação nativa é recomendada para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, da qualidade da água, do bem-estar e segurança dos moradores, da sustentabilidade agrícola e do cumprimento da Lei Ambiental.

A Área de Preservação Permanente APP-2, que representa a zona tampão (neste caso é a área de 50 metros de diâmetro) no entorno das nascentes de rios na Bacia, apesar de somar apenas 28,8 ha, é extremamente importante para a manutenção dos mananciais, assim como a manutenção da qualidade da água que corre por toda a bacia. Durante os anos analisados pode-se identificar o aumento gradual das áreas agrícolas dentro dos 50 metros de raio protegidos por lei, as quais cresceram praticamente 500% entre o período de 1965-1994. Abaixo seguem os dados:

**Tabela 5:** Valores das áreas (hectares) de Uso e Cobertura do Solo nas APPs de nascentes (APP-2). Legenda: Aa- áreas agrícolas; Af/Vr- afloramentos rochosos/vegetação rupestre; Au- área urbana; Ca- campos de altitude; Est- estradas; Fam- floresta em estágio médio ou avançado de sucessão; Fi- floresta em estágio inicial de sucessão; Ga-gramíneas.

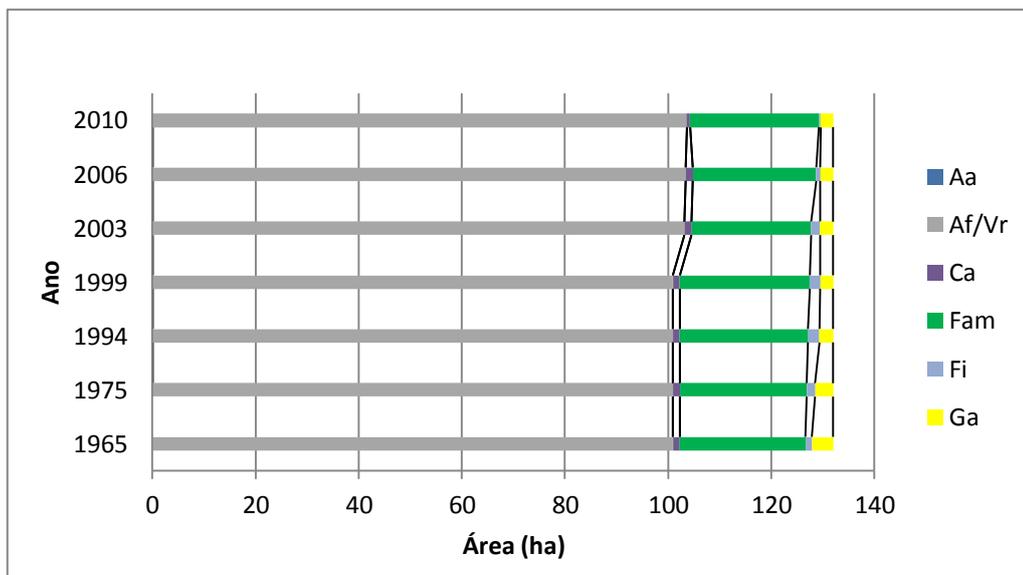
<b>Classes</b>	<b>1965</b>	<b>1975</b>	<b>1994</b>	<b>1999</b>	<b>2003</b>	<b>2006</b>	<b>2010</b>
<b>Aa</b>	0,43	0,97	2,02	1,87	2,33	2,13	2,19
<b>Af/Vr</b>	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,83	2,84
<b>Au</b>	0,88	1,40	0,76	0,71	0,89	0,85	1,01
<b>Ca</b>	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,24	2,06
<b>Est</b>	0,09	0,21	0,35	0,39	0,42	0,42	0,34
<b>Fam</b>	14,73	15,93	15,99	16,40	15,94	16,09	16,34
<b>Fi</b>	1,83	1,35	1,76	1,76	1,65	1,65	0,23
<b>Ga</b>	5,99	4,11	3,09	2,83	2,72	2,68	3,88
<b>Total</b>	<b>28,88</b>						



**Figura 23:** Valores das áreas (hectares) de Uso e Cobertura do Solo nas APPs de nascentes (APP-2). Legenda: Aa- áreas agrícolas; Af/Vr- afloramentos rochosos/Vegetação rupestre; Au- área urbana; Ca- campos de altitude; Est - estradas; Fam- floresta em estágio médio ou avançado de sucessão; Fi - floresta em estágio inicial de sucessão; Ga-gramíneas.

A área urbana dentro dessa APP se manteve com a média de 0,92 hectare nesses 45 anos. As áreas ocupadas por afloramentos rochosos / vegetação rupestre e campos de altitude se mantiveram constantes, como esperado. As áreas de floresta conservada (Fam) se mantiveram praticamente constantes, com um pequeno aumento nos últimos anos. A classe gramíneas variou muito dentro da APP-2, escalando entre 2,8 e 6,0 hectares. O uso indevido do solo dentro da zona tampão ao redor de cada nascente pode influenciar muito na recarga hídrica das águas subterrâneas e na redução da vazão d'água, tendo consequências no regime dos cursos d'água. Diminuir o número de nascentes significa diminuir o número de cursos d'água e, conseqüentemente, reduzir a vazão total da bacia, o que afetaria negativamente a todos os produtores rurais do alto Bonfim.

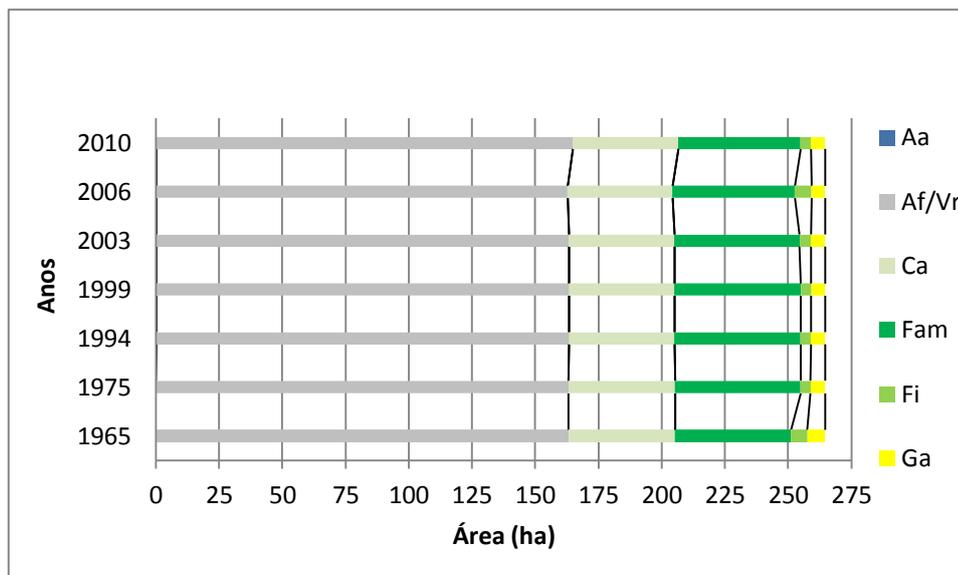
As classes predominantes dentro das Áreas de Preservação Permanente com declividade maior que 45° são os afloramentos rochosos / vegetação rupestre e florestas em estágio médio ou avançado de sucessão (Figura 24).



**Figura 24:** Valores das áreas (hectares) de Uso e Cobertura do Solo nas APPs com declividade maior que 45° (APP-3). Legenda: Aa- áreas agrícolas; Af/Vr- afloramentos rochosos/ Vegetação rupestre; Au- área urbana; Ca- campos de altitude; Est - estradas; Fam- floresta em estágio médio ou avançado de sucessão; Fi - floresta em estágio inicial de sucessão; Ga-gramíneas.

Não existe nenhuma classe de uso do solo que tenha origem antrópica (área urbana, áreas agrícolas ou estradas) nesse tipo de APP. Em teoria, a preservação das florestas nesses tipos de relevo garante a estabilidade geológica no Vale do Bonfim. Por se tratar de áreas mais frágeis e sujeitas a desbarrancamentos e deslizamentos de solo ou rochas, é necessária a manutenção das áreas florestadas visando sempre a segurança e bem-estar humano. Além disso, sem a proteção conferida pela vegetação, aumenta a chance de ocorrer carreamento de sedimentos para os leitos dos cursos d'água, podendo provocar assoreamento e diminuição da profundidade dos leitos, potencializando o efeito das cheias e enchentes

A APP-4 é a segunda maior classe em termos de área dentro da bacia do Bonfim. As Áreas de Preservação Permanente de topos de morro ocupam 265 hectares, representando 14,1% da área total da área de estudo. Geralmente, são áreas que mudam relativamente pouco com o passar do tempo, sendo constituídas praticamente por afloramentos rochosos, campos de altitude e florestas em estágio médio ou avançado de sucessão. A manutenção dessas áreas na Bacia do Bonfim auxilia muito na conservação da biodiversidade, pois se tratam de ambientes quase intocados. Aqui também não se percebe nenhuma interferência das classes áreas urbanas, áreas agrícolas ou estradas.



**Figura 25:** Valores do Uso e Cobertura do Solo (hectares) nas APPs de topos de morro (APP-4). Legenda: Aa- áreas agrícolas; Af/Vr- afloramentos rochosos/ Vegetação rupestre; Au- área urbana; Ca- campos de altitude; Est - estradas; Fam- floresta em estágio médio ou avançado de sucessão; Fi - floresta em estágio inicial de sucessão; Ga-gramíneas.

Segundo a Lei de Proteção da Vegetação Nativa de 2012 (BRASIL, 2012), todas as APPs desmatadas após 22 de julho de 2008, sem a devida autorização, devem ser totalmente recuperadas com vegetação natural. Porém, a largura mínima de recomposição obrigatória das APPs varia caso a caso, dependendo do módulo fiscal de cada propriedade. As APPs que já estejam cobertas com vegetação nativa, deverão ser mantidas e protegidas, não podendo mais ser removidas. Apresenta-se aqui uma tabela com as classes que se encontram dentro das Áreas de Preservação Permanente, segundo a fotointerpretação das imagens do ano de 2010 (Tabela 7).

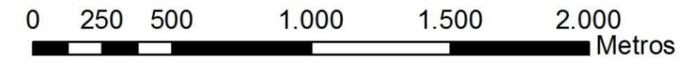
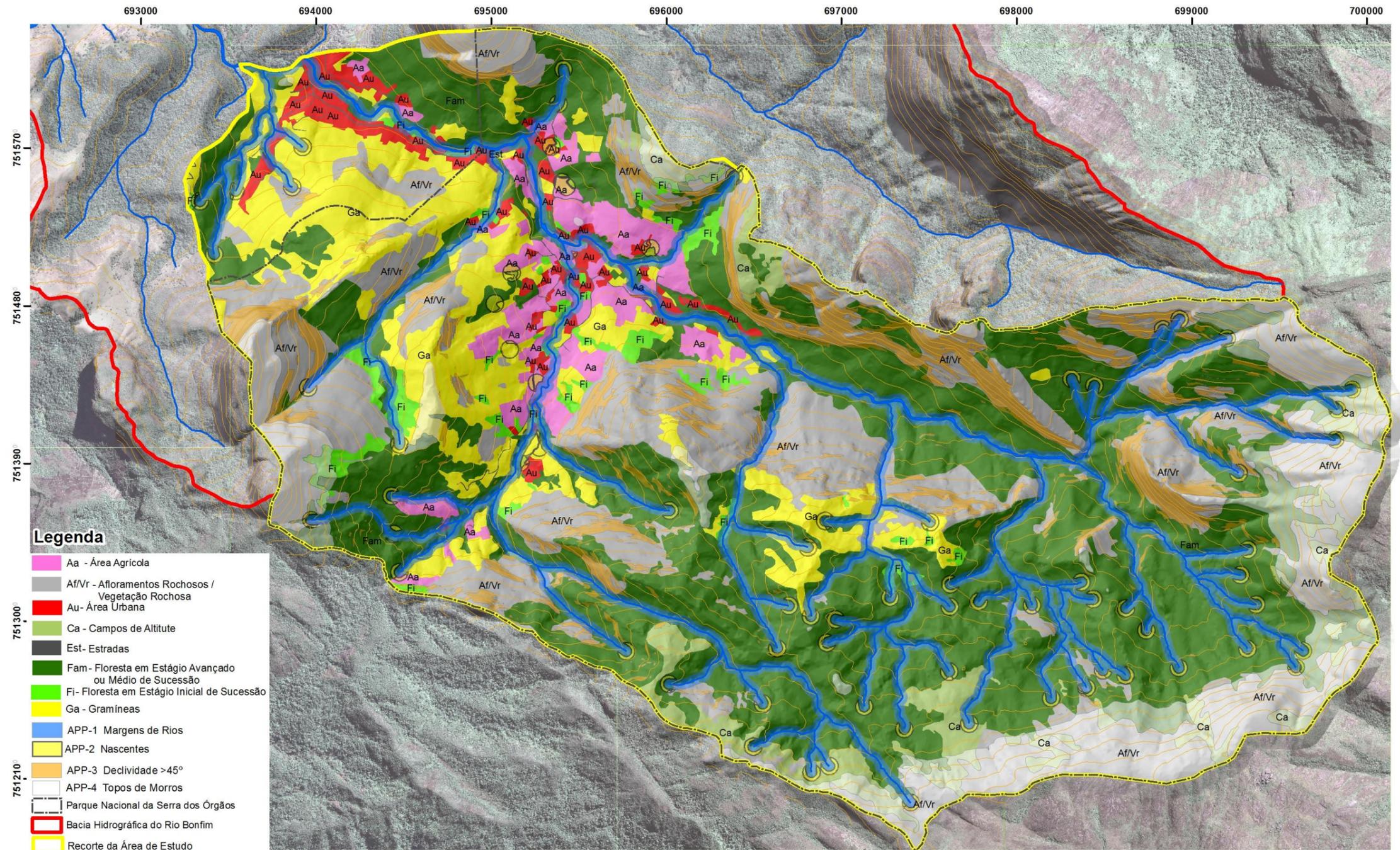
**Tabela 6.** Valores das áreas das classes dentro das Áreas de Preservação Permanente no ano de 2010.

Classes 2010	Aa	Af/Vr	Au	Ca	Est	Fam	Fi	Ga	Total
<b>APPs (ha)</b>	<b>10,45</b>	<b>294,33</b>	<b>8,68</b>	<b>47,97</b>	<b>1,72</b>	<b>296,22</b>	<b>14,26</b>	<b>27,18</b>	<b>700,81</b>

Com essa tabela podemos notar que dentro dos 700 hectares de áreas consideradas de preservação permanente, 95,14% (666,28 ha) estão dentro dos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, os outros 4,85% (33,72 ha) de APP se encontram entre a comunidade do baixo e médio Bonfim. As únicas APPs afetadas por classes de uso e ocupação do solo que têm origem humana (áreas urbanas, áreas agrícolas ou estradas), são as de margens de cursos d'água e nascentes (APP-1 e APP-2). As áreas urbanizadas dentro dessas APPs, as quais se encontram nos limites internos do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, somam 20,85ha divididos em: Au- áreas urbanas (10,45ha), Aa- áreas agrícolas (8,68 ha) e Est- estradas (1,72 ha). Pode-se observar o mapa de uso e cobertura do solo sobreposto com as Áreas de Preservação Permanente para o ano de 2010 (Figura 26).

Baseado na ortofoto do ano de 2010, foi possível identificar a presença de cerca de 125 residências que estão nos limites dos 30 metros das margens de cursos d'água protegidos por lei (Figura 27). Destas 125 residências que se encontram em APP, 55 (44%) estão dentro dos limites do PARNASO. Se utilizarmos um valor médio de 4 moradores por residência, podemos inferir que no ano de 2010, cerca de 500 pessoas residiam em Áreas de Proteção Permanente, sendo que destas, 220 estavam dentro dos limites da Unidade de Conservação de proteção integral (PARNASO).

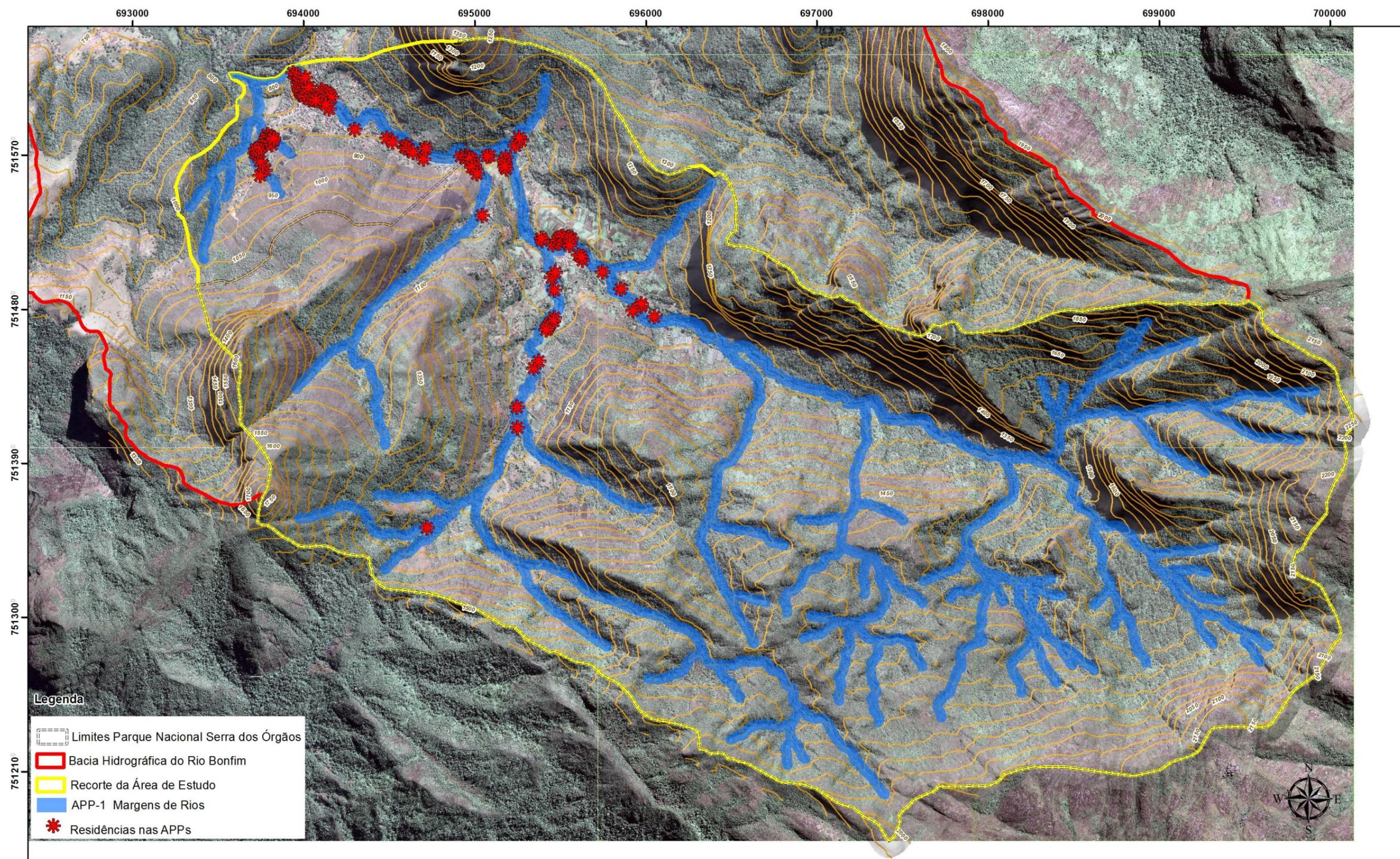
Levando em conta os trágicos desastres ambientais ocorridos na região serrana, quando em janeiro de 2011 ocorreram cerca de 910 mortes e 662 pessoas ficaram desaparecidas até o dia 18 de fevereiro, deixando 23.315 desalojados e 12.768 desabrigados em função das chuvas (SCHÄFFER, 2011), em especial na Bacia do Rio Cuiabá, vizinha a Bacia do Bonfim, destacamos mais uma vez a importância da conservação da vegetação nativa nas Áreas de Preservação Permanente. Segundo o estudo de Valverde *et al.*, 2012, na Bacia do Rio Cuiabá (mais afetada pelas enchentes em 2011), 18% de sua área total eram consideradas Área de Preservação Permanente de margens de rio (30 metros). Os movimentos de massa ocorridos em 10/01/2011 atingiram 11% da bacia, e 55% das APPs, porém, 36% do número total estimado de edificações (317) na Bacia do Rio Cuiabá estavam localizadas em APPs de margens de rios, e 59% destas (194) foram atingidas por movimentos de massa. Podemos inferir que, se no futuro, caso ocorra este mesmo evento natural catastrófico na Bacia do Rio Bonfim, no mínimo 500 pessoas estariam em risco iminente de vida.



Escala Numérica: 1:20.000

# ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE E COBERTURA E USO DA TERRA - 2010

Figura 26. Mapa contendo as APPs sobrepostas sobre as diferentes classes de uso e cobertura do solo para o ano de 2010.



## Residências nas Áreas de Preservação Permanente - 2010

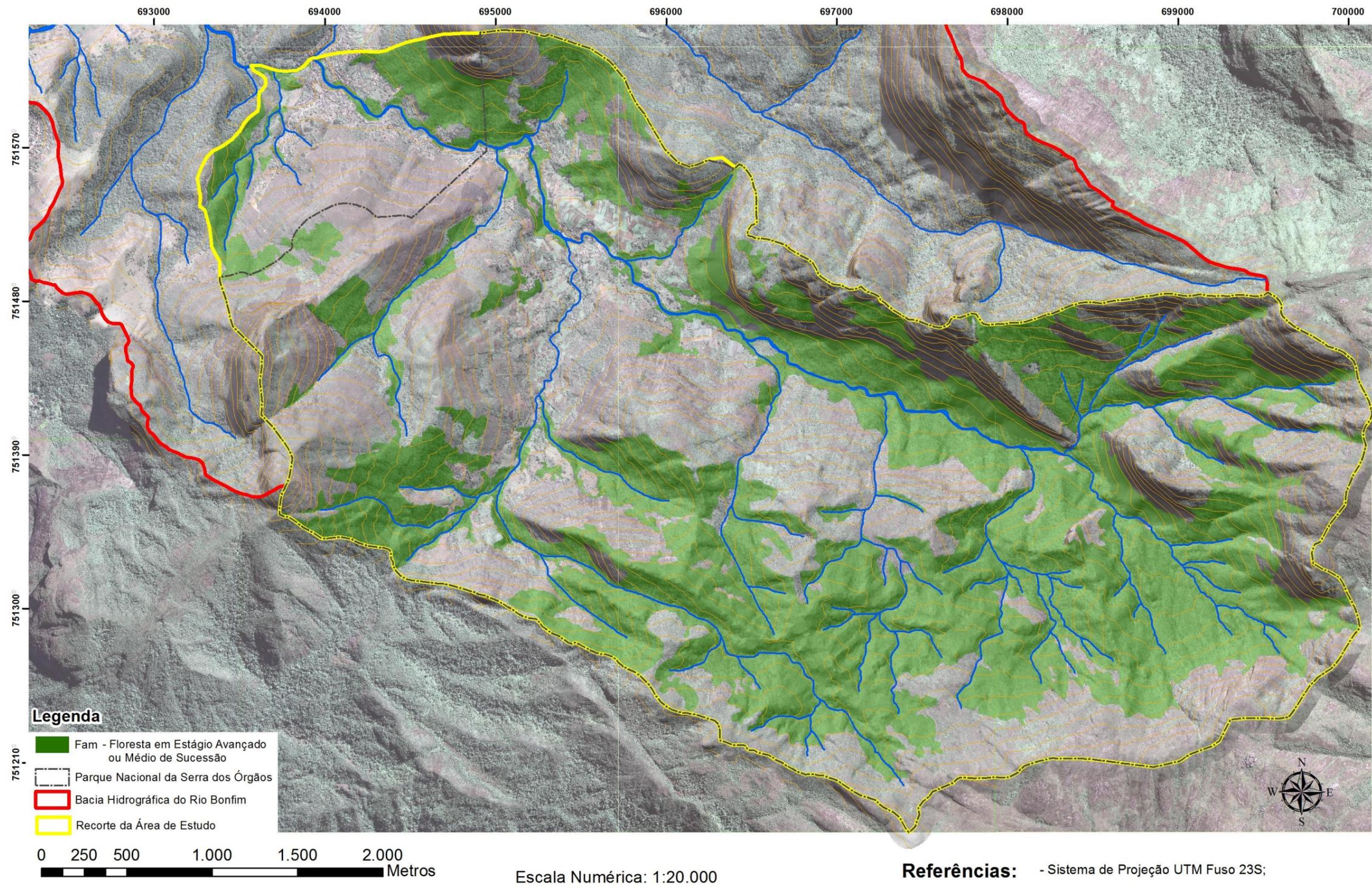
Figura 27. Mapa das residências situadas dentro dos 30 metros de proteção das margens de cursos d'água, APP- 1. (Fonte: Arquivo Pessoal)

#### **4.4 Sistema Nacional de Unidades de Conservação (APA Petrópolis e PARNASO)**

Os limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos ocupam cerca de 95% da área de estudo, sendo o restante classificado como estando dentro dos limites da Área de Proteção Ambiental de Petrópolis (APA Petrópolis). Por se tratar de uma Unidade de Conservação de proteção integral, o PARNASO está em processo de regulação fundiária, com a proposta de desafetação da comunidade do Bonfim do seu interior. O processo é lento, mas visa à melhoria e bem-estar tanto das comunidades quanto da biodiversidade. Como descrito por Medeiros & Pereira (2011), a definição dos planos de manejo como instrumento de gestão de áreas protegidas no Brasil não constitui uma tarefa finalizada, mas sim um processo em que o aprendizado e amadurecimento dos órgãos gestores possibilitam a revisão dos procedimentos e orientações técnicas mais adequadas à realidade nacional.

#### **4.5 Lei da Mata Atlântica (Lei nº 11.428, de 22 de Dezembro de 2006)**

Outra lei relevante para o processo de entendimento da paisagem é a lei que regulamenta e controla a derrubada de florestas em estágio médio e avançado de sucessão vegetal (Lei da Mata Atlântica). Dentro da área de estudo, cerca de 46,8% (878,4 ha) da área total é caracterizada como sendo área protegida e regulamentada pela Lei nº 11.428/2006. Dentre esses 878,4 hectares, 829,17ha (94,4%) estão dentro dos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Porém, uma porção expressiva de 49,33 ha se encontra na área da comunidade do médio Bonfim, concentradas especialmente nas áreas mais íngremes. (Figura 28).



# FLORESTA EM ESTÁGIO MÉDIO OU AVANÇADO DE SUCESSÃO

- Referências:**
- Sistema de Projeção UTM Fuso 23S;
  - Datum Horizontal SIRGAS 2000;
  - Ortofoto 2010 PM Petrópolis, na escala 1:10.000;
  - Hidrografia PM Petrópolis, na escala 1:10.000.

**Figura 28.** Mapa indicando as áreas de vegetação em estágio médio ou avançado de sucessão protegidas pela Lei da Mata Atlântica.

## 5 CONCLUSÕES

Os dados gerados nesta pesquisa tiveram o intuito de contribuir para o entendimento da dinâmica histórica da evolução da paisagem da Bacia Hidrográfica do Bonfim, através da interpretação de ortofotos dos anos entre 1965-2010 em ambiente SIG, assim como auxiliar o entendimento da dinâmica do uso e cobertura do solo dentro das Áreas de Preservação Permanente ao longo dos anos.

A bacia hidrográfica do Rio Bonfim se faz uma área importante por se tratar de uma zona de transição entre diversas Unidades de Conservação. Dentro da Bacia existem duas UCs principais e de caráter único para a manutenção de serviços ecossistêmicos da região serrana, a APA Petrópolis e o Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Entretanto, a expansão territorial e o uso do solo de maneira indevida são as maiores preocupações frente à conservação dos recursos naturais. No alto da bacia do Bonfim, a comunidade que hoje se encontra dentro dos limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos, está inserida em uma proposta de estudo que visa à desafetação de dentro da Unidade de Conservação de proteção integral.

Com o mapeamento do uso e cobertura do solo dos anos de 1965 a 2010, pode-se constatar que o vale do Bonfim sofreu mudanças na sua paisagem devido ao condicionamento socioeconômico das atividades agrícolas. O crescimento das áreas voltadas para a agricultura e áreas urbanas, principalmente entre os anos de 1965 e 1999, corrobora o fato histórico de apropriação das terras da Fazenda do Bonfim pelos seus antigos empregados, dando início ao desenvolvimento da comunidade do Vale do Bonfim. Atualmente, podemos perceber que a atividade agrícola ainda está muito presente na área de estudo, porém seu crescimento estagnou depois do ano de 1994 e 1999, quando foi incluída de fato dentro dos limites do PARNASO.

A análise do uso e cobertura do solo durante um período de 45 anos se faz muito importante para entender a evolução da paisagem, associando com os fatos históricos ocorridos, pois pode-se inferir com mais certeza as características socioeconômicas e culturais do Vale do Bonfim. O mapeamento do uso e cobertura do solo, principalmente em escala de 1:10.000, influencia e auxilia bastante no planejamento político e nas futuras tomadas de decisões, especialmente para as áreas urbanas dentro do Vale, as quais crescem cada vez mais.

A respeito das Áreas de Preservação Permanente, notamos que estas representam 700 hectares (37,35%) da área do recorte estudado na Bacia do Rio Bonfim, as quais 95% estão sob gestão do ICMBio, dentro do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. As APPs de topo de morro e linha de cumeada e as áreas com declividade maior de 45° desde 1965 se mantiveram praticamente intactas. Porém, as zonas tampão que protegem os cursos d'água e suas nascentes (APP-1 e APP-2) sofreram modificações ao longo do tempo, devido ao tipo de uso do solo, sendo que atualmente encontramos principalmente áreas agrícolas e urbanas dentro dessas áreas protegidas. Em 2010, cerca de 125 residências se encontravam dentro dos limites das áreas protegidas nas margens de cursos d'água. Quando comparamos as características geomorfológicas da Bacia do Rio Bonfim com a Bacia do Rio Cuiabá, nota-se que ambos possuem encostas com alta declividade e grande quantidade de cursos d'água convergindo para um único rio principal, assim como existe uma grande influência das áreas agrícolas, áreas de gramíneas e áreas urbanas perto dos cursos d'água. Ou seja, se a bomba d'água que caiu sobre o Vale do Cuiabá em 2011 caísse sobre a Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim, cerca de 500 pessoas estariam em risco de vida.

O descaso com a manutenção da vegetação dessas áreas protegidas pode acarretar mudanças nos regimes hídricos, mudança da qualidade da água, e diminuição da contenção de danos em caso de eventos extremos causados por chuva. É recomendado o reflorestamento

dessas áreas de preservação permanente a fim de garantir a segurança e bem estar da população local, a manutenção dos serviços ecossistêmicos e a conservação da biodiversidade.

A definição das APPs do ano de 2010 se mostrou relativamente confiável, porém idas a campo especificamente para a comprovação das classes no mapa, se fazem necessárias para projetos futuros. Espera-se que as informações aqui geradas auxiliem outros estudos, assim como programas do Governo (Cadastro Ambiental Rural), projetos de conservação da Biodiversidade e melhoria de qualidade de vida, e que os dados possam ser atualizados periodicamente, visando uma constante discussão sobre planejamento territorial mais sustentável.

A comunidade do Vale do Bonfim, em relação à sua situação territorial, passa por um processo de transição, pois está em processo de estudo para ser desafetada do Parque Nacional das Serras dos Órgãos. Atualmente a comunidade está sendo regulada pelo Termo de Ajuste de Conduta, o qual impõe mudanças e adequações de algumas práticas agrícolas e limita a expansão dessas áreas. Com o mapeamento do uso e cobertura do solo, as entidades públicas responsáveis podem controlar a evolução do uso e cobertura da terra dentro da área de desafetação.

Já no contexto de conservação do *hotspot* Mata Atlântica, especialmente das áreas prioritárias para a conservação, como a APA Petrópolis e o Parque Nacional das Serras dos Órgãos, a área estudada apresenta cerca de 880 hectares (cerca de 46,8 % da área total de estudo) cobertos por florestas em estágio médio ou avançado de sucessão. Este dado é extremamente importante, pois representa uma grande quantidade de área protegida pela legislação (Lei da Mata Atlântica), que auxilia na transição da biodiversidade, conectando fragmentos com as Unidades de Conservação mais relevantes, como o PARNASO. As áreas protegidas pela Lei da Mata Atlântica, somadas às áreas consideradas de proteção permanente (APPs), quando respeitadas, geram uma grande quantidade de áreas protegidas que auxiliam na diminuição dos danos causados pela fragmentação da floresta nativa. Analisando em uma escala mais ampla, a conservação desses ambientes auxiliam no sucesso do funcionamento do Corredor da Serra do Mar, áreas classificadas como sendo de alta prioridade para a conservação da biodiversidade brasileira.

A utilização do arcabouço conceitual, originadas da Ecologia de Paisagem e Geoecologia para entendimento e avaliação do espaço geográfico, auxiliado pelos sistemas de informação geográfica (SIG), se mostrou bastante eficaz quando utilizada a Bacia Hidrográfica como unidade sistêmica do estudo. Conseguiu-se gerar mapas de uso e ocupação do solo, assim como o das áreas de preservação permanente, em uma escala (1:10000) que permite identificar problemas e áreas de conflito de maneira precisa. Isso certamente auxiliará a gestão territorial da Bacia Hidrográfica do Rio Bonfim, pelo Poder Público, sociedade civil, terceiro setor e todos os outros *stakeholders*, para sugerir ações integradas de gestão do espaço geográfico sob a perspectiva sustentável.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, P.S. **Fundamentos para fotointerpretação** v1. – Teoria e métodos. Sociedade Brasileira de Cartografia. Rio de Janeiro, 1982. 129p.
- APMB, Associação de Produtores e Moradores do Bonfim, APRB, Associação dos Produtores Rurais do Bonfim, AAERB, Associação de Apoio à Escola Rural do Bonfim, SRP, Sindicato Rural de Petrópolis. **A comunidade do Bonfim ameaçada pelo Decreto-Lei Nº. 90.023/1984**. 2009.
- ASPIAZÚ, C.; BRITES, R.S. SIGs - **Sistemas de Informações geográficos, conceituação e importância**. Viçosa: SIF, 1989. 29p. (SIF. Boletim Técnico, 2).
- AZEVEDO, H. A. M. A.; BARBOSA, R. P. **Gestão de recursos hídricos no Distrito Federal: uma análise da gestão dos Comitês de Bacia Hidrográfica**. Ateliê Geográfico, Goiânia, v. 5, n. 13, p. 162- 182. 2011.
- BASTIAN, O. 2001. **Landscape Ecology: Towards a unified discipline?** Landscape Ecology.
- BÉLISLE, M. 2005. **Measuring landscape connectivity: The challenge of behavioral landscape ecology**. Ecology 86: 1988–1995.
- BENCKE, GA., MAURÍCIO, GN., DEVELEY, PF. & GOERCK, J. (orgs.), 2006. **Áreas Importantes para a Conservação das Aves no Brasil**. Parte 1- Estados do domínio da Mata Atlântica. São Paulo: SAVE Brasil. 494 p.
- BENNETT, A. F. 1990. **Habitat corridors and the conservation of small mammals in a fragmented forest environment**. Landscape Ecology. 4:109-122.
- BERGALLO, H. G., ROCHA, C. F. D., ALVES, M. A. S. e VAN SLUYS, M.(Orgs.). **A Fauna Ameaçada de Extinção do Estado do Rio de Janeiro**. 2000. p. 166, EDUERJ, Rio de Janeiro.
- BRASIL, Lei Federal nº 4771, de 15 de setembro de 1965. Código Florestal Brasileiro – DF. Disponível em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/L4771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm)> Acesso em 14 abril 2014.
- BRASIL. Lei Federal nº 9985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm) > Acessado em 26 de abril de 2014.
- BRASIL. Lei da Mata Atlântica Lei nº 11.428, de 22 de dezembro de 2006. Dispõe sobre a utilização e proteção da vegetação nativa do Bioma Mata Atlântica e dá outras providências. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm) > Acessado em 26 de abril de 2014.
- BRASIL. Lei nº 12.651, 25 de maio de 2012.. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 mai. 2012. Disponível em < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm)> Acessado em: 27 março,2014.
- BRASIL. MMA (Ministério do Meio Ambiente)/SCA (Secretaria de Coordenação da Amazônia/IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). 2001. **Programa Piloto para a Proteção das Florestas Tropicais do Brasil – PPG7**; Projeto Corredores Ecológicos. 146 p

CÂMARA,G., DAVIS,C., MONTEIRO, A.M.; D'ALGE, J.C. **Introdução à Ciência da Geoinformação.** São José dos Campos: INPE, 2001. <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf>. Acessado 27 de março de 2014.

CAMPANILI, M.; SCHÄFFER, W. B. **Mata Atlântica: manual de adequação ambiental.** Brasília: MMA/SBF, 2010. 96 p. (Biodiversidade, 35).

CAMPOS, M. A. **A Padrão E Dinâmica De Floresta Tropical, Através De Classificação Orientada A Objeto E Da Análise Da Paisagem Com Imagens Landsat.** Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, 2005.

CEIVAP (Comitê para Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul), 2001, Deliberação CEIVAP nº 08/01, que “Dispõe sobre a Implantação da Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos na Bacia do Rio Paraíba do Sul a partir de 2002”. Resende, RJ.

CORREA, F. V. **O parque nacional da serra dos órgãos: Entendendo a dinâmica do conflito na gestão.** Rio de Janeiro, 2009 252p. Dissertação de Mestrado. Instituto de Psicologia/Programa. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

CRUZ, C. B. M.; VICENZ, R. S.; SEABRA, V. S. **Conceito de paisagem numa perspectiva geossistêmica.** Revista *Ambientale* – UNEAL. ISSN: 1984-9915. Ano 4, Vol. 1, 2013.

DIXO M.; METZGER J.P.; MORGANTE J.S.; ZAMUDIO K.R. (2009). **Habitat fragmentation reduces genetic diversity and connectivity among toad populations in the Brazilian Atlantic Coastal Forest.** *Biological Conservation*, 142, 1560–1569.

EKEN G.; BENNUM L.; BOYD C.; 2004. **Protected areas design and systems planning: Key requirements for successful planning, site selection and establishment of protected areas.** Pages 37–44 in Secretariat of the Convention on Biological Diversity (SCBD).

FELGUEIRAS, C. A.. **Desenvolvimento de um Sistema de Modelagem Digital de Terreno para microcomputadores.** São José dos Campos. 202 p. (INPE-4406-TDI/303). Dissertação (Mestrado em Computação Aplicada) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 1987.

FERNANDES, M.R. e SILVA, J. C. **Programa Estadual de Manejo de Sub-Bacias Hidrográficas: Fundamentos e estratégias** - Belo Horizonte: EMATERMG. 24p. 1994.

FORMAN, R.T.T; GODRON, M. 1986. **Landscape Ecology.** John Wiley & Sons, New York, NY.

FORMAN, R.T.T. **Corridors in a landscape: their ecological structure and function.** *Ekológia (CSSR)*, v.2, n.4, p.375-387, 1983.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA E INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). 2011. **Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica: Período 2008- 2010.** São Paulo. 122p

GARCIA, V. L. A. & ANDRADE-FILHO, J. M. (2002). **Muriquis no Parque Nacional da Serra dos Órgãos.** *Neotrop. Primates* 10(2): 97.

GOODCHILD, M. F.; QUATTROCHI D. A; **Scale, multiscaling, remote sensing and GIS** [A].In:Quattrochi D A, Goodchild M F, eds. *Scale in Remote Sensing and GIS* Raton[C]. Boca Raton:CRC Lewis Publishers,1997.

GOULART, D.R. **Diagnóstico de Susceptibilidade à Erosão dos Solos da Bacia Hidrografia de Bonfim – Correas Petrópolis/RJ.** PPGG/IGEO. UFRJ, 1999. (Dissertação de Mestrado).

HARRIS, L.D., 1984. **The Fragmented Forest: Island Biogeography Theory and Preservation of Biotic Diversity**. University of Chicago Press, Chicago.

HOTT, M. C.; GUIMARÃES, M.; MIRANDA, E. E. **Um método para determinação automática de áreas de preservação permanente em topos de morros para o Estado de São Paulo**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12., Goiânia-GO: **Anais...** INPE, 2005. p. 3061- 3068.

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

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 1992. **Manual técnico da vegetação brasileira**. 2º ed. Rio de Janeiro, IBGE. Manuais técnicos em Geociências nº 1, 91 pp.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico de Uso da Terra**. 2ª edição. nº 7. Rio de Janeiro, 2006.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades. 2010**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/xtras/perfil.php?codmun=330390&search=rio-de-janeiro|petropolis>> Acesso em: 25, Março, 2014.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. (2007) **Plano de Manejo do Parque Nacional da Serra dos Órgãos**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 365p.

ICMBIO. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. 2013. **A proposta de redefinição de limites do Parque Nacional da Serra dos Órgãos**. Disponível: <[http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/texto\\_consulta\\_publica\\_internet\\_PAR\\_NASO-1.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/comunicacao/texto_consulta_publica_internet_PAR_NASO-1.pdf)>. Acessado em 22 março de 2014.

IUCN. 2006. **Red List of Threatened Species**. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. Disponível em <<http://www.iucnredlist.org>>. Acessado em 15 de abril de 2014.

JOHANSSON, M., PRIMMER, C.R., MERILA, J., 2007. **Does habitat fragmentation reduce fitness and adaptability? A case study of the common frog (Rana temporaria)**. *Molecular Ecology* 16, 2693–2700.

LAWALL, S. **Modificações na Hidrologia dos Solos em Resposta as Alterações de Uso e Cobertura na Bacia na Bacia Hidrográfica do Bonfim, Região Serrana do Rio de Janeiro**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2010. 2003p.

LINO, C. F.; ALBUQUERQUE, J. L. CONSELHO NACIONAL DA RESERVA DA BIOSFERA DA MATA ATLÂNTICA (BRASIL). **Mosaicos de Unidades de Conservação no Corredor da Serra do Mar. São Paulo (SP)**: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2007. 94p.

LOURENÇO, A. E. P. **O Bonfim na balança: um estudo sobre ruralidade e saúde por meio da análise do estado nutricional, das práticas alimentares e da agricultura num bairro de Petrópolis, Rio de Janeiro**. 2010. 202 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública)–Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2010.

MADALOSSO, S.; MIGON, N. B. ; SENNA, E. J. F. ; SANTOS, M. O. ; OLIVEIRA, M. I. **Mapeamento do uso e captação da água na região do alto Bonfim, Vale do Bonfim, Distrito de Corrêas, Petrópolis/RJ**, 2013.

- MALLET - RODRIGUES, F., PARRINI, R. & PACHECO, J. F. (2007) **Birds of the Serra dos Órgãos, state of Rio de Janeiro, southeastern Brazil: a review**. Rev. Brasil. Orn. 15: 5–35.
- McGARIGAL, K. & MARKS, B.J. 1995. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure**. U.S. Forest Service General Technical. Report PNW 351.
- MEDEIROS, R. & YOUNG, C.E.F. 2011. **Contribuição das unidades de Conservação brasileiras para a economia nacional: Relatório Final**. Brasília: UNEP-WCMC.
- MIRANDA, E. E de. **Terras do Brasil: o alcance da legislação ambiental e territorial**. Revista ECO-21. Rio de Janeiro, 2008, p. 09.
- MITTERMEIER, R.A., GIL, P.R., HOFFMANN, M., PILGRIM, J., BROOKS, J., MITTERMEIER, C.G., LAMOURUX, J., FONSECA, G.A.B., 2005. **Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. Cemex, Washington, DC.
- MORAES, M.E.B.; LORANDI, R. **Aplicação da abordagem analítica na elaboração de uma proposta de zoneamento ambiental para bacia do Rio Bonito (SP)**. Geografia, Rio Claro (SP), v.30, n.1, p. 95- 114, 2003.
- MOSAICO AMBIENTAL - **Diagnóstico Geobiofísico e Socioeconômico: Subsídios ao Planejamento e Gestão Territorial com foco na Segurança Ambiental e Gestão dos Recursos Hídricos**. Bacia do Rio Manga Larga – Itaipava – Petrópolis/ RJ. Associação de Moradores e Amigos da Manga Larga. 2013. 157pags.
- MYERS N, MITTERMEIER RA, MITTERMEIER CG, da FONSECA GAB, KENT J. 2000. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature 403: 853–858.
- NASCIMENTO, M. C.; SOARES, V. P.; RIBEIRO, C. A. A. S.; SILVA, E. **Uso do geoprocessamento na identificação de conflito de uso da terra em áreas de preservação permanente Bacia Hidrográfica do Rio Alegre, Espírito Santo**. Ciência Florestal, Santa Maria, v. 15, n. 2, p. 207-220, 2005. Disponível em:<<http://www.ufsm.br/cienciaflorestal/artigos/v15n2/A10V15N2.pdf>>. Acesso em: 10 abril 2014.
- NOBRE, A. D.; SILVEIRA, A.; RODRIGUES, G.; VALLE, R. S. T.; OBREGÓN, G.; AUGUSTO, C.; CANAVESI, V.; CUARTAS, L. A. **Aspectos físicos e geográficos das áreas ripárias no Brasil: análise preliminar da legislação**. Ciência para o Código Florestal. São José dos Campos: Centro de Ciência para o Sistema Terrestre – INPE, 2011. 110 p. Relatório Científico.
- O GLOBO: **A Comunidade Do Bonfim Ameaçada, Pelo Decreto-LEI Nº. 90.023/1984**. 1984.
- OLIVEIRA, J. C; SILVA, J. M. F. 2005. **Influência da segmentação no processo de Classificação por região**. Anais - XII Simpósio de Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiânia, p. 4209 – 4216.
- PAULINO SM. **As cidades e as serras. Espaço e identidades sociais na construção da ruralidade**. In: Moreira RJ, editor. Identidades Sociais: ruralidades no Brasil contemporânea. Rio de Janeiro: DP&A; 2005.
- PINTO, L. P. S. (ed.). 2000. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade da Mata Atlântica e Campos Sulinos: Relatório técnico**. Belo Horizonte: MMA, Conservation International do Brasil, Fundação SOS Mata Atlântica, Fundação Biodiversitas, Instituto de Pesquisas Ecológicas, Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, Semad/Instituto Estadual de Florestas-MG.

PINTO, L.P., BEDÊ, L., PAESE, A., FONSECA, M., PAGLIA, A.; LAMAS, I. **Mata Atlântica Brasileira: os desafios para conservação da biodiversidade de um hotspot mundial**. In: ROCHA, C.F.D.; BERGALLO, H.G.; SLUYS, M.V.; ALVES, M.A.S. (eds.). *Biologia da Conservação: Essências*. Rio de Janeiro: RiMa Editora, 2006. p.91-118.

PINTO, L. V. A.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FERREIRA, E. **Estudos das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG**. *Scientia Florestalis*, n. 65, p. 197-206, 2004. Disponível em: <<http://www.ipef.br/publicacoes/scientia/nr65/cap19.pdf>>. Acesso em: 10 abril. 2014.

PRADO, P.I.; LANDAU, E.C.; MOURA, R.T.; PINTO, L.P.S.; FONSECA, G.A.B. & ALGER, K. (orgs.). 2003. **Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia**. Ilhéus, IESB/CI/CABS/UFMG/UNICAMP.

REIS, A.; BECHARA, F. C.; ESPINDOLA, M. B.; VIEIRA, N. K.; SOUZA, L. L. de. **Restauração de áreas degradadas: a nucleação como base para incrementar os processos sucessionais**. *Natureza & Conservação*, Curitiba, v. 1, n. 1, p. 28-36, 2003.

REIS, R. B. **Mapeamento das Áreas de Preservação Permanentes (APP) como Subsídio à Elaboração de Estratégias de Conservação e Recuperação - Estudo de Caso na APA do Rio São João/Mico-Leão-Dourado (RJ)**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro. 2008. 134p.

RICHARDS, J. A. **Remote Sensing Digital Image Analysis – An Introduction**. Ed. Springer-Verlag. New York, EUA, 1986. 281 p.

RICKETTS, T.H., G.C. DAILY, P.R. EHRLICH, and C. MICHENER (2004). **Economic value of tropical forest to coffee production**. *Proceedings of the National Academy of Sciences - US*. 101(34):12579-12582

ROCHA, F.S. **Conservação de pequenos mamíferos no Pontal do Paranapanema (SP): diagnóstico de padrões de comunidades e sugestões de manejo**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, USP, Brasil. 2004.

ROCHA, C. F. D., VAN SLUYS, M., ALVES, M. A. S. e BERGALLLO, H. G. 2000. **Corredores de conservação e sua importância em propostas de reflorestamento no estado do Rio de Janeiro**. In: Fundação Centro de Informações e Dados do Rio de Janeiro índice de Qualidade dos municípios-verde (IQMverde). Rio de Janeiro.

ROCHA, L. G. M. A situação fundiária do Parque Nacional da Serra dos Órgãos. IN: CRONEMBERGER, C. e VIVEIROS DE CASTRO, E. D. (org.) **Ciência e conservação na Serra dos Órgãos**. Brasília: IBAMA, 2007 (p. 39-54).

ROCHA, L.G.M. **Os Parques Nacionais do Brasil e a questão fundiária: o caso do Parque Nacional da Serra dos Órgãos**. 2002. 190f. Dissertação (Mestrado em Ciência Ambiental) – Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2002.

RUA, J. **Paisagem, espaço e sustentabilidades: uma perspectiva multidimensional da geografia / organização**: – Rio de Janeiro : Ed. PUC-Rio, 2007.

SANDERSON, J., K. ALGER, G. A. B. da FONSECA, C. GALINDO-LEAL, V. H. INCHAUSTY, and K. MORRISON. 2003. **Biodiversity Conservation Corridors: Planning, Implementing, and Monitoring Sustainable Landscapes**. Washington (DC) Conservation International.

SANTOS, A. R. dos; LOUZADA, F. L. R de O.; EUGENIO, F. C. (Coord.). **ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados especiais**. Alegre, ES: Ciências Agrárias Universidade Federal do Espírito

Santo/CAUFES, 180 p., 2010.

SAUNDERS, D.A., HOBBS, R.J., MERGULES, C.R., 1991. **Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review**. *Conservation Biology* 5, 18–32.

SCHÄFFER, W. B.; ROSA, M R.; AQUINO, L. C. S; MEDEIROS, J. D. **Áreas de Preservação Permanente e Unidades de Conservação & Áreas de Risco. O que uma coisa tem a ver com a outra?** Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília: MMA, 2011. 96p. (Série Biodiversidade, 41).

SERIGATTO, E. M. **Delimitação automática das áreas de preservação permanentes e identificação dos conflitos de uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Sepotuba- MT**. Tese de Doutorado apresentada na Universidade Federal de Viçosa 2006. 203f.

TABARELLI, M.; AGUIAR, A. V.; RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; PERES, C. A. **Prospects for biodiversity conservation in the Atlantic Forest: lessons from aging human-modified landscapes**. *Biological Conservation*, vol. 143, no. 10, pp. 2328–2340, 2010.

TORRICO, J.C., GAESE, H., WESENBERG, J., SATTTLER, D., HEINRICH, J., NEHREN, U. & RAEDIG, C. (2009) **The dynamic of Mata Atlântica**. In: Gaese, H., Torrico, J.C., Wesenberg, J. & Schlüter, S. (eds.). *Biodiversity and land use systems in the fragmented Mata Atlântica of Rio de Janeiro*. Cuvillier Verlag, Göttingen: 3-38.

TOLEDO, A.R. **Corredores Biológicos: entre el neoliberalismo y labúsqueda de equidad social**. *Revista Simposium*. Março/2004.

TROPPEMAIR H., 1999. **Ecologia da Paisagem: Uma Retrospectiva**. I Fórum de Debates Ecologia da Paisagem e Planejamento Ambiental. Disponível em < <http://www.seb-ecologia.org.br/forum/inicio.htm> >. Acesso em: 27 março,2014.

TUNDISI, T.; SIDAGIS GALLI, C. (Ed.) **Eutrofização na América do Sul: causas, tecnologias de gerenciamento e controle**. IIE, Iiega, IAP, Ianas, ABC, 2006. p.337-52.

TURNER, M.G, GARDNER, R. H. & O'NEIL, R. V. **Landscape Ecology in Theory and Practice, Pattern and Process**. Springer Verlag, New York. 401p. 2001.

UEZU, A.; CULLEN JUNIOR, L. **Da fragmentação florestal à restauração da paisagem: aliando conhecimento científico e oportunidades legais para conservação**. In: PAESE, A. et al. (Orgs.) *Conservação da biodiversidade com SIG*. São Paulo: Oficina de Textos, 2012. p. 13-23.

VALENTE, O. F.; GOMES, M. A. **Conservação de nascentes: hidrologia e manejo de bacias hidrográficas de cabeceiras**. Viçosa-MG: Editora Aprenda Fácil, 2005. 210 p.

VALVERDE, Y. **Áreas de Proteção Ambiental (APAs): A Conservação em Sistemas de Paisagens Protegidas – Análise da APA Petrópolis/RJ**/ Yara Valverde – 2009 344 f.: il. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 2009. Orientadores: Antonio J. Teixeira Guerra

VIANA, V. M. **Biologia e manejo de fragmentos de florestas naturais**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão-SP. Anais... v. 1, p. 113-118.

VIVEIROS de CASTRO, E.B.; COUTINHO, B.H.; CRUZ, J.C.O. NUNES, F.S.B.; FREITAS, L.E. & MEIER, G. 2008. **Ampliando a escala de conservação: avaliação de áreas potenciais e proposta de ampliação do Parque Nacional da Serra dos Órgãos**. *Espaço & Geografia* vol. 11, no 1, 115:145.

## ANEXO A

### **Minuta do Termo de Compromisso firmada entre a Associação de Moradores e Produtores do Bonfim e a administração do Parque Nacional da Serra dos Órgãos**

Pelo presente instrumento, de um lado a Associação de Moradores e Produtores do Bonfim, com sede na (endereço), adiante denominado de Primeiro Compromissário; e de outro o Parque Nacional da Serra dos Órgãos (PARNASO), com sede na Av. Rotariana, s/n Teresópolis-RJ, neste ato representado pelo Presidente do ICMBio Roberto Ricardo Vizentim, adiante denominado Segundo Compromissário, celebram o presente Termo de Compromisso, nos seguintes termos e condições:

Considerando a Instrução Normativa 26, de 04/07/2012, que: "Estabelece diretrizes e regulamenta os procedimentos para a elaboração, implementação e monitoramento de termos de compromisso entre o Instituto Chico Mendes e populações tradicionais residentes em unidades de conservação onde sua presença não seja admitida ou esteja em desacordo com os instrumentos de gestão".

Considerando o parágrafo segundo do art. 12 da IN 26 que cita: "Quando pertinente, o termo de compromisso poderá ser assinado por pessoa legalmente constituída que represente o grupo social envolvido, firmando-se um termo de adesão com representante de cada família compromissária que individualize as obrigações pessoalmente assumidas pelo ocupante, ao qual serão anexados os documentos de identificação pessoal do subscritor." Neste caso, a Associação de Produtores rurais do Bonfim, ou seja, a Primeira Compromissária.

Considerando que na demarcação do Parque Nacional da Serra dos Órgãos realizada em 1984, o então IBDF incorporou as áreas da comunidade do Bonfim nos limites geográficos desta Unidade de Conservação.

Considerando que o Processo Administrativo nº 02045000337/2010-14, que trata da redelimitação do PARNASO, propõe a exclusão das áreas hoje utilizadas diretamente pela comunidade do Bonfim.

Fica compromissado:

**CLÁUSULA PRIMEIRA:** O Primeiro Compromissário não poderá expandir as áreas de cultivo agrícola e pousio.

**CLÁUSULA SEGUNDA:** As ampliações de residências poderão ocorrer num máximo de 40 metros quadrados por imóvel já construído e deverão ser autorizadas pelo Segundo Compromissário, visando à adequação à legislação ambiental vigente.

**CLÁUSULA TERCEIRA:** As reformas nos imóveis já existentes que impliquem em demolição e reconstrução de estruturas e que não resultem em acréscimo de área construída, deverão ser previamente informadas ao Segundo Compromissário.

**CLÁUSULA QUARTA:** O uso de agrotóxicos deverá ser utilizado somente sob a orientação de assistência técnica de instituições públicas de extensão rural ou de engenheiro agrônomo credenciado. A utilização desses produtos deverá ser acompanhada pelo segundo compromissário visando uma redução gradual nos próximos três anos.

**CLÁUSULA QUINTA:** O segundo compromissário deverá promover a articulação junto aos órgãos públicos responsáveis pela assistência técnica e extensão rural visando a promoção de capacitação e assistência técnica aos produtores envolvidos.

**CLÁUSULA SEXTA:** Todos os imóveis deverão possuir um sistema de tratamento de esgotamento sanitário, aprovado por profissional competente, em um prazo máximo de três anos a partir da publicação do presente termo.

**CLÁUSULA SÉTIMA:** O Primeiro Compromissário deverá apresentar ao segundo compromissário todos os pontos de captação d'água no vale do Bonfim no prazo máximo de

seis meses, a partir da publicação do presente termo, visando o ordenamento das captações de água.

**CLÁUSULA OITAVA:** O segundo Compromissário deverá apresentar ao primeiro compromissário proposta de ordenamento das captações de água no Vale do Bonfim em um prazo máximo de 18 meses a partir da publicação do presente termo.

**CLÁUSULA NONA:** O segundo compromissário deverá promover ações e programas de educação ambiental e sensibilização nas escolas de ensino formal do Vale do Bonfim.

**CLÁUSULA DECIMA:** Até a publicação deste Termo de Compromisso, o Primeiro Compromissário deverá seguir as normas estabelecidas para a Zona de Ocupação Temporária, na qual se insere segundo o Plano de Manejo desta Unidade de Conservação.

**CLÁUSULA DÉCIMA PRIMEIRA:** Após o processo de redelimitação do PARNASO, a área atualmente ocupada pela comunidade do Bonfim será excluída dos limites geográficos do Parque Nacional da Serra dos Órgãos-ICMBio-RJ e estará inserida, na área da APA/Petrópolis-ICMBio-RJ. Devendo o zoneamento ser construído de maneira participativa com os interessados.

O presente termo terá validade de três anos ou concluído o processo de Redelimitação, podendo ser renovado por igual período. Este Termo de Compromisso entrará em vigor a partir de sua data publicação. E, por estarem as partes de acordo, firmam o presente.