



Renata Simão de Oliveira

**Análise da Eficiência da Legislação Federal
n° 4.771/65 e do Decreto Estadual n°
42.484/2010 para Demarcação de FMP,
comparada com o Mapeamento de Inundação
Específico do Rio Príncipe – Teresópolis, na
Enchente de Janeiro de 2011**

Dissertação de Mestrado

Dissertação apresentada como requisito parcial para
obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-
graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da
PUC-Rio.

Orientador: Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego

Rio de Janeiro

Março de 2015



Renata Simão de Oliveira

Análise da Eficiência da Legislação Federal nº 4.771/65 e do decreto Estadual nº 42.484/2010 para Demarcação de FMP Comparada com o Mapeamento de Inundação Específico do Rio Príncipe – Teresópolis, na Enchente de Janeiro de 2011

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-Rio. Aprovada pela comissão examinadora abaixo assinada.

Prof. Luiz Felipe Guanaes Rego

Orientador

Departamento de Geografia – PUC-Rio

Prof. Tácio Mauro Pereira de Campos

Departamento de Engenharia Civil – PUC-Rio

Profa. Marilene de Oliveira Ramos Múrias dos Santos

FGV

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro

Março de 2015

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, da autora e do orientador.

Renata Simão de Oliveira

Graduou-se em Engenharia Ambiental na FUMEC (Universidade Mineira de Educação e Cultura) em 2010.

Sua área de atuação compreende diversos ramos de Engenharia, como gestão ambiental, engenharia hidráulica e siderúrgica. Trabalhou em Órgão Estadual e em empresas siderúrgicas. Responsável pelo Projeto de Recuperação Ambiental do rio Príncipe e Ímbui após a enchente de Janeiro de 2011, Teresópolis e pelo Projeto de Recuperação da Lagoa de Piratinga e sua Modelagem Hidrodinâmica – Niteroi (2014).

Ficha Catalográfica

Oliveira, Renata Simão de

Análise da eficiência da legislação federal nº 4.771/65 e do decreto estadual nº 42.484/2010 para demarcação de FMP, comparada com o mapeamento de inundação específico do rio Príncipe – Teresópolis, na enchente de janeiro de 2011 / Renata Simão de Oliveira ; orientador: Luiz Felipe Guanaes Rego. – 2015.

123 f. : il. (color.) ; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana e Ambiental, 2015.

Inclui bibliografia

1. Engenharia civil – Teses. 2. Mancha de inundação. 3. Legislação. 4. Faixa marginal de proteção. I. Rego, Luiz Felipe Guanaes. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Engenharia Civil. III. Título.

*“A mente que se abre a uma nova idéia
jamais voltará ao seu tamanho original.”*
Albert Einstein.

Agradecimentos

Agradeço em primeiro lugar a minha família, que sempre me apoiou e me deu forças para seguir em frente nas minhas decisões, mesmo que incertas, e sempre estiveram presentes nos momentos difíceis. Especialmente ao meu pai e minha mãe, que acompanharam o processo do meu desenvolvimento de perto, sempre me orientando da melhor maneira possível.

Ao Instituto Estadual do Ambiente, onde trabalhei alguns anos, e obtive todo o retorno necessário para elaboração deste trabalho. Em especial, tenho que agradecer à Alline Lamenha, por sua paciência em me ajudar a trabalhar com o ArcGis e à minha ex chefe Maria Alice Ferreira.

Agradeço a todos que me acolheram no Rio de Janeiro, e me ofereçam momentos maravilhosos. Aos meus amigos que me proporcionaram momentos de alegria, e ao Fernando que esteve a maior parte do tempo me dando suporte para seguir em frente.

Ao meu orientador, Luiz Felipe Guanaes que me deu todo suporte e atenção para a elaboração da dissertação, sempre acompanhando de perto o meu trabalho. Agradeço também a Renata e a Daise, que trabalham no NIMA.

Resumo

Oliveira, Renata Simão de, Rego, Luiz Felipe Guanaes (Orientador). **Análise da Eficiência da Legislação Federal nº 4.771/65 e do Decreto Estadual nº 42.484/2010 para Demarcação de FMP, comparada com o Mapeamento de Inundação Específico do Rio Príncipe – Teresópolis, na Enchente de Janeiro de 2011.** Rio de Janeiro, 2015. 123 p. Dissertação de Mestrado–Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Um dos maiores problemas que afetam a população mundial nos dias de hoje são as inundações, que atingem centros urbanos, causando perdas materiais e prejudicando a qualidade de vida populacional. Este trabalho tem a finalidade de comparar a Legislação Federal Brasileira, conhecida como Código Florestal, o Decreto Estadual do Rio de Janeiro sobre a delimitação da FMP e a elaboração de uma mancha de inundação simplificada e específica, elaborada a partir do uso e ocupação do solo local, hipsometria e declividade, para verificar áreas de risco iminente para população, demonstrando a importância da conservação destas áreas no entorno do rio. Na Legislação Federal, a Faixa Marginal de Proteção é considerada muito ampla para os rios, uma vez que cada curso d'água possui uma característica própria, considerando algumas variáveis importantes como a declividade e o nível de ocupação do solo, não podendo limitar a FMP apenas de acordo com a largura deste. Já o Decreto Estadual, utiliza-se apenas em casos muito específicos, quando o rio possui uma implantação de calha de projeto. Ambas as legislações não se encaixam para todos os tipos de rios, deixando assim uma falha na hora da demarcação da FMP e na verificação de locais de risco à população. Junto a uma adequada definição da área, fazem-se necessárias vistorias do Poder Público ao local, para que esta ocupação desordenada seja fiscalizada com frequência para que evite a ocupação dos locais de risco, resguardando então a vida da população do entorno junto à preservação do meio ambiente.

Palavras- Chave:

Mancha de inundação; Legislação; Faixa Marginal de Proteção.

EXTEND ABSTRACT

Oliveira, Renata Simão de, Rego, Luiz Felipe Guanaes. (Advisor). **Analysis of the Efficiency of Federal Law No. 4.771/65 and State Decree No. 42.484/2010 for Protection Marginal Strip Demarcation Compared to the Specific Flood Mapping of river Principe - Teresópolis.** Rio de Janeiro, 2015. 123 p. MSc. Dissertation - Departamento de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

One of the biggest problems affecting the world population today is flooding, which reach urban centers, causing property losses and damaging the life quality. This study has the purpose to compare the Brazilian Federal Legislation, known as the Forest Code with the State Decree of Rio de Janeiro, which the subject is related to the delimitation of the Protection Marginal Range and with the development of a spot in a simplified and specific flood, drawn from the use and occupation of land, latitude and slope, to verify areas of imminent risk to population, demonstrating the importance of conservation of these coastal areas.

For the Federal Law, Protection Marginal Range only varies according to the width of the river, being the less important characteristic for such delimitation. Each river has your own characteristic, like slopes, altitude and land use level, considering important variables for delimitation areas of imminent risk to population. Meantime, the State Decree is used only in very specific cases, when the river has a project deployment. This means that both laws do not fit to all types of rivers, leaving a failure at the time of demarcation the Protection Marginal Range and the verification of the risk of local population.

After the definition of the area, are necessary inspections of the Government to these areas, so that this disordered occupation is verified frequently to avoid the occupation of risk locations, so protecting the life of the surrounding population with the preservation of environment.

The main goal of this work was evaluate the efficiency of the mapping with the simplified and specific flood of river Principe in Teresópolis, using simple methods with dates from the internet and the software ArcGis, using the own characteristic of the river, like slopes, altitude and land use level. The work use the Brazilians Laws to compare there efficiencies.

The specifics goals are the identification of the local's determinants the elaboration of the flood mapping, the risk delimitation and the identification of the soil's change before and after the flood of 2011.

The use and occupation of the soil has become a important subject, since the irregular occupation has been development quickly on the last few decades, causing many financials, environmental and health problems, mainly on the third world countries.

The floods are natural phenomena that do part of the natural dynamic, being intensified with urban anthropogenic changes, once the disorderly growing of the population has become high near to the rivers and many times, influencing directly in the natural wagons oh them. Another problem is the necessity of urban planning together with a corrupt administration including a rigorous supervision of this occupation these places become ideal scenarios for disasters.

One of the worst floods in Brazil, happened in January 2011, in "Região

Serrana,” State of Rio de Janeiro, cause of the intense rains in a short period of time. Many regions were affected, and more hit by floods were Teresópolis, Petrópolis and Nova Friburgo.

For the preparation of studies, spatial analysis tools were essential to do the photo interpretation of the use and occupation areas before and after the flood and the preparation of flood spot. Important to achieve the objectives of the study were supported by theoretical and methodological frameworks that underpin the factors that influence the flooding process, the territory readings from public data, using them as input. This work was based on some important issues that influence directly the results of the study.

The starting point was the analysis of the relevant factors in the case of floods, such as the importance of forests to directly influence the hydrological cycle. Because it has regulatory functions, reducing the risk of floods and flooding due to the reaction of soil erosion and silting of rivers. Most interception, bioactivity and network denser roots found in forested soil provide a lower total amount of infiltrated water (Refosco & Pinheiro, 1992).

According to Beltrame (1994), the vegetation cover plays a fundamental role in maintaining the water cycle, to protect the soil against the impact of the drops of rain. Besides the action of roots increase the porosity and permeability of the soil, further reducing the runoff and keep its moisture and fertility by the presence of organic matter.

The efficiency of the vegetation interception will be directly related to the precipitation characteristics, the type of vegetation density, climatic conditions and time of year (Tucci, 2000). Rain is the most common form of precipitation, which varies by precipitate volume, intensity and antecedent rain. According to the same author, in forests where rainfall amounts are less than 0.3 mm, the vegetation can trap all the water, but precipitation greater than 1 mm, only an amount of 10% to 40% by volume can be intercepted.

Silva, et al. (2005), mentions that relief, type of soil, climate and use and occupation soil are the factors that influence the carrying of sediments to the river, and the ground cover has a decisive influence on the loss of water and soil, influencing also in the quantity and quality of water. The same author explains that the soil cover dissipates the kinetic energy of the direct impact of rain drops on the surface, which decreases the breakdown of particles and hence the concentration of runoff, and represents a mechanical barrier to runoff, which will have a speed beyond the breakout capacity and transport of low sediment.

The Electronic Journal of Education Faculty of Araguaia, cites that forests act as a filter, retaining sediments so that they are not deposited in water.

Another relevant factor is the use and occupation of land, which is directly linked to the previous factor, due to less infiltration and consequently the increase of runoff.

Lago (1989) mentions that the use of agricultural or urban land, can cause major imbalances regarding the behavior of water bodies, especially in the matters of flow.

The main cause of landscape degradation both in rural areas as in urban areas, is inadequate soil management. But the landscape degradation may result from demographic pressure in search of natural resources. The natural conditions, along with the improper use of land, accelerate the degradation processes, as the concentration of rain on slopes devoid of vegetation, among other causes. (Guerra and Cunha, 1996).

The relation of this occupation of physical space with functional hydrological processes in the basin should be considered for time series analysis of hydrological parameters of river. The charging processes, storage, disposal chemical hydro relations and habitats that define the environmental hydro behavior of river. (Chiranda 2002)

Another important factor is deforestation and degradation without a plan, which according to Victor (1975) when the place is devastated, more ease of other forms of improper exploitation of natural resources occur, as not having a territorial planning, generating disorderly land occupation, causing a chaotic and environmental degradation frame, consequences of exaggerated pressure that the number of inhabitants has on natural resources and the environment, generates next environmental systems of collapse, resulting in decreased quality of life community.

The loss of the original vegetation cover has become a worrying fact, since the man changed in some aggressively methods, causing adverse effects on water resources. Stimamiglio (1993) showed that with a project of watershed areas recovery in Joinville, showing that the removal of vegetation cover leaves the bare ground, and the strong frequent rains in the region, suffers the erosive effect causing a lot of problems, starting with soil particle entrainment and vegetable scraps to waterways, and this material is deposited on the rails, causing siltation and reduced river flow, thus increasing the risk of flooding.

According to Tucci (1998), the main element of deforestation is: the type of coverage in which the forest is replaced and the method used to deforestation. Also according to this same author, deforestation is a general term for various changes in coverage.

Urbanization also affects directly in cases of flood, as quoted Tucci (2004), urban development often has a lack of urban control, and infrastructure in many places is poor, such as water supply, sewage, urban drainage, solid waste and flooding in the vicinity of the river, which turns into a deterioration of the environmental scenario of quality of life and environmental impact. Use of the risk of soil and / or expansion of floods in urban drainage that are caused due to soil sealing cause urban flooding.

Another objective reached in this study was the analysis of the Brazilian environmental law, checking their efficiency according to the flood spot.

The Legislation analyzed in the study was: The old Forest Code, Brazilian Federal Law No. 4.771 / 65 and Decree from Rio de Janeiro State No. 42,484 / 2010.

For Franco (2009), federal legislation should have more severe restrictions on the use of these areas, since such protection was expressly established for preservation, and therefore, should not allow the indirect character, and yes, the conservation system, which will allows sustainable use of natural resources. The same author cites the natural resources such as rivers, lakes, forests, riparian forests, and says that the riverine woods make their ecological process while maintaining the quality and quantity of water, essential to life, and therefore must be preserved.

In Machado's vision (2007), the Permanent Preservation Areas protect water resources and the riverbeds of erosion caused by rain, and so are not susceptible areas of exploration, which should be preserved totally without undergoing any change.

The purpose of flood spot in this work is to identify real risk areas and

encourage the development of this mapping to municipalities to possess greater control over the use and occupation of land. This mapping was done in a basic way, using data available on the internet and using the ArcGIS program, without being required field work, using input from public databases, such as: Digital Elevation Model (IBGE); Refund aerophotogrammetric (INEA, 2011); IBGE images (2008); Google Earth images (2010 and 2011), in addition to three important variables used for the elaboration, according to Saaty (1977), are they:

- Use and occupation;
- Altimetry;
- Slope;

Were demarcated the river surrounding houses using preterit flood images from Google Earth, in 2010, and the post-flood aerophotogrammetric images, of 2011, which resulted in the photo-interpretation of the site, guiding the amount of houses that were destroyed in the flood. After this step, an overlap of the images has been made above to assessing the compatibility of flood spot and legislation according to the houses destroyed.

After the preparation of maps and classification of weights, each variable need a weight to the calculation. For Saaty (1977), was elaborated a basis of calculation for the weights of each variable. The result was:

Variables	Weight
Use and occupation	0,1047
Slope	0,2552
Altimetry	0,6399

With ArcGIS program, using the tool "Map Algebra - Raster Calculat" five basic calculations were prepared for each image, as follows: Slope and altimetry of SE images, NE, SO and NO; use and occupation of land and the river, both using the same weight of use and occupation;

The example of a calculation was used: (reclassification and occupation x 0.1047) + (0.2552 x reclassifications of the SE slope) + (reclassification of altimetry x 0.6399) + (reclassification of the river x 0.1047).

After completing this step, it was possible to get the map flood from river Principe. To continue the analysis of comparing the efficiency of specific flood map from the river with the Federal Law, there was an overlap of images, where the delimitation of the marginal range of protection was added to the flood stain file, together with the files which the houses marked were destroyed by the flood of 2011.

After the elaboration of the flooding map with the analyses of the Laws, was possible to realize that the Brazilians Laws are overstated and not making sense when the subject is the delimitation of the areas close to the rivers.

Keywords:

Spot Flood; Law; Protection Marginal Strip.

Sumário

Agradecimentos	3
1. INTRODUÇÃO	19
1.1 OBJETIVOS	25
1.1.1 Objetivo Principal	25
1.1.2 Objetivos Específicos	25
2. REFERENCIAL TEÓRICO	26
2.1 Condicionantes	26
2.1.1 Importâncias das Florestas no Ciclo Hidrológico	26
2.1.2 Uso e Ocupação do Solo	29
2.1.3 Desmatamento e Degradação	32
2.1.4 Urbanização	36
2.2 Mapeamento da Mancha de Inundação	38
2.3 Legislações	39
2.3.1 Área de Preservação Ambiental	39
2.3.2 Faixa Marginal de Proteção	41
2.3.3 Lei Federal nº 4.771/1965 – Código Florestal	42
2.3.4 Decreto Estadual nº 42.484/2010	44
2.4 Uso do Google Earth para mapeamento do uso do solo.	47
3. METODOLOGIA	48
3.1 Estudo de Caso	48
3.2 Materiais	50
3.3 Métodos	50
3.3.1 Etapas do Trabalho	50
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	54
4.1 Identificação das determinantes locais	54
4.1.1 História do Município	54

4.1.2 Dados Socioeconômicos	55
4.1.3 Recursos Hídricos	61
4.1.4 Caracterização do Regime Hidrológico	65
4.1.5 Histórico de Eventos Chuvosos em Teresópolis	66
4.1.6 Monitoramento da Bacia Hidrográfica	67
4.1.7 Uso e Ocupação do Solo	70
4.1.8 Paisagem	72
4.1.9 Cobertura Vegetal	73
4.1.10 Fisiografia	74
4.1.11 Clima e Regime Pluviométrico	77
4.2 Mapeamento da mancha de inundação	81
4.2.1 Uso e ocupação do solo	81
4.2.2 Altitude	85
4.2.3 Declividade	88
4.2.4 Cálculo da mancha de inundação:	91
4.3 Espacialização da Legislação Federal	94
4.4 Mapeamento e identificação das mudanças de cobertura entre os anos de 2008 e 2011.	96
4.5 Mancha de inundação segundo o Decreto Estadual nº 42.484/2010	99
4.6 Comparação e superposição da alteração de cobertura dos mapeamentos de inundação e da legislação federal e do Decreto Estadual do INEA	102
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	110
6. Referências bibliográficas	114

Listas de figuras

Figura 1: Número de desastres por ano.	21
Figura 2: Trecho do rio Príncipe no momento da inundação de 2011.	24
Figura 3: Cobertura vegetal e suas consequências.	33
Figura 4: Evolução da FMP durante os anos aplicados a um curso d'água de até 10 metros de largura.	42
Figura 5: Demarcação da FMP de acordo com a largura do rio	43
Figura 6: Localização de Teresópolis	49
Figura 7: Estabelecimentos de saúde.	59
Figura 8: Morbidade hospitalar.	59
Figura 9: Despesas e receitas orçamentárias.	60
Figura 10: Produto Interno Bruto (PIB).	61
Figura 11: Rios que compõem a hidrografia do município de Teresópolis.	64
Figura 12: Regime Fluviométrico mensal do rio Preto – Teresópolis.	66
Figura 13: Localização dos postos Fluviométricos da região de Teresópolis.	68
Figura 14: Localização dos Postos Pluviométricos em Teresópolis	70
Figura 15: Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica em Teresópolis.	71
Figura 16: Diagnóstico do Risco a Escorregamentos no Estado em Nov/ Dec 2010.	75
Figura 17: Geologia	76
Figura 18: Área afetada no bairro Posse – Teresópolis	76
Figura 19: Imagem anterior à enchente de 2011.	80
Figura 20: Imagem posterior à enchente de 2011.	80
Figura 21: Polígonos do uso e ocupação do solo.	84
Figura 22: Raster de uso e ocupação do solo.	85
Figura 23: Reclassificação da altimetria.	87
Figura 24: Modelo Digital de Elevação.	89
Figura 25: Reclassificação da declividade.	90
Figura 26: Mancha de inundação.	94

Figura 27: Espacialização da FMP.	95
Figura 28: Marcação das casas no trecho superior, atingidas pela enchente.	96
Figura 29: Marcação das casas no trecho superior, atingidas pela enchente.	97
Figura 30: Sobreposição das imagens e demarcação das casas no trecho superior.	98
Figura 31: Trecho superior com uma barragem projetada.	100
Figura 32: Trecho superior.	100
Figura 33: Trecho inferior.	101
Figura 34: Sobreposição dos resultados no trecho superior.	102
Figura 35: Sobreposição dos resultados no trecho no meio do rio.	103
Figura 36: Sobreposição dos resultados no trecho no meio do rio.	104
Figura 37: Sobreposição dos resultados no trecho no meio do rio.	105
Figura 38: Sobreposição dos resultados no trecho no meio do rio.	106
Figura 39: Sobreposição dos resultados no trecho no meio do rio.	107
Figura 40: Sobreposição dos resultados no trecho inferior do rio.	108

Lista de quadros

Quadro 1: Evolução da população brasileira de acordo com os anos.	22
Quadro 2: Organograma	51
Quadro 3: Tipos de vegetações e suas classificações no local de estudo.	83

Lista de tabelas

Tabela 3: Desmatamentos nas regiões do Sul e Sudeste entre 1900 e 1990.	32
Tabela 6: Dados básicos do município de Teresópolis	55
Tabela 7: Taxa de crescimento estimativo da população até 2009.	56
Tabela 8: Distribuição da população por sexo, segundo os grupos de idade.	57
Tabela 9: População residente, por sexo e situação do domicílio e alfabetização.	57
Tabela 10: Educação no município de Teresópolis.	58
Tabela 18: Comparações a serem realizadas.	91
Tabela 19: Matriz de Nível hierárquico	91
Tabela 20: Valores para cada característica.	92
Tabela 22: Resultado da divisão dos fatores pela soma/Montagem da Matriz de Comparação.	93
Tabela 23: Pesos para cada fator.	93

SIGLAS

ANA – Agência Nacional das Águas
APP – Área de preservação permanente
FMP – Faixa marginal de proteção
INEA – Instituto Estadual do Ambiente
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas
ONU – Organização das Nações Unidas
PRC - Pontos de referência para cálculo
TR – Tempo de recorrência

1. INTRODUÇÃO

O uso e ocupação do solo tem se tornado um assunto bastante polêmico, uma vez que a ocupação irregular tem evoluído rapidamente nos últimos anos acarretando sérios problemas de ordem sócio econômica, ambiental e prejudicando a saúde e qualidade de vida da população mundial, principalmente nos países subdesenvolvidos e em desenvolvimento.

Nos dias de hoje, a ocupação desordenada do solo tem avançado bastante em áreas localizadas no entorno dos rios, de preservação ambiental e em áreas de risco que, muitas vezes acabam influenciando diretamente nas vazões naturais dos rios, alterando assim o regime hídrico.

As planícies de inundação são áreas localizadas nos limites das margens dos rios, que servem para o extravasamento das vazões dos rios em períodos chuvosos. Quando estes locais são ocupados, além de se encontrarem em áreas de espraiamento do rio, impermeabiliza o solo, outro fator contribuinte para as inundações.

Mas para o Ministério das Cidades / Instituto de Pesquisas Tecnológicas-IPT (2007) existe uma diferença na conceituação de enchentes, que é definida como a elevação temporária do nível d'água em um canal de drenagem devida ao aumento da vazão ou descarga, e inundação que é o processo de extravasamento das águas do canal de drenagem para as áreas marginais (planície de inundação, várzea ou leito maior) quando a enchente atinge a cota acima do nível máximo da calha principal do rio. E os alagamentos, que são acúmulos momentâneos de águas em uma dada área decorrente de deficiência do sistema de drenagem.

Nesse contexto, entendendo que as inundações são fenômenos que fazem parte da dinâmica natural, sendo intensificadas pelas alterações urbanas antrópicas, causando impactos ambientais, torna-se fundamental a realização de estudos que demonstram que a ocupação desordenada das áreas de várzea torna eminente o risco para a população podendo causar sérios prejuízos materiais e à integridade física.

Segundo Tucci (2007), as enchentes em áreas urbanas são consequência de dois processos: essa ocupação do leito do rio citado acima incide a inundação em áreas no entorno do rio, que sucedem por enchentes naturais, mas que atinge tal população. A outra é a enchente causada pela urbanização, devido à impermeabilização do solo, diminuindo assim a infiltração da água e aumentando o escoamento superficial, além de despejo de lixo em locais inadequados como nos cursos d'água, assoreando ainda mais os rios.

As enchentes são fenômenos que ocorrem no mundo inteiro, devastando milhares de cidades. Com o passar dos anos e com a crescente ocupação desordenada do solo, percebe-se que o número de enchentes e desastres atingindo milhares de pessoas, vem aumentando em todo mundo.

Segundo a ONU (2013), as inundações atingiram 250 milhões de pessoas por ano no mundo, ao longo dos últimos dez anos.

De acordo com dados mostrados por Junior (2010), no século XIX foram registradas um total de três grandes inundações no mundo, com cerca de 938 mil vítimas fatais. Já no século XX até agosto de 1996, foram registradas 82 grandes inundações, onde houve cerca de 4 milhões e 72 mil mortes.

Na Tabela 1 a seguir, é possível acompanhar o aumento do número de inundações nas últimas décadas.

Tabela 1: As grandes inundações no mundo nas últimas décadas.

Grandes Inundações no mundo	
Década	Número de inundações
1900 a 1909	2
1910 a 1919	3
1920 a 1929	2
1930 a 1939	3
1940 a 1949	2
1950 a 1959	6
1960 a 1969	16
1970 a 1979	18
1980 a 1989	15

1990 a 1996

26

Já a Figura 1 abaixo, citada por Junior (2010) e elaborada pelo GRID-Arendal, uma entidade do governo da Noruega em 2009 que colabora com o Programa das Ações Unidas para o clima. Verifica-se na figura da esquerda, um significativo aumento no número de desastres totais nos últimos tempos. Já na figura à direita, percebe-se um grande aumento do nível de enchentes ocorridas nas últimas décadas.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1113886/CA

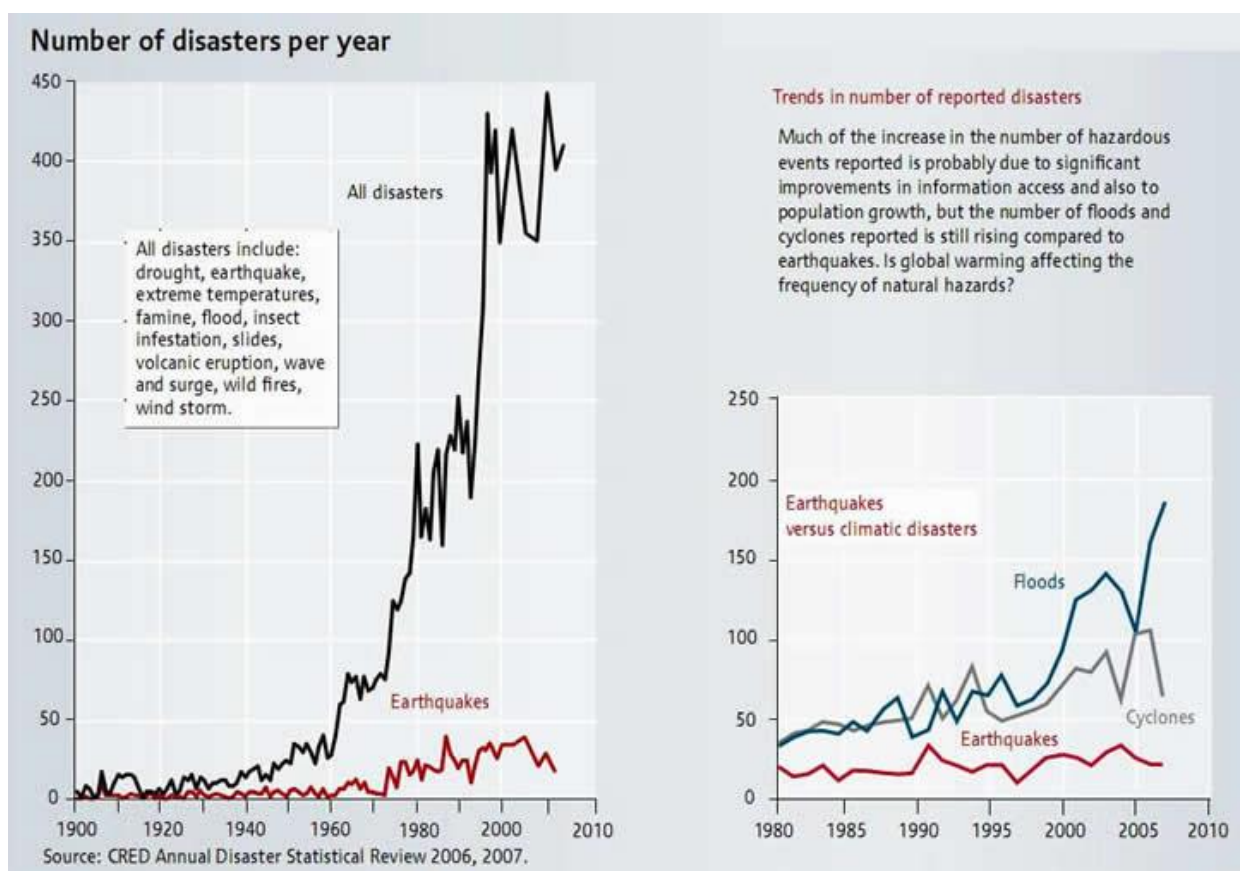


Figura 1: Número de desastres por ano.

Fonte: Junior (2010).

De acordo com Barbosa (2011) as piores enchentes no mundo dos últimos dez anos foram:

- Haiti (2004), deixando 2,6 mil mortes segundo o governo;
- Paquistão (2010), deixando mais de 1,9 mil mortes e 5 milhões de pessoas desabrigadas;

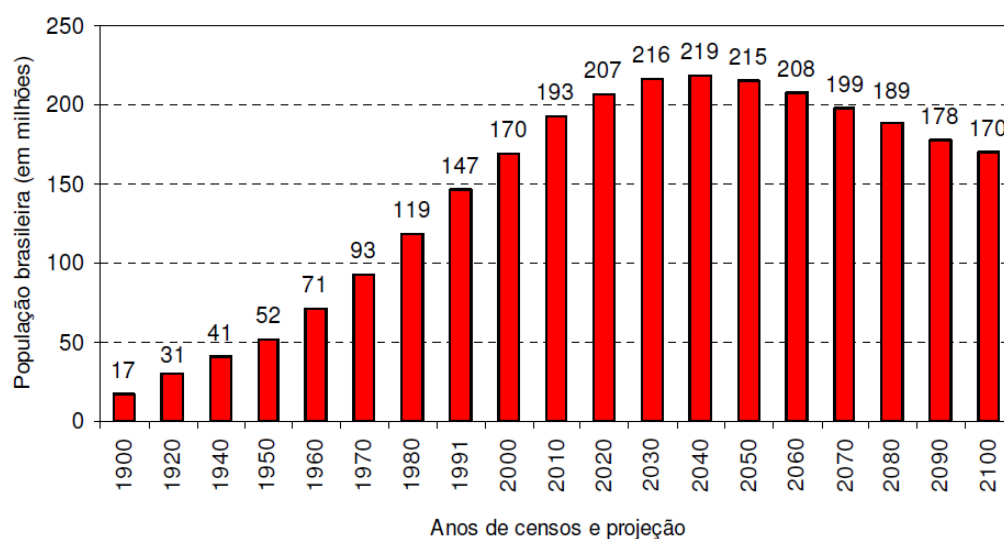
- China (2009), com 1,7 mil mortes;
- Índia (2005), deixando 1,1 mil mortes e 2,5 milhões de desabrigados;
- Bangladesh (2007), com 1,1 mil mortes;
- China (2002), deixando 793 mortes.

Para Alves (2008), a população brasileira cresceu cinco vezes no século XIX e 10 vezes no século XX. Até 1965, esse crescimento se deu devido à imigração e a queda das taxas de mortalidade.

Segundo Tucci (2007), após a década de 60, ocorreu o processo de urbanização acelerado e, devido à falta de investimentos, principalmente após os anos 80, quando estes foram reduzidos, originou-se uma população urbana sem infraestrutura.

A projeção de Alves (2008) mostra que, entre 2005 e 2039, devido à inércia demográfica, a fecundidade estará abaixo do nível de reposição, mas mesmo assim, a população brasileira continuará crescendo. Porém, após 2040, terá o envelhecimento populacional e a baixa taxa de fecundidade, o que diminuirá a população.

No Quadro 1 abaixo, apresentado por Alves (2008), mostra a população brasileira no século passado, atualmente e as projeções futuras.



Quadro 1: Evolução da população brasileira de acordo com os anos.

Fonte: Alves (2008).

O crescimento populacional, a falta de planejamento urbano junto à falta de uma política séria de habitação que incluiria uma rigorosa fiscalização desta ocupação, faz com que locais se tornem cenários ideais a desastres.

Os municípios brasileiros não fazem um bom proveito ou nem sempre existe tal planejamento, como plano diretor de recursos hídricos, zoneamento ecológico-econômico e mapeamento de zonas inundáveis. Com alguns desses estudos, os municípios teriam diretrizes que subsidiariam um melhor planejamento urbano.

O pouco conhecimento da população sobre a função das áreas de preservação permanente na natureza e a localização das áreas de risco faz com que a ocupação se agrave.

No Brasil, uma das maiores tragédias da história, ocorreu na madrugada do dia 12 de janeiro de 2011, onde vários municípios da Região Serrana no Estado do Rio de Janeiro sofreram fortes consequências devido às intensas chuvas em um curto período de tempo.

Os municípios mais atingidos pelas enchentes foram Teresópolis, Petrópolis e Nova Friburgo.

Este trabalho apresentará a importância das áreas do entorno do rio, citadas em legislações como Faixa Marginal de Proteção (FMP) comparada com a mancha de inundação específica para o local de estudo, e a delimitação da FMP, elaborada pelo Instituto Estadual do Ambiente, segundo o Decreto Estadual nº 42.484/2010. O local de estudo é o rio Príncipe, localizado em Teresópolis, local bastante afetado pela enchente de 2011.

Na Figura 2 é possível verificar um trecho do rio Príncipe no momento da inundação ocorrida em janeiro de 2011.



Figura 2: Trecho do rio Príncipe no momento da inundação de 2011.

Fonte: Rebaixada.org (2014)

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Principal

Avaliar a eficiência da Faixa Marginal de Proteção, citada no Código Florestal nº4.771/1965, e no Decreto nº 42.484/2010, comparada com a análise de risco apresentada pela mancha de inundação específica elaborada para o curso d'água, utilizando o Sistema de Informação Geográfica (SIG ou GIS), utilizando o estudo de caso do rio Príncipe no município de Teresópolis – RJ, na inundação de Janeiro de 2011.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Identificação das determinantes locais;
- Mapeamento da mancha de inundação;
- Mapeamento da Legislação Federal;
- Mapeamento e identificação das mudanças de cobertura antes e pós a chuva de janeiro de 2011;
- Comparar a superposição da alteração de cobertura sobre os polígonos do Código Florestal, da mancha de inundação e da FMP criada pelo INEA

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Condicionantes

2.1.1 Importâncias das Florestas no Ciclo Hidrológico

As florestas possuem funções reguladoras no ciclo hidrológico e do nível dos rios, pois reduzem o risco de enchentes e inundações, devido à redução de erosão dos solos e assoreamento dos rios. A maior interceptação, bioatividade e a rede de raízes mais densas encontradas no solo florestado propiciam uma menor quantidade total de água infiltrada (Refosco & Pinheiro, 1992). A biodiversidade também é preservada, com a proteção de espécies da flora e fauna ameaçadas de extinção, além dos ecossistemas naturais inteiros, como a Mata Atlântica, os manguezais e as restingas (Fonseca & Pedrosa, 1997)

Para Prandini, et al. (1976) consideram que a floresta é a associação florística de maior influência sobre os processos superficiais de crosta. Estes autores mostram que a cobertura vegetal influi positivamente na estabilidade de encostas, estruturando o solo através do sistema radicular; retenção do material deslocado, com limitação da área afetada por escorregamentos; interceptação das precipitações, nos diversos componentes do edifício vegetal; retenção de fluxos através do escoamento hipodérmico; ação da transpiração e evapotranspiração, rebaixando o lençol freático e criando pressões negativas, com o aumento da resistência dos solos; restrição às amplitudes de variações de umidade e temperatura; e redução do escoamento superficial, devido a sua adução para o escoamento hipodérmico, evitando efeitos erosivos que comprometam a estabilidade do solo.

As florestas além de possuírem valores estéticos e funcionais de grande importância devido ao fornecimento de diversos produtos que usamos direta e indiretamente, possuem também os aspectos funcionais, que mantem o fornecimento de águas nos mananciais hídricos ao longo do ano, principalmente nos períodos de estiagem ou de chuvas intensas, retendo uma boa parte da água, assim evitando inundações e secas prolongadas. Portanto, quando ocorre a retira

dessa cobertura florestal, partes dos benefícios fornecidos pelas florestas são perdidos.

Molchanov (1963) descreve a melhoria da porosidade dos solos devido às florestas e, conseqüentemente a facilidade de infiltração da água. Nas florestas e nas cortinas de abrigo, devido ao afofamento do solo pelos sistemas radiculares à presença da manta morta, que é simultaneamente retentora da chuva e permeável a ela, as condições favorecem a infiltração e reduzem o escoamento superficial. Segundo o autor, em bacias de área muito reduzida, o coeficiente de escoamento depende da percentagem de área florestada. Quando a área da floresta sobe de 1%, o coeficiente de escoamento desce de 0,004 – 0,06 (nas áreas florestais) ou de 0,008 – 0,010 (na área de estepe).

Segundo Beltrame (1994), a cobertura vegetal exerce papel fundamental na manutenção do ciclo da água, ao proteger o solo contra o impacto das gotas das chuvas. Além da ação das raízes aumentarem a porosidade e a permeabilidade do solo, ainda reduz o escoamento superficial e mantém sua umidade e fertilidade, pela presença da matéria orgânica.

O solo é composto por partículas que o compõem, devido a isso, a facilidade ou não de alguns grãos serem removidos em relação a outros. A permeabilidade da água está associada a essa textura do solo, como à resistência à erosão e as condições ao desenvolvimento de raízes das plantas, como a porosidade, que é a proporção de espaços ocupados pelos fluídos em relação ao espaço ocupado pela massa do solo (Silva, et al., 2007).

Já a eficiência da interceptação vegetal, estará diretamente relacionada às características da precipitação, ao tipo de densidade de vegetação, às condições climáticas e ao período do ano (Tucci, 2000). A chuva é a forma mais comum de precipitação, que varia conforme o volume precipitado, a intensidade e a chuva antecedente. Segundo o mesmo autor, em florestas onde os volumes de precipitação são inferiores a 0,3 mm, a vegetação consegue interceptar toda a água, mas para precipitações superiores a 1 mm, apenas uma quantia de 10% a 40% do seu volume pode ser interceptada.

De acordo com Tucci (2000), outro fato que influencia na quantidade de precipitação interceptada pela vegetação, é a condição climática, sendo em regiões de latitudes mais elevadas, a vegetação apresenta deciduidade foliar sazonal, interferindo na interceptação das folhas, que são as responsáveis pela maior

quantidade interceptada de precipitações. Ou seja, o tipo de vegetação, caracteriza a quantidade de gotas de chuva que cada folha pode reter, e a densidade dela irá indicar o volume retido numa superfície de Bacia, excedendo a capacidade de armazenamento da floresta, ou pela ação dos ventos, o excesso de água atingirá o solo.

O resultado dos estudos elaborados por Molchanov e Izdon (1957), citado por Molchanov (1963), nas mais importantes bacias experimentais, com relação aos impactos florestais, mostra que a vazão anual não depende diretamente da florestação da bacia em todos os casos, entretanto ocorre o efeito hidrometeorológico da vegetação florestal, onde ocorre o aumento da precipitação devido às florestas e melhor umedecimento dos solos rodeados por elas, além de exceder o escoamento da área desarborizada devido à vazão anual dos rios através das florestas.

Segundo Whitehead e Robinson (1993) que analisou esses estudos, mostra uma análise contraditória dos autores citados acima, mostrando que na bacia Coweta, localizado na Carolina do Norte, os volumes de vazão dependem totalmente do tipo de floresta, e o desmatamento aumenta a vazão média e as taxas de pico do fluxo em cerca de 15%. Os autores mostram também a importância dos métodos adotados para o registro de dados e da natureza do solo, e que o solo compactado possui baixa capacidade de infiltração, que reduz sua capacidade de manter o fluxo em períodos secos. A infiltração também pode ser reduzida pelo uso do solo com pastagens ou construções de estradas e vilas, o que compactam o solo e/ou os impermeabiliza.

Também citado por Whitehead e Robinson (1993), o autor Rakhmanov (1951 e 1956) considera que, quando a florestação aumenta de 20% em média, ocorre um aumento perceptível na vazão média para cada 5% a mais de florestação. E segundo L.Msidorkina, publicado por D.L.Sokolovskii (1952), que são citados por Molchanov (1963), esse fato é explicado através de dados, que indicavam que a vazão total nas bacias mais florestadas é, na maioria das vezes, maior que nas áreas menos florestadas. Isso é devido ao escoamento superficial no primeiro caso ser menor, mas o escoamento sub-superficial ser muito maior.

Silva, et al. (2005), cita que o relevo, o tipo de solo, clima e uso e ocupação do solo são os fatores que influenciam no carreamento de sedimentos nas bacias hidrográficas, e a cobertura do solo possui influência decisiva nas perdas de água

e solo, influenciando também na quantidade e na qualidade da água. O mesmo autor explica que a cobertura do solo dissipa a energia cinética do impacto direto das gotas da chuva sobre a superfície, o que diminui a desagregação das partículas e, conseqüentemente a concentração das enxurradas, além de representar um obstáculo mecânico para o escoamento superficial, que terá uma velocidade além da capacidade de desagregação e transportes dos sedimentos baixos.

A Revista Eletronica de Educacao da Faculdade Araguaia, cita que as florestas funcionam como um filtro, retendo os sedimentos para que estes não se depositem na água.

Donaldio, et al., (2005), avaliando a influência da vegetação natural remanescente e de atividades agrícolas na qualidade da água de quatro nascentes, concluíram que os períodos de amostragem, assim como as características do solo e seus diferentes usos, influenciam na qualidade da água das sub-bacias.

2.1.2 Uso e Ocupação do Solo

O Brasil é considerado o quinto maior país do mundo em extensão territorial contendo 5,7% da superfície emersa do planeta e 47,3% da área da América do Sul. Além disso, possui uma biodiversidade extraordinária e um grande patrimônio natural, tendo o maior número de espécies de plantas e animais. Devido a isso, Benjamim (2010), diz que isso aumenta a responsabilidade do Governo e da sociedade brasileira em preservar e defender, além de ter uma gestão e utilização sustentável e consciente dos recursos naturais. Segundo o mesmo autor, ainda há pessoas que não levam a sério o histórico de desastres ambientais e seus respectivos prejuízos causados, reclamando que: *“é impossível para os agropecuaristas ou moradores urbanos cumprir as determinações da legislação, que as leis são feitas nos gabinetes de Brasília sem levar em consideração a realidade das diferentes regiões do Brasil, que a legislação vai inviabilizar a agricultura brasileira, que as pessoas precisam dos espaços das margens de rios e encostas para construir suas moradias, entre outras alegações”*.

O autor responde dizendo que o cumprimento do Código Florestal seria a melhor e mais efetiva ação para prevenir futuros prejuízos, pois na legislação cita

sobre as Áreas de Preservação Permanente, mostrando a importância delas, sua fragilidade, e reconhecendo como proteção legal a espaços territoriais, e dizendo:

“A única maneira de evitar os prejuízos socioeconômicos, inclusive a perda de vidas humanas, provocadas por enchentes e deslizamentos, é não ocupar ou morar em encostas com declividade acentuada e nas margens de riachos e rios. Isso, que parece óbvio, infelizmente é ignorado por significativa parcela da população (e não se trata apenas da população pobre), por grande parte das autoridades e também por meios de comunicação que cobrem tais tragédias. Ainda há gente que acredita que canalizar rios previne e evita enchentes, quando na realidade arma verdadeiras bombas relógio que vão explodir mais adiante”.

Lago (1989) cita que o uso do solo agrário ou urbano, podem causar grandes desequilíbrios quanto ao comportamento das massas de água, principalmente quanto aos aspectos do escoamento.

Tucci (1998) classifica as alterações causadas com o uso e manejo do solo da bacia quanto: a) ao tipo de mudança; b) ao tipo de superfície ou; c) a forma de alteração da superfície.

A Tabela 2, apresentada por Tucci (1998), mostra as principais classificações e suas causas.

Tabela 2: Principais classificações e suas causas.

Classificação	Tipo
Mudança da superfície	<ul style="list-style-type: none"> • Desmatamento • reflorestamento
O uso da superfície	<ul style="list-style-type: none"> • Urbanização • Reflorestamento para exploração sistemática • Culturas agrícolas de subsistência, anuais e permanentes.
Método de alteração	<ul style="list-style-type: none"> • Queimada • Manual • equipamentos

Para Tricart (1977), os processos naturais ou de atividades humanas, resultam em constantes transformações na paisagem, e podem ser citados vários exemplos da relação entre a degradação ambiental e uso do solo, devido à ausência de planejamento, que não levam em conta as fragilidades ambientais, seja para expansões das cidades e/ou ocupação do solo em zonas rurais.

Metzger (1999) afirma que a interferência na dinâmica das populações vegetais e animais está diretamente ligada à estrutura da paisagem, reduzindo assim habitats e isolando áreas propícias à sobrevivência de espécies, levando muitas delas a extinção e à fragmentação de ambientes. Essa fragmentação possui uma maior complexidade do mosaico da paisagem. Portanto, uma paisagem que sofreu alterações, através de ações antrópicas ou naturais, estará mais sujeita às perturbações.

A principal causa da degradação da paisagem tanto em áreas rurais, quanto em áreas urbanas, é o manejo inadequado do solo. Porém, a degradação da paisagem pode ser resultado da pressão demográfica em busca de recursos naturais. As condições naturais, junto com o uso impróprio do solo, aceleram os processos de degradação, como a concentração de chuva em encostas desprovidas de vegetação, entre outras causas. (Guerra e Cunha, 1996).

A relação dessa ocupação do espaço físico com os processos hidrológicos funcionais da bacia deve ser considerada para análises de séries temporais de parâmetros hidrológicos de bacias hidrográficas. São processos de recarga, armazenamento, descarga relações hidro químicas e habitats que definem o comportamento hidro ambiental das bacias hidrográficas. (Chiranda, 2002)

Orellana, citado por Santos (2003), propõe o estudo evolutivo da paisagem através de um modelo sistêmico, demonstrando a dinâmica espaço-temporal da paisagem, através de mapas de uso do solo de tempos pretéritos. Esses mapas são obtidos através da interpretação de fotografias aéreas de datas diferentes, sendo analisados de acordo com os aspectos evolutivos da paisagem (Mendonça, citado por Santos, 2003).

Pronk & Haq (1992) afirmam que o desenvolvimento sustentável relaciona-se com um processo de formulação de políticas que permitem um desenvolvimento que seja sustentável sob o ponto de vista econômico, social e ecológico. Prosseguem afirmando que *“isto significa que o consumo atual não pode ser financiado de forma prolongada levando a uma dívida econômica que outros deverão pagar. Isto também significa que deve haver suficiente inversão na educação e saúde da população de hoje, de maneira a não criar uma dívida social para as gerações futuras. E os recursos naturais devem ser utilizados de maneira a não criar dívidas ecológicas por sobre-exploração da capacidade de sustento e da capacidade produtiva da Terra”*.

2.1.3 Desmatamento e Degradação

Um estudo apresentado por Fonseca e Pedrosa (1997) apresenta dados de desmatamento nas regiões Sudeste e Sul entre 1900 até 1990, indicando uma taxa extremamente elevada, com mais de 400.000 km², entre os anos de 40-60, conforme Tabela 3.

Tabela 1: Desmatamentos nas regiões do Sul e Sudeste entre 1900 e 1990.

Estado	1900/20	1921/40	1941/60	1961/80	1981/90
RJ	7.1	-	-	26.1	0.8
ES	10.1	-	16.2	7.4	2.2
SP	64.2	46.5	20	24.7	3.4
MG	24.9	-	207.9	12.7	49.2
PR	2.7	47.1	48.9	35.1	19
SC	2.7	-	46.4	-	13.3
RS	-	13	72	1.6	18.8
TOTAL	112	107	411	108	107

Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica/INPE, citado por Fonseca e Pedrosa (1997).

Para Victor (1975) quando o local é devastado, há mais facilidade de outras formas de exploração indevida dos recursos naturais ocorrerem, como não possuindo um planejamento territorial, que gera a ocupação fundiária desordenada, provocando um quadro caótico e degradação ambiental, e devido aos frutos da exagerada pressão que o número de habitantes exerce sobre os recursos naturais e ao meio ambiente, gera sistemas ambientais próximos de um colapso, resultando no decréscimo da qualidade de vida da comunidade.

Queiroz (1989) a partir de Goodland e Irwin (1975) mostrou as sérias consequências para o homem que é trazido pelo desmatamento indiscriminado e intervenções sobre as coberturas florestais primitivas. Porém, o autor não apresentou elementos que comprovem o que a figura mostra, sendo este diagrama apenas qualitativo.

A Figura 3 apresenta as modificações da cobertura vegetal florestal e suas consequências conforme mostrado por Queiroz (1989), organizado a partir de Goodland e Irwin (1975).

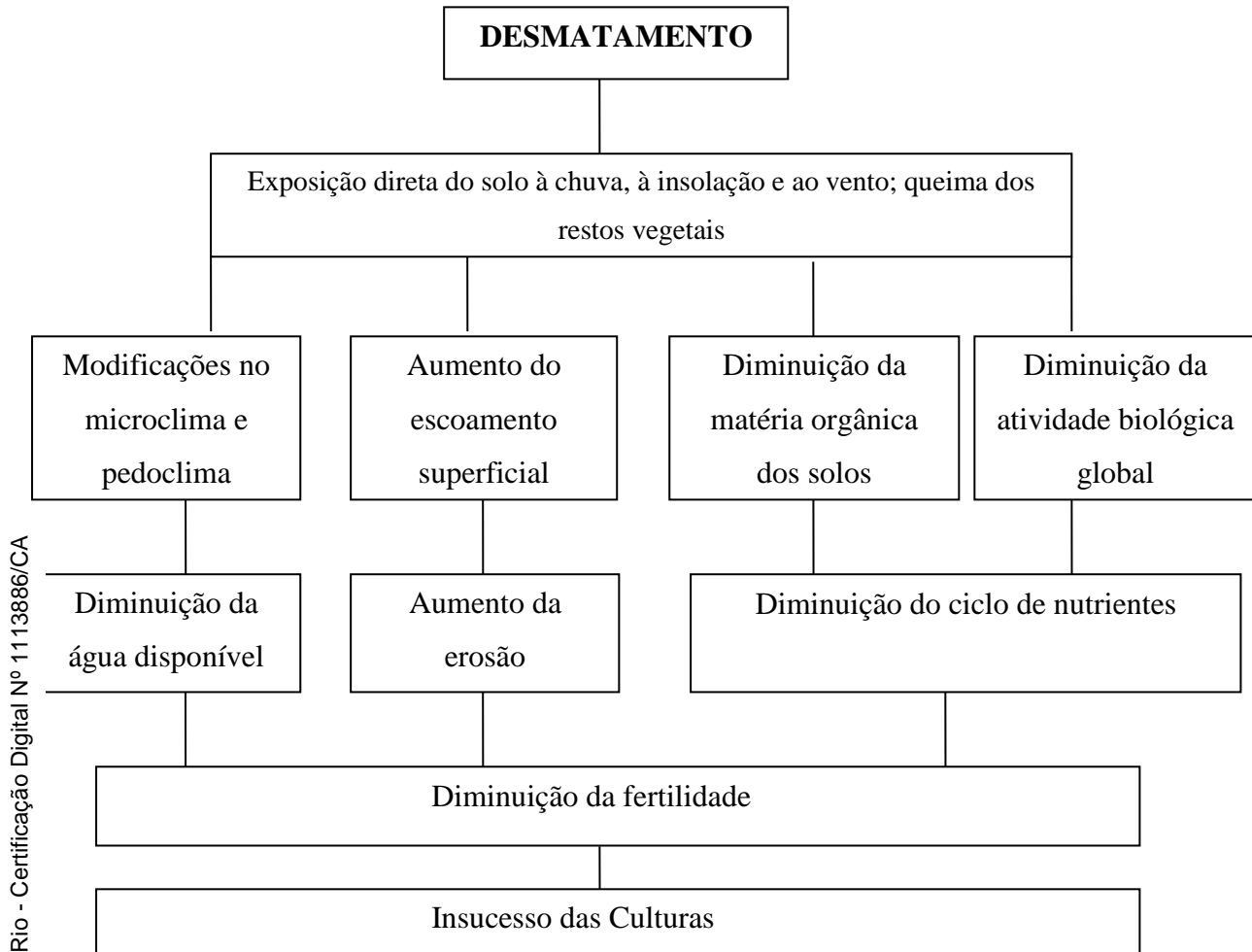


Figura 3: Cobertura vegetal e suas consequências.

Fonte: Queiroz (1989)

A perda da cobertura vegetal primitiva tornou-se um fato preocupante, uma vez que o homem a modificou de forma agressiva, provocando efeitos adversos nos recursos hídricos. Stimamiglio (1993) mostrou isso com um projeto de recuperação de áreas mananciais em Joinville, citando que, a retirada da cobertura vegetal deixa o solo desnudo, e com as fortes chuvas frequentes na região, sofre o efeito erosivo causando uma série de problemas, iniciando com o carreamento de partículas do solo e restos de vegetais para os cursos d'água, e este material é depositado nas calhas, provocando o assoreamento e a diminuição de vazão dos rios, aumentando assim, o risco de inundações.

Segundo Tucci (1998), os principais elementos do desmatamento são: o tipo de cobertura no qual a floresta é substituída e o método utilizado para o desmatamento. Ainda segundo este mesmo autor, desmatamento é um termo geral para diferentes mudanças de cobertura. Jordan (1985), citado por Tucci (1998), definiu em três tipos o desmatamento: pequeno, intermediário e alto; de acordo com o impacto produzido na mata natural.

Mcculloch e Robinson (1993) realizaram estudos experimentais utilizados para avaliar o impacto das alterações provocadas em bacias, e as classificaram em três grupos:

a) Estudos de Correlação: Vazões são comparadas entre bacias com características distintas de cobertura vegetal, clima, solo, etc, porém este tipo de procedimento, geralmente não resulta boas análises;

b) Estudo com uma única bacia: Este procedimento oferece um melhor resultado que o anterior. Neste tipo analisa-se o comportamento das vazões frente às mudanças sofridas pela bacia, isto é, analisam-se as condições anteriores e posteriores ao desmatamento, considerando a variabilidade climática e a mudança de cobertura vegetal.

Tucci (1998) citou o problema deste método, devido à variabilidade climática entre dois períodos (antes e depois da cobertura), podendo ser um período seco e o outro úmido, o que dificulta a comparação. Mas cita a possibilidade de planejar experimentos sobre os efeitos do desmatamento de modo a eliminar as diferenças, embora a complexidade aumente muito.

c) Estudos experimentais com pares de bacias: Utilizam-se duas bacias com características similares, sendo que uma delas será chamada de bacia de controle, ou seja, ela permanece inalterada e a outra será a bacia experimental, que estará sujeita a alterações.

Segundo Tucci (1998), os fluxos envolvidos no ciclo hidrológico se alteram com a retirada da floresta, ocorrendo o seguinte:

- aumento do albedo. A floresta absorve maior radiação de onda curta e reflete menos;

- maiores flutuações da temperatura e déficit de tensão de vapor das superfícies das áreas desmatadas;

- o volume evaporado é menor devido à redução da interceptação vegetal pela retirada da vegetação das árvores;

- menor variabilidade da umidade das camadas profundas do solo, já que a floresta pode retirar umidade de profundidades superiores a 3,6m, enquanto que a vegetação rasteira como pasto age sobre profundidades de cerca de 20 cm.

O autor menciona que, pode-se esperar um efeito na precipitação, devido à redução da evaporação, porém o sistema climatológico local depende muito pouco da evaporação da superfície da área, fazendo com que o efeito da cobertura seja mínimo, e que a principal variável é o movimento de massas de ar globais.

O desmatamento também influencia diretamente no escoamento, e Tucci (1998) cita que este efeito deve ser separado de acordo com o efeito sobre a: (i) vazão média, (ii) vazão mínima e, (iii) vazões máximas. O autor cita que os principais aspectos que influenciam as alterações no escoamento são:

- a) Diferenças no estado de umidade do solo;
- b) Climatologia Sazonal;
- c) Diferenças de elevação;
- d) Profundidade e declividade do solo;
- e) Grau de alteração devido ao desmatamento;
- f) Desmatamento da bacia e,
- g) Cobertura que substitui a floresta ou vegetação natural.

A diminuição da capacidade de infiltração do solo está diretamente ligada à retirada da cobertura vegetal devido ao desmatamento, que provoca um aumento do escoamento superficial. Segundo Inra et.al., citado por Queiroz (1989) constatou esse aumento devido à realização de um estudo experimental, na Guiana Francesa, onde a supressão da floresta aumentou 1.5 a 3.3 vezes o escoamento superficial.

Na bacia do Rio Itajaí do Norte, Refosco, et al., (1992) realizou um experimento que chegou a mesma conclusão aonde o aumento das vazões médias e mínimas chegaram a respectivamente 49.89% e 86.20%, enquanto o desmatamento aumentou de 41% em 1996 para 61% em 1986, concluindo que a cobertura vegetal está inversamente relacionada ao escoamento dos cursos d'água.

Bruijnzeel (1996), citado por Tucci (1998) mostra aumento do escoamento, após a substituição de florestas por outras culturas mantidas. A tabela seguinte apresenta os resultados obtidos, mostrando o aumento da vazão anual de acordo com a cultura mantida.

Tabela 4: Valores médios de alteração da vazão de florestas tropicais, devido ao desmatamento em função do novo tipo de cobertura.

Cultura mantida após o desmatamento	Aumento da vazão média (mm/ano)
Cultura anual	300-450
Vegetação rasteira	200-400
Plantações de chá, borracha, cacau	200-300

Fonte: Bruijnzeel (1996), citado Tucci (1998).

2.1.4 Urbanização

Segundo Tucci (2004), o desenvolvimento urbano existente na América Latina possui uma grande falta de controle do urbano, e a infraestrutura em vários lugares é precária, como o abastecimento de água, o esgoto sanitário, drenagem urbana, resíduos sólidos e inundações no entorno do rio, o que transforma em um cenário de deterioração ambiental da qualidade de vida e do impacto ambiental. O uso do solo de risco e/ou da ampliação das cheias na drenagem urbana que são causadas devido à impermeabilização do solo causam as inundações urbanas.

A Tabela 5 apresentada por Tucci (2004) compara as infraestruturas urbanas dos países desenvolvidos, com as do Brasil.

Tabela 5: Infraestrutura Brasil x países desenvolvidos.

Infra-estrutura urbana	Países desenvolvidos	Brasil
<i>Abastecimento de água</i>	Resolvido, cobertura total	Grande parte atendida, tendência de redução da disponibilidade devido a contaminação, grande quantidade de perdas na rede.
<i>Esgotamento Sanitário</i>	Grande cobertura de coleta e tratamento de efluentes	Falta de rede de estações de tratamento; as que existem não conseguem coletar o esgoto como projetado;
<i>Resíduo Sólido</i>	Sistema de coleta e disposição adequado; Medidas de controle na fonte quanto ao resíduo na drenagem, baixa produção de lixo urbano	Sistema de coleta limitado a cidade formal, disposição limitada; sem medidas de controle na drenagem e alta produção de lixo urbano;
<i>Drenagem Urbana</i>	Controlado os aspectos quantitativos; Desenvolvimento de investimentos para controle dos aspectos de qualidade da água	Grandes inundações devido a ampliação de inundações; Controle que agrava as inundações através de canalização; Aspectos de qualidade da água nem mesmo foram identificados.
<i>Inundações Ribeirinhas</i>	Medidas de controle não-estruturais como seguro e zoneamento de inundação	Grandes prejuízos por falta de política de controle

Um dos principais pontos causados pela urbanização é a impermeabilização, que com o desenvolvimento urbano altera a cobertura vegetal e provoca alteração no ciclo hidrológico natural, pois a vegetação original é substituída por áreas impermeáveis e são introduzidos condutos para escoamento pluvial, segundo Tucci (2002) as principais alterações do ciclo hidrológico são:

- redução da infiltração no solo;
- aumento do escoamento superficial, pelo acúmulo de água que deixa de infiltrar;
- diminuição do nível do lençol freático por falta de alimentação;

- redução da evapotranspiração.

Para Tucci (2004), devido às características do relevo, a urbanização tende a acontecer de jusante para montante na macrodrenagem urbana. Os municípios exigem apenas que o projeto de esgotos pluviais seja eficiente no sentido de drenar a água do loteamento, por isso que quando o município não possui o controle da urbanização, o aumento de enchentes com perdas sociais e econômicas aumentam.

2.2 Mapeamento da Mancha de Inundação

O mapeamento da mancha de inundação é uma ferramenta importante neste trabalho, que mostrará sua eficiência e importância na prevenção e controle de inundações que atingem milhares de pessoas.

Existem dois tipos de mapas de inundação de cidades segundo Tucci (2005). São eles: mapas de planejamento, que definem áreas atingidas por cheias de tempo de retorno escolhidos; e os mapas de alerta, que usam valores de cotas em cada esquina da área de risco, para acompanhamento da enchente pelos moradores, com base nas observações do nível de água em relação às réguas.

Para Veyret (2007), o zoneamento e a cartografia que acompanham o mapa de risco, constituem a base de uma política de prevenção. Com o zoneamento, é possível verificar que o mapa confere ao risco um caráter objetivo, e com a determinação dos limites das áreas, tem a função do grau de risco admissível para cada uma delas.

De acordo com Tucci e Bertoni (2003), os mapas de inundação definem o zoneamento das áreas de risco à inundação, além de apresentarem informações sobre o grau de risco de cada área e o critério de ocupação das mesmas.

As características topográficas, geológicas, geomorfológicas, pedológicas e térmicas, além do tipo de cobertura existente na bacia desempenham papel essencial no comportamento hidrológico, segundo Alvarez e Garcez (2002).

Para o mapeamento da mancha de inundação do atual trabalho, foram utilizadas as características fisiográficas, segundo Andrade, et al., (2014), que utilizou o mapa hipsométrico, declividade e uso e ocupação do solo como premissas para o mapeamento.

Os fatores determinados como importantes e que influenciam diretamente no nível da água alcançado por uma enchente, independente da precipitação incidente são: altitude, declividade, uso da terra e tipo de solo (Santos, et al., 2010).

A situação de risco dependerá da possibilidade de ocorrência de um determinado evento que terá como consequência perdas e danos. (Cerri, 1999).

Portanto, o mapeamento de risco de inundação torna-se uma ferramenta importante para a Região Serrana do Rio de Janeiro, uma vez que estes municípios possuem uma alta recorrência de enchentes, podendo contribuir para um melhor planejamento da ocupação no entorno do rio.

2.3 Legislações

2.3.1 Área de Preservação Ambiental

O Decreto nº 23.793 (1934) foi a primeira legislação a citar sobre as Áreas de Preservação Permanente (APP), mostrando a sua importância entre as demais florestas, devido a sua função ecológica relevante para o equilíbrio e manutenção do meio ambiente.

Mas em 1965, essas áreas começaram a ter um valor de maior importância para a sociedade e, devido a isso, foi criado o Código Florestal Brasileiro (Lei Federal nº 4.771, de 1965), onde cita sua importância e demarcam as áreas de APP.

“Área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.” (Legislação Federal nº4.771 de 1965).

No Art. 2º da legislação citada acima, as áreas de preservação permanente são as florestas e demais formas de vegetação natural conforme apresentadas a seguir:

- a) *ao longo dos rios ou de outro qualquer curso d'água, em faixa marginal cuja largura mínima será: metros;*
- b) *ao redor das lagoas, lagos ou reservatórios d'água naturais ou*

artificiais;

c) nas nascentes, mesmo nos chamados "olhos d'água", seja qual for a sua situação topográfica;

d) no topo de morros, montes, montanhas e serras;

e) nas encostas ou partes destas, com declividade superior a 45°, equivalente a 100% na linha de maior declive;

f) nas restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

g) nas bordas dos tabuleiros ou chapadas;

h) em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, nos campos naturais ou artificiais, as florestas nativas e as vegetações campestres.

Para Franco (2009), a legislação federal deveria ter restrições mais severas ao uso dessas áreas, uma vez que essa proteção foi estabelecida expressamente para preservação, e por isso, não deveria permitir o caráter indireto, e sim, o regime de conservação, que é estabelecido para as Reservas Legais, no art. 1º e 2º, do Código Florestal, que permite o uso sustentável dos recursos naturais. O mesmo autor cita os recursos naturais, como rios, lagos, florestas, matas ciliares, e diz que as matas ciliares fazem seu processo ecológico mantendo a qualidade e quantidade de água, essencial à vida, e por isso devem ser preservadas.

Segundo Vulcanis (2008), cita que essas áreas têm como objetivo destacar porções de territórios que, com sua natural conformação, protegem os bens essenciais.

A Resolução Conama nº 04 de 1985 criou o critério de delimitação para áreas rurais e urbanas, delimitando 30 metros de área de proteção para zonas urbanas e 100 metros em zonas rurais, exceto os corpos de água com até 20 hectares de superfície cuja faixa marginal passa a ser de 50 metros, e para o caso de represas hidrelétricas a faixa a ser preservada é de 100 metros. As nascentes têm como raio mínimo 50 metros de largura.

Para Damis e Andrade (2006), as vegetações existentes em núcleos urbanos já constituídos ou em áreas urbanas em expansão merecem ser protegidas, se necessário, por comendo constitucional. .

Na visão de Machado (2007), as Áreas de Preservação Permanente protegem os recursos hídricos e os leitos dos rios das erosões causadas pelas

chuvas, e por isso são áreas insuscetíveis de exploração, na qual devem ser preservadas totalmente sem sofrer qualquer modificação.

Para Franco (2009):

“[...] se vierem a ser enquadradas como uma das categorias de Unidades de Conservação deverão as APP’s observar o regime de Proteção Integral, ou de Usos Sustentável, e ainda adotar zonas de amortecimento, somente dispensadas para duas espécies de Unidades de Conservação previstas no SNUC, as Áreas de Preservação Ambiental- APAs e as Reservas Particulares do Patrimônio Natural- RPPNs.”

O mesmo autor diz que as matas ciliares estão no espaço territorial especialmente protegido, e que o meio ambiente deve estar ecologicamente equilibrado como bem jurídico ambiental constitucionalmente protegido.

2.3.2 Faixa Marginal de Proteção

A Faixa Marginal de Proteção, conhecida pela sigla FMP, é considerada Áreas de Preservação Permanente de corpos hídricos, de acordo com a Constituição Estadual do Rio de Janeiro (1989). São consideradas também Área “*non aedificandi*”, e destinada à preservação, conservação ou recuperação da mata ciliar.

Segundo o Instituto Estadual do Ambiente (2014), a FMP tem função de:

- Assegurar a variação livre dos níveis d’água em sua elevação ordinária;
- Manter o acesso livre para máquinas, quando se fizer necessário a melhoria da drenagem fluvial;
- Proteger a mata ciliar;
- Proteger a paisagem proporcionando assim uma melhor qualidade de vida;

Com o passar dos anos, as áreas de preservação permanente foram sendo foco de legislações, uma vez que, a população foi identificando sua verdadeira importância em relação ao meio ambiente e a população do entorno.

A legislação utilizada neste trabalho é a Legislação Federal 4.771/65, hoje em dia conhecido como o antigo Código Florestal e o Decreto Estadual nº 42.484/2010.

O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) cita a diferença entre a FMP e a APP. São elas:

- FMP: é um tipo específico de APP, segundo termos do art. 268, inciso III, da Constituição do Estado do Rio de Janeiro. Porém a FMP serve para proteção dos rios em geral.
- APP: Tem como objetivo proteger a vegetação.
- Já a mancha inundação tem como objetivo apresentar areas suscetíveis a inundações, identificando assim as áreas de risco para a população.

A figura a seguir apresenta a evolução da FMP segundo as legislações.

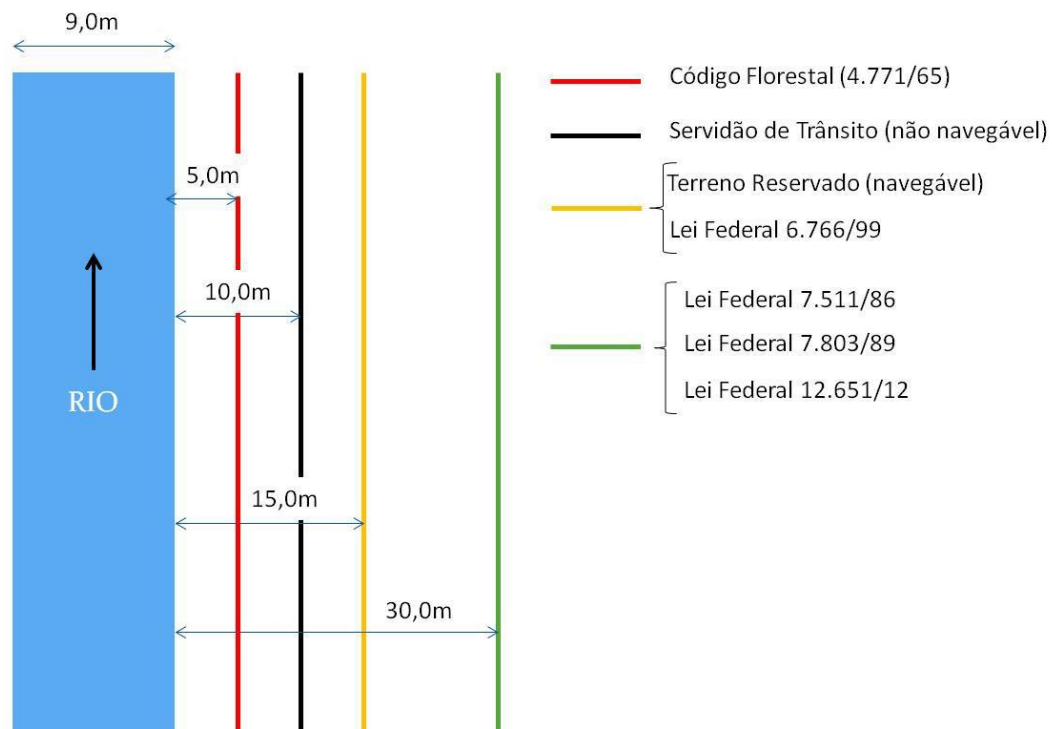


Figura 4: Evolução da FMP durante os anos aplicados a um curso d'água de até 10 metros de largura.

2.3.3 Lei Federal n  4.771/1965 – Código Florestal

O Art. 1  da Legislação caracteriza áreas de Preservação Permanente como:

II -  rea de preservação permanente:  rea protegida nos termos dos arts. 2o e 3o desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade

geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas.

A delimitação das Áreas de Preservação em rios varia de acordo com sua largura, contando a partir do seu nível mais alto em faixa marginal, conforme citado abaixo trecho da Legislação Federal (1965).

1 - de 30 (trinta) metros para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;

2 - de 50 (cinquenta) metros para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;

3 - de 100 (cem) metros para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;

4 - de 200 (duzentos) metros para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;

5 - de 500 (quinhentos) metros para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

A Figura 5 representa a Faixa Marginal de Proteção.

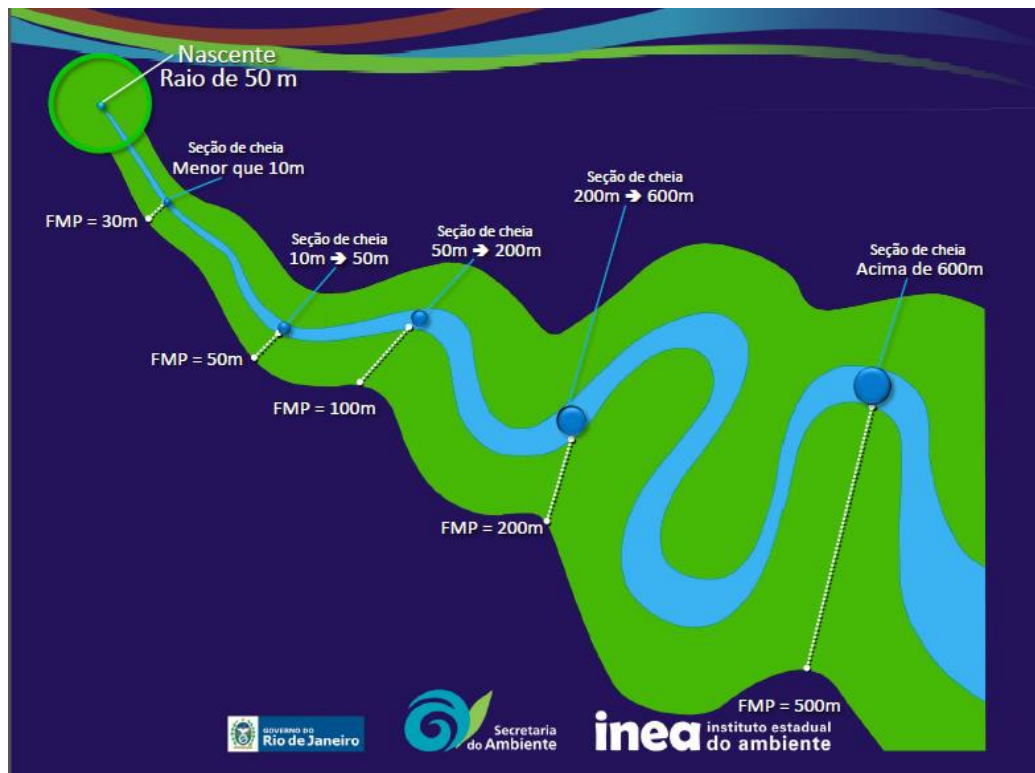


Figura 5: Demarcação da FMP de acordo com a largura do rio

Fonte: INEA

2.3.4 Decreto Estadual nº 42.484/2010

Dispões sobre a demarcação das FMP's nos processos de licenciamento ambiental e emissões de autorizações ambientais.

A Área de Preservação Permanente (APP) e a Faixa Marginal de Proteção (FMP) serão tratadas de forma unificada e a demarcação de FMP em qualquer corpo hídrico é atribuição do Estado e deve ser realizada pelo Instituto Estadual do Ambiente (INEA) do Rio de Janeiro, e poderá haver convênios com os municípios.

Os limites mínimos demarcados pela Lei Federal nº 4.771/65, poderão ser alterados em caso concreto de:

Desde que a área se localize em zona urbana do município e que vistoria local (com no mínimo três técnicos) comprove, cumulativamente:

I - que a área encontra-se antropizada;

II - a longa e consolidada ocupação urbana;

III - a inexistência de função ecológica da FMP/APP em questão, desde que identificadas a inexistência de vegetação primária ou vegetação secundária no estágio avançado de regeneração e a presença de, no mínimo, uma das seguintes características:

a) ocupação consolidada das margens do curso d'água a montante e a jusante do trecho em análise;

b) impermeabilização da FMP/APP;

c) capeamento do curso d'água, sendo que, no caso de obras recentes, deverá ser apresentado ao órgão ambiental competente o respectivo projeto aprovado pela prefeitura local ou o levantamento cadastral da obra;

IV - que a alternativa de recuperação da área como um todo seja inviável pelos custos manifestamente excessivos para a coletividade.

Neste Decreto, a FMP é demarcada apenas de forma pontual, por pedido particular ou outro. Esta é calculada a partir do limite de uma seção projetada (é estabelecida a partir do cálculo da vazão estimada em um tempo de recorrência de 10anos) que tem como função escoar, de forma ideal as águas.

Segue abaixo a metodologia utilizada para demarcação da FMP segundo o INEA.

- 1º passo – LOCALIZAÇÃO E IDENTIFICAÇÃO:

Localização e identificação preliminar da área e dos cursos d'água através do cruzamento de informações de fotos aéreas, imagens de satélite e bases cartográficas na melhor escala possível.

- 2º passo – VISTORIA AO LOCAL

Vistoria em loco para verificação das informações levantadas preliminarmente e coleta de dados. Da vistoria elabora-se Relatório Técnico do qual faz parte a Ficha de Vistoria que contém memorial fotográfico e localização georreferenciada especificando sistema de projeção e datum de referência utilizados.

- 3º passo – IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS DE REFERÊNCIA

Para os corpos hídricos lóticos (rios, córregos, ribeirões, valas, valões, riachos, etc..) é necessária a identificação, em base cartográfica, dos pontos de referência para cálculo (PRC) de vazão e definição das seções de projeto. Para demarcação de FMP lagos, lagoas ou reservatórios é necessário identificar apenas o local da intervenção. Para os corpos hídricos lóticos (rios, córregos, ribeirões, valas, valões, riachos, etc.)

- 4º passo – DELIMITAÇÃO DA BACIA HIDROGRÁFICA

Nesta etapa é realizada a delimitação da bacia hidrográfica do corpo hídrico em questão, isso se faz necessário para definir os parâmetros morfométricos utilizados no cálculo da vazão do corpo hídrico. São utilizadas bases cartográficas em escalas detalhadas (1:10.000, 1:5.000e1:2.000). Nos locais onde o INEA não dispõe destas bases a delimitação é feita utilizando as bases cartográficas do IBGE que abrange todo o território do ERJ. Todas as bacias são delimitadas utilizando o programa ARC GIS, no qual são gerados e armazenados os arquivos no formato "shapefile". Deverá ser considerada com ponto exutório das bacias, a seção transversal referente ao local no qual está sendo solicitada a demarcação da FMP.

- 5º passo – CÁLCULO DE VAZÃO

Para áreas de drenagem menores ou iguais a 2 km² é utilizado o método racional para a determinação das vazões máximas, já para áreas superiores a este valor é utilizado o método do hidrograma unitário (HU). Para a determinação do coeficiente de escoamento é aconselhável a utilização das imagens do Google Earth como auxílio. No cálculo das vazões máximas é utilizado um tempo de recorrência (TR) de 10 anos. Atualmente, estamos trabalhando no desenvolvimento de uma metodologia para aplicação do decreto Estadual nº42.356/2010, que dispõe sobre o tratamento e a demarcação das FMP's. Neste decreto as Faixas Marginais, demarcadas pelo Instituto Estadual do Ambiente, ao longo dos rios, nascentes, cursos d'água naturais ou retificados, lagos, lagoas e reservatórios serão a partir do limite da área atingida por cheia de recorrência não inferior a três anos.

- 6º passo – CÁLCULO DE SEÇÃO

A partir da vazão calculada e das informações sobre a seção transversal do curso d'água, obtidas na vistoria, é definida uma seção hidráulica ideal (de projeto) para o escoamento satisfatório das águas sem comprometimento da dinâmica hídrica. Assim, a partir das margens desta seção é demarcada a FMP. O programa Canal (GPRH – Grupo de Pesquisa sem Recursos Hídricos) e o Hydro-Flu (LHC–COPPE/URJ) são utilizados com ferramentas auxiliares para determinação da seção de projeto. Deve ser adotada a largura de superfície, para delimitação da FMP, da seção obtida na vistoria e esta for superior a largura de superfície da seção projeto.

- 7º passo – DEFINIR O NÍVEL MÁXIMO DE CHEIA

Em lagos, lagoas e lagunas, depende da dinâmica hídrica. São feitos levantamentos históricos de cheias (a partir do levantamento de réguas, linigráfos, estações hidro meteorológicas, etc.) e de intervenções no corpo hídrico, além da utilização de levantamentos topográficos a fim de se definir a cota máxima de cheia. A partir desta cota define-se a FMP que poderá possuir larguras variadas de acordo com a cobertura vegetal do entorno. Vegetação de mangue e/ ou restinga são incluídas nos limites da FMP por serem consideradas de Preservação Permanente. Em reservatórios a definição do nível máximo de cheia baseia-se em estudos hidrológicos (tempo de recorrência de chuva, área de contribuição) e

hidráulicos (área do reservatório, revestimento). Com base nestes estudos é determinada uma cota máxima de cheia para o lago formado a partir do barramento do rio. A partir desta cota demarca-se a FMP de acordo com a legislação ambiental vigente.

2.4 Uso do Google Earth para mapeamento do uso do solo.

As imagens obtidas através do sensoriamento remoto proporcionam uma visão de conjunto multitemporal de extensas áreas da superfície terrestre. Esta visão sinóptica do meio ambiente ou da paisagem possibilita estudos regionais e integrados, envolvendo vários campos do conhecimento. Elas mostram os ambientes e a sua transformação, destacam os impactos causados por fenômenos naturais como as inundações e a erosão do solo (frequentemente agravados pela intervenção do homem) e antrópicos, como os desmatamentos, as queimadas, a expansão urbana, ou outras alterações do uso e da ocupação da terra. (Florenzano, 2002)

A análise do uso e ocupação do solo tem ganhado destaque nos estudos ambientais, principalmente pela sua capacidade em diagnosticar o nível de apropriação da sociedade sobre os diferentes espaços, se configurando como instrumento essencial para a gestão municipal e uma importante ferramenta na identificação de processos de degradação e obtenção de informações dos meios biofísicos e socioeconômicos. (Santos, 2004)

Simon e Trentin (2009) dizem que na eventualidade da utilização das imagens do Google Earth, “um maior controle de campo é necessário a fim de diminuir eventuais dúvidas de interpretação das imagens”.

3. METODOLOGIA

3.1 Estudo de Caso

Teresópolis está localizada na Região Serrana, no topo da Serra dos Órgãos, na porção central do Estado do Rio de Janeiro. A área possui predomínio de montanhas com relevo bastante acentuados. A Mata Atlântica predomina na região, e devido a isso possui grandes riquezas de espécies da fauna e da flora, contendo diversas áreas de proteção ambiental e unidades de conservação. Segundo a Agenda 21, 32% do território se encontram cobertos por remanescentes florestais, onde se encontram várias áreas preservadas. Já sobre as Unidades de Conservação de Proteção Integral, possui o Parque Nacional da Serra dos Órgãos, com uma área de 20 mil hectares e abrange os municípios de Teresópolis, Petrópolis, Magé e Guapimirim; o Parque Estadual dos Três Picos, que é considerado o maior do Estado do Rio de Janeiro, onde representa 75% de toda a área verde protegida e onde possui os maiores índices de biodiversidade de todo o Estado. Localiza-se entre Teresópolis, Nova Friburgo, Silva Jardim, Guapimirim e Cachoeiras de Macacu.

O município possui um enorme potencial turístico para pesquisa da biodiversidade e uma reserva de sementes para reflorestamento.

O município faz parte da Bacia do Rio Piabanha, que inclui a sub-bacia hidrográfica do Rio Paquequer, principal da região.

A Bacia dos Frades e Jacarandá, as Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN) Maria Francisca Guimarães e Fazenda Suspiro são Áreas de Proteção Ambiental que se encontra com vegetação em razoável estado de conservação e abrangem cerca de 9% do município de Teresópolis, além de fazerem parte do Mosaico Central Fluminense e são prioridades para a preservação da mata Atlântica.

Os problemas ambientais na região estão ligados à: queimadas, impermeabilização do solo, mineração e desmatamentos irregulares. O manejo inadequado do solo nos morros, como pastagens, contribui para a degradação

ambiental. As consequências deste desmatamento estão diretamente ligadas aos deslizamentos de encostas e enchentes na região.

A renda per capita do município é voltada para o turismo e a produção agrícola. Possui uma das maiores feiras de artesanato do Brasil, e as principais indústrias são as de confecções e bebidas, além de ser a responsável pela maior parte dos hortigranjeiros consumidos no Estado, com 93%, tornando-o parte do cinturão verde do Rio de Janeiro.

Segundo dados da Agenda 21, a área territorial do município é de 770.507 Km², com uma população de 163.746 habitantes. Sua economia gira em torno do turismo, indústria e agricultura. Seu PIB é de R\$ 2.084.262,66, e tem uma participação no PIB estadual de 0,58%.

A Figura 6 identifica a localização de Teresópolis.



Figura 6: Localização de Teresópolis

Fonte: Agenda 21

3.2 Materiais

Os materiais utilizados para elaboração da metodologia deste trabalho estão listados a seguir:

- Restituição aerofotogramétrica, com vistas à elaboração de uma base cartográfica restituída na escala de 1:2.000. Apresenta-se de modo sintetizado as fases e respectivas etapas dos procedimentos técnicos a serem utilizados na produção de plantas 1:2.000, curvas de nível de 2 m em 2 m de uma área de 25 km², cujos produtos foram gerados a partir de vôo aerofotogramétrico 1:8.000, apoio fotogramétrico de campo, aerotriangulação.
- Imagens IBGE (2008); as ortofotos do projeto RJ-25, do IBGE. As fotografias aéreas coloridas ortorretificadas, em escala de 1:25.000 são articuladas por folhas segundo o recorte do mapeamento sistemático brasileiro. O Modelo Digital de Elevação, que integra o projeto Representa o modelo numérico das características altimétricas da superfície, articuladas por folhas segundo o recorte do mapeamento sistemático brasileiro. Abrange um quadrilátero geográfico de 07'30" de latitude por 07'30" de longitude.
- Imagens do Google Earth (2010 e 2011);

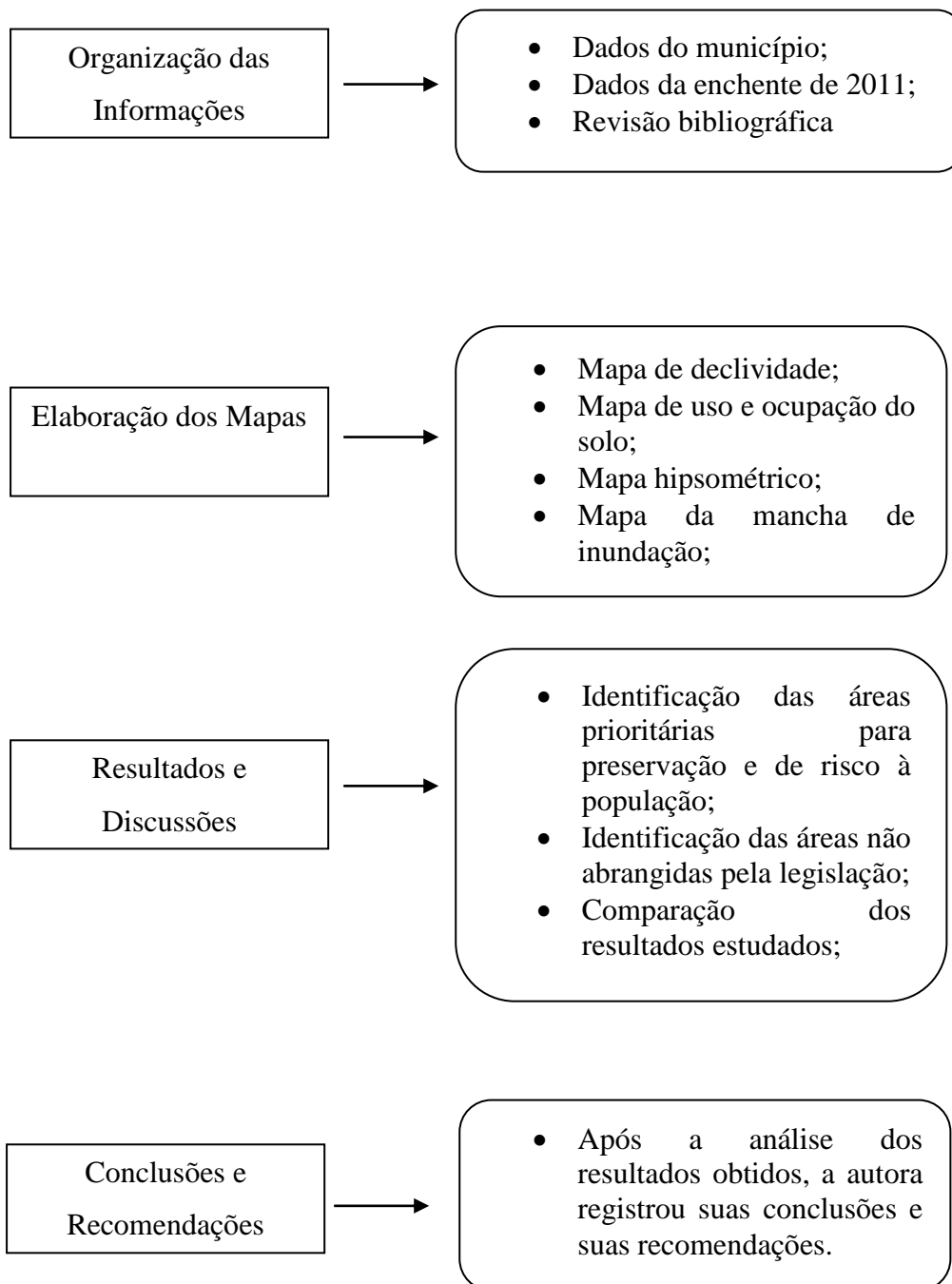
3.3 Métodos

3.3.1 Etapas do Trabalho

O trabalho foi elaborado através de abordagem indireta, utilizando revisões bibliográficas, pesquisas sobre as legislações citadas, mapas temáticos e interpretação de gráficos e tabelas como de fotointerpretação. Não foram realizados trabalhos de campo.

O organograma da metodologia está apresentado abaixo.

No Quadro 2 abaixo, é apresentado o organograma da elaboração do trabalho.



Quadro 2: Organograma

- Identificação das determinantes locais

Para elaboração dos estudos, foram necessárias pesquisas bibliográficas para aprofundamento nos temas ligados ao trabalho, além de uma pesquisa aprofundada sobre a região de Teresópolis.

- Mancha de inundação

O objetivo da mancha de inundação neste trabalho é identificar as reais áreas de risco e incentivar a elaboração deste mapeamento aos municípios, para possuírem um maior controle sobre o uso e ocupação do solo. Este mapeamento foi feito de uma forma básica, utilizando dados disponíveis na internet e utilizando o programa ArcGis, sem que fossem necessários trabalhos de campo.

Para realização do mapa de uso e ocupação do solo, foi elaborada a chave de classificação, conforme apresentado no Capítulo 5 Resultados e Discussões. O mapeamento foi elaborado pela imagem do IBGE, e os critérios de ocupação da chave de interpretação foram criados pela autora. A imagem foi transferida para o ArcGis, onde foi possível criar polígonos mostrando o nível de ocupação de cada área, e trabalhando assim na chave de interpretação, e aderindo pesos para cada uma das classes.

A declividade e altitude foram realizadas a partir do MDE disponível pelo IBGE e utilizando o ArcGis, criando assim raster de declividade e altimetria.

- Espacialização da Legislação Federal:

Nesta etapa, é feita a interpretação da legislação federal de acordo com a largura do rio em estudo, para a delimitação da largura da FMP. Utilizando a ortofoto do rio Príncipe do ano de 2011, e o programa ArcGis, é possível especializar a legislação.

- Mapeamento e identificação das mudanças de cobertura do solo:

O procedimento técnico metodológico teve como base a nova abordagem de mapeamento elaborada por Moreira (2011), que usa como base as imagens de alta resolução espacial capturadas do Google Earth e técnica de interpretação visual descrita por Novo (2008).

Comparado com a restituição aerofotogramétrica de 2011, fazendo assim a fotointerpretação.

- Comparação de imagens e demarcação das casas que foram destruídas na enchente de 2011:

Para a demarcação das casas, foram utilizadas imagens pretéritas da enchente, retiradas do Google Earth, do ano de 2010, e as imagens aerofotogramétricas pós-enchente, do ano de 2011.

Foram demarcadas as casas no entorno do rio Príncipe, utilizando a imagem do Google Earth de 2010 como base, e após demarcadas, houve uma junção das imagens para verificação das casas que foram destruídas entre este período.

- Conectando as informações acima:

Após a espacialização da legislação, a elaboração do mapa de inundação e a demarcação das casas destruídas, as imagens foram sobrepostas para que houvesse a fotointerpretação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Identificação das determinantes locais

4.1.1 História do Município

Em 1818, quando D. João VI já estava no Brasil havia dez anos, Teresópolis era uma grande área de terras abandonadas, ao lado de uma variante do Caminho Novo de Minas Gerais. Nesta época, o súdito inglês George March, de Lisboa, habitou em Teresópolis, tornando o município conhecido. Adquiriu 4 léguas quadradas na Serra dos Órgãos, anterior a 1821, além de possuir fazenda de criação e cultivo de cereais March, e localizou a sede da fazenda no Alto, o campo das éguas na Várzea, as lavouras no Quebra-frascos e os potros e novilhas no Imbui e no Antônio José.

March construiu chalés para receber seus amigos nos seus recantos luxuriantes, e os mantimentos consumidos no Rio de Janeiro eram levados da Fazenda de Sant'Ana do Paquequer. Após mais de 40 anos, o local da fazenda deu lugar a cidade de Teresa, chamada de Teresópolis.

Como prêmio de bons serviços prestados ao rei, D. João VI fez a segunda doação de terra, no vale do Córrego Santo Antônio José, nas proximidades da cascata do Imbuí para o Tenente Joaquim Paulo de Oliveira, filho de Tiradentes.

Em 1845, George March faleceu, e suas terras foram divididas entre os herdeiros, que retalharam e venderam em fazendas menores, sítios e lotes. Todas as terras que constituíram a sesmaria March, com pequenas exceções na Posse, no Imbuí e no Quebra Frascos, passaram a pertencer a um único proprietário: Companhia Estrada de Ferro de Teresópolis, conforme a construção da estrada de ferro e da cidade de Teresópolis, lavrado em 16 de julho de 1890.

Após as terras de George March serem repartidas, a partir de 1855, a Freguesia de Santo Antônio do Paquequer foi emancipada em 6 de julho de 1891. Um ano antes, foi transformada em Capital do Estado, para onde a sede do governo se mudaria, porem ocorreu a Revolta Armada de 1893.

Um projeto para Teresópolis estava sendo planejado, contendo avenidas largas e uma linha de trem para Niterói. No entanto, no período de encilhamento, a empresa que adquiriu as terras faliu. Os sucessores retalharam as terras, e com o dinheiro das vendas construíram a estrada de ferro, iniciando o progresso da região. Porém a criação da estrada de ferro e do município, planos do Governo do Estado do Rio de Janeiro não deu certo, apenas a criação do Município que foi efetivado em 6 de julho de 1981.

A estrada de ferro foi realizada pelo engenheiro José Augusto Vieira, inaugurada em 19 de setembro de 1908, 13 anos após iniciados os trabalhos, e parou de circular em 9 de março de 1957. Em 1º de agosto de 1959, foi aberta a estrada Rio-Teresópolis.

O distrito de Santo Antônio de Paquequer passou a denominar-se Teresópolis devido aos decretos estaduais nº 1, de 05/05/1892 e no 1-A, de 03/06/1892.

A Lei Orgânica de Teresópolis, publicada em 05/04/1990, denominou o distrito de Nhungaçu para Vale de Bonsucesso e o Paquequer Pequeno passou a ser Vale do Paquequer. (Agenda 21).

4.1.2 Dados Socioeconômicos

Os dados socioeconômicos referentes ao município de Teresópolis estão descritos nas Tabelas 6 a 10, Figuras 6 a 9 e no Quadro 1.

Tabela 2: Dados básicos do município de Teresópolis

População	Área	Densidade Demográfica	Bioma	População Estimada 2013
163.746 hab.	771 km ²	212,49 hab/km ²	Mata Atlântica	169.849

Fonte: IBGE - Censos e Estimativas (2010)

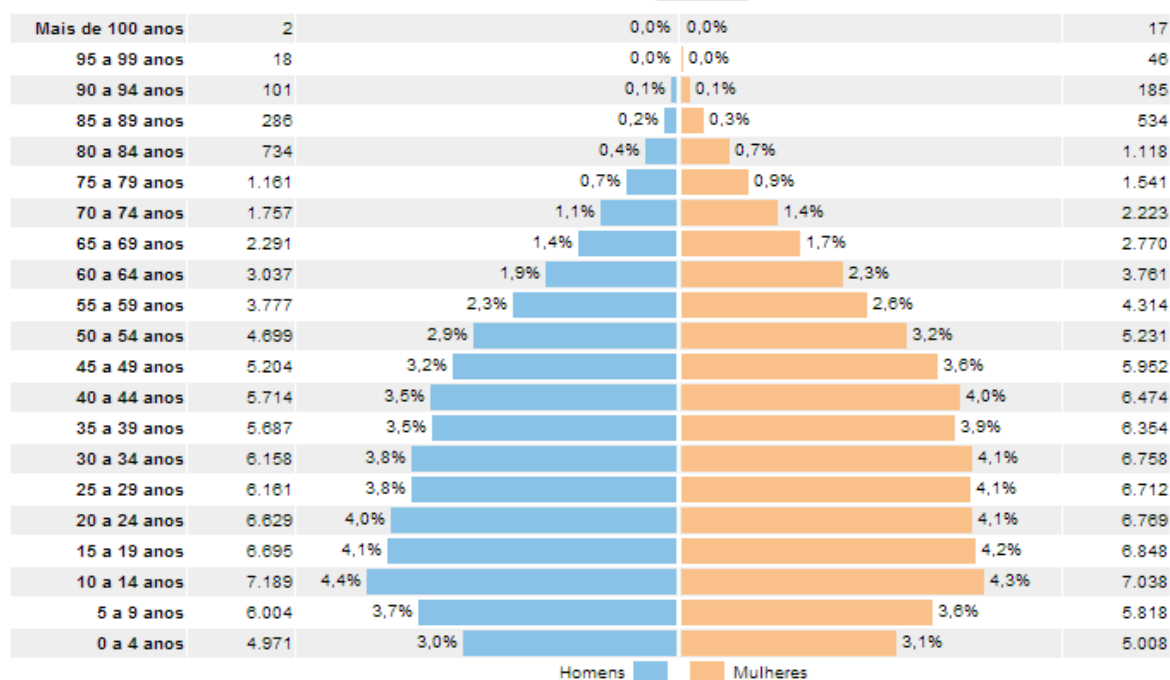
Tabela 3: Taxa de crescimento estimativo da população até 2009.

População:

População Residente por ano		
Ano	População	Método
2009	162.070	Estimativa
2008	159.968	Estimativa
2007	152.858	Estimativa
2006	150.920	Estimativa
2005	148.966	Estimativa
2004	145.123	Estimativa
2003	143.435	Estimativa
2002	141.738	Estimativa
2001	140.144	Estimativa
2000	138.081	Censo
<hr/>		
Taxa de crescimento anual estimada (%) (2006-2009)		2,4
Mulheres em idade fértil (10-49 anos), 2009		50.950
Proporção da pop. feminina em idade fértil, 2009 (%)		60,7

Fonte: IBGE - Censos e Estimativas (2010)

Tabela 4: Distribuição da população por sexo, segundo os grupos de idade.



Fonte: IBGE - Censos e Estimativas (2010)

Tabela 5: População residente, por sexo e situação do domicílio e alfabetização.

MUNICÍPIO	População residente, sexo e situação de domicílio.					População residente de 10 anos ou mais de idade.		
	Total	Homens	Mulheres	Urbana	Rural	Total	Alfabetizada	Taxa de alfabetização
Teresópolis	138.081	67.111	70.970	115.198	22.883	113.573	102.759	90,5

Fonte: IBGE - Censos e Estimativas (2000).

População - Teresópolis (RJ)

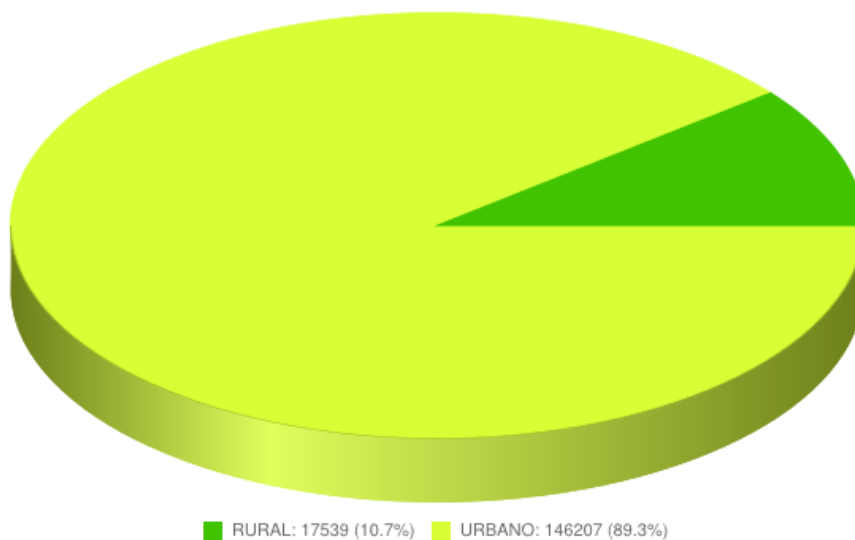


Gráfico 1: População urbana x população rural.

Fonte: IBGE - Censos e Estimativas (2010)

Tabela 6: Educação no município de Teresópolis.

- Escolaridade

Nível	Docentes
Ensino Fundamental	1.236
Ensino Médio	449
Ensino Pré-Escolar	191
Nível	Escolas
Ensino Fundamental	105
Ensino Médio	16
Ensino Pré-Escolar	69

Fonte: IBGE (2012).

- Saúde

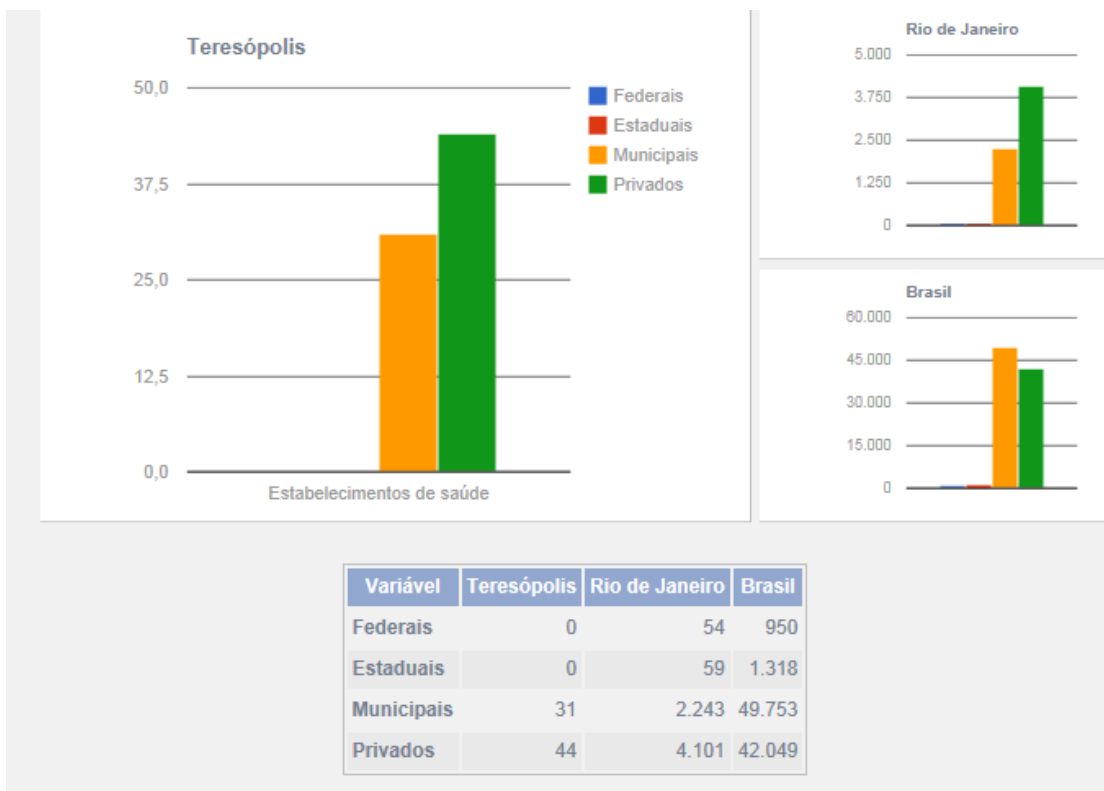


Figura 7: Estabelecimentos de saúde.

Fonte: IBGE - Censos e Estimativas (2010)

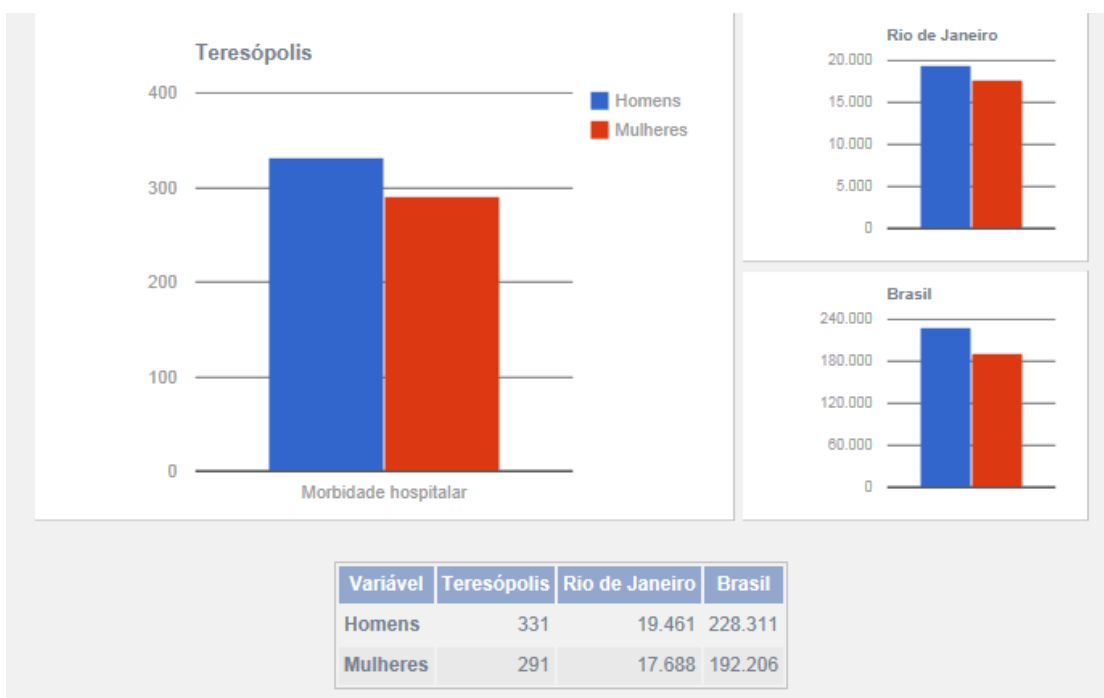


Figura 8: Morbidade hospitalar.

Fonte: IBGE - Censos e Estimativas (2010)

- Economia

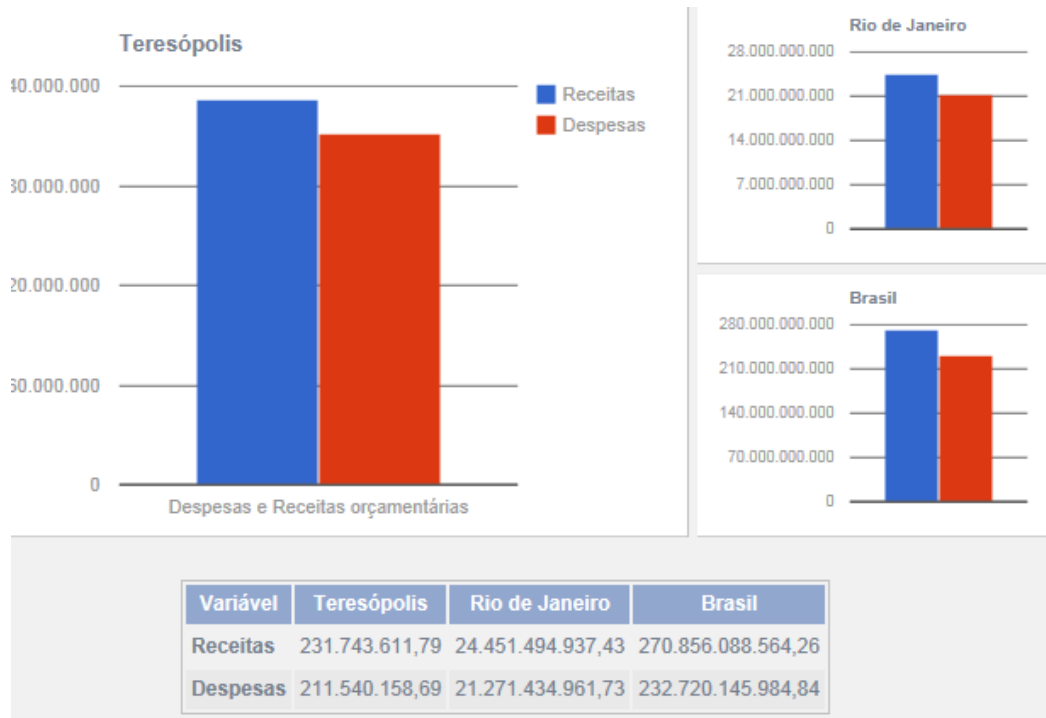


Figura 9: Despesas e receitas orçamentárias.

Fonte: IBGE - Censos e Estimativas (2009)

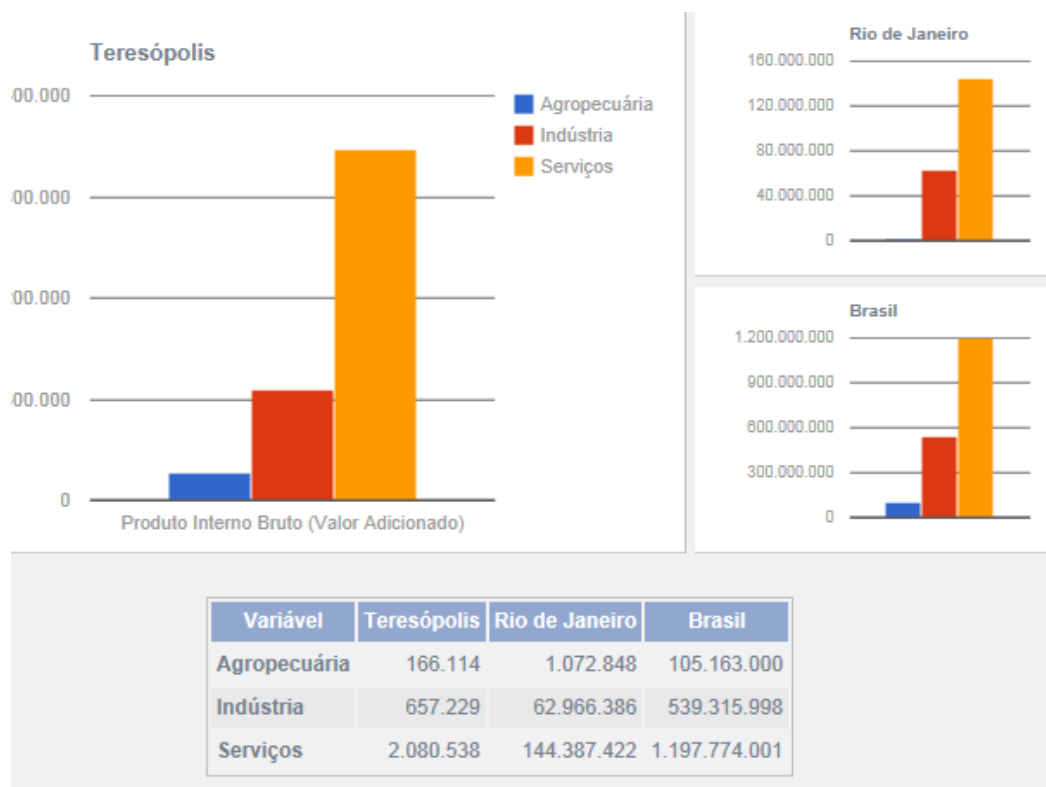


Figura 10: Produto Interno Bruto (PIB).

Fonte: IBGE - Censos e Estimativas (2009)

Segundo dados da Agenda 21, o município de Teresópolis possui uma renda per capita de R\$7.564,00, e seu mercado está voltado para turismo e a produção agrícola. As indústrias de confecções e bebidas são as principais da região.

4.1.3 Recursos Hídricos

Teresópolis apresenta grande riqueza de mananciais, principalmente no Parque Nacional da Serra dos Órgãos e no Parque Estadual dos Três Picos, devido à sua localização geográfica privilegiada. O município é cortado por diversos rios, como os das Canoas, Formiga, Bengalas e Frades, além do Rio Preto, que tem por afluentes os Rios Córrego Sujo, Vargem Grande e Paquequer. O conjunto de nascentes, lagos, rios e tributários constitui as sub-bacias hidrográficas dos rios Paquequer e Preto, inseridas na Bacia do Rio Piabanha. Essa bacia possui uma área de drenagem de 2.065 km², abrangendo 100% do município de Teresópolis e parte dos municípios de Areal, Petrópolis, São José do Vale do Rio Preto, Paty de Alferes, Paraíba do Sul e Três Rios. Tem como seu principal afluente o rio Preto, com extensão de 54 km. A sub-bacia hidrográfica do Rio Paquequer, uma das

principais do município, compreende uma área de aproximadamente 269,08 km², entre os distritos de Teresópolis (primeiro distrito) e Vale do Paquequer (segundo distrito). O Paquequer é um dos principais rios desta bacia hidrográfica, com cerca de 35 km de extensão e é afluente do rio Preto. Atualmente, existem programas de controle de qualidade de água nas nascentes dos rios já identificados. (Agenda 21 Comperj)

Algumas das grandes sub-bacias formadoras do rio Paraíba do Sul são as sub-bacias do Rio Preto e Paquequer, e a bacia do Piabanha, e possuem os melhores percentuais de cobertura florestal e de extensão de florestas de toda a bacia do rio Paraíba do Sul.

Segundo o Comitê Piabanha, a bacia do Paraíba do Sul possui uma área de aproximadamente 4.484 km², onde vivem em torno de 700 mil habitantes, e abrange dez municípios originais, sendo os mais representativos, com população superior a 30 mil habitantes: Petrópolis, Teresópolis, Três Rios e Paraíba do Sul.

A bacia do rio Piabanha, conforme citado anteriormente, apresenta a maior cobertura florestal, estimada em mais de 20% das terras, onde em sua maioria predomina a Mata Atlântica. Já a sub-bacia do rio Paquequer, apresenta o maior percentual de cobertura vegetal entre todas as sub-bacias individualizadas do Paraíba do Sul, com 46%. Hoje, os campos e pastagens são ocupações predominantes na bacia. (Comitê Piabanha)

A Agenda 21, cita que o município de Teresópolis é cortado por diversos rios, sendo eles: Canoas, Formiga, Bengalas e Frades, além do rio Preto, e seus afluentes, os rios Córrego Sujo, Vargem Grande e Paquequer. O conjunto de nascentes, lagos, rios e tributários constitui as bacias do rio Preto e Paquequer, que estão inseridas na bacia do Piabanha.

Outras sub-bacias que o ajudam a compor toda a bacia hidrográfica da região são: a sub-bacia dos rios Paquequer, Ribeirão Santa Rita, Príncipe, Imbuí, Formiga, e Vieira, totalizando uma área de aproximadamente 700 km².

Segundo o Conselho Nacional de Recurso Hídrico (2003), a bacia do rio Preto está inserida na Região Hidrográfica Atlântico Sudeste. A Região é constituída pelas bacias hidrográficas de rios que deságuam no trecho Sudeste do Oceano Atlântico, estando limitada ao norte pela Bacia Hidrográfica do Rio Doce,

inclusive, a oeste pelas regiões hidrográficas do São Francisco e do Paraná e ao sul pela bacia do Rio Ribeira.

A Resolução CNRH nº 109 de 2010 define que a divisão hidrográfica nacional é o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares, com vistas a orientar o planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos. (Conselho Nacional de Recurso Hídrico, 2010)

Na Agenda 21, a degradação na Bacia do rio Piabanha e sub-bacias dos rios Paquequer e Preto são: o assoreamento causado pela ocupação; contaminação dos lençóis freáticos devido à implantação de condomínios; exploração para irrigação e desmatamento das matas ciliares e vegetação próximas às nascentes.

Um dos maiores desafios de Teresópolis é o desenvolvimento de um modelo de gestão dos recursos hídricos. A participação do município no Comitê da Bacia Hidrográfica do Piabanha e das Sub-Bacias dos rios Paquequer e Preto, bem como a existência de contatos iniciais com redes internacionais para o gerenciamento de bacias hidrográficas (Rebob e Relob) viabilizariam a adoção de ações estratégicas.

Entretanto, a pouca atuação do Comitê de Bacias que abrange Teresópolis resulta na falta de implantação de projetos que contribuam para a sua gestão integrada. Este tipo de gestão – associada à revitalização do rio Paquequer, à melhoria do aproveitamento dos recursos hídricos, à recuperação de nascentes e de matas ciliares, bem como ao manejo controlado da extração de areia nos leitos dos rios – promoveria a conservação das águas do município.

Para o município de Teresópolis foram levantadas 41 Sub-bacias e 253 micro bacias através do Modelo Digital Elevação – MDE – IBGE/SEA 2006. Na Figura 11 estão os principais rios que compõem a hidrografia do município de Teresópolis.

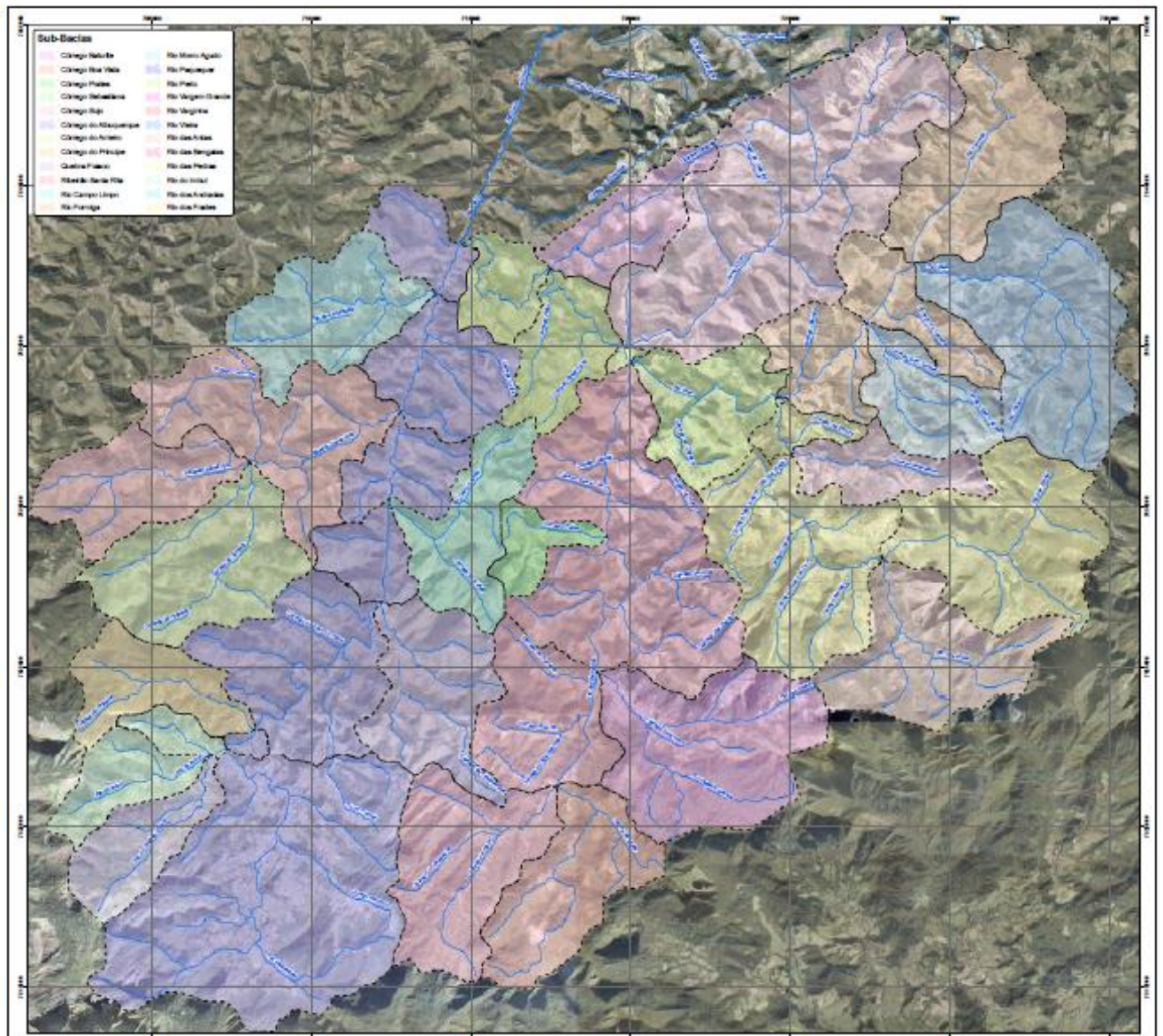


Figura 11: Rios que compõem a hidrografia do município de Teresópolis.

Fonte: INEA (2011)

O aproveitamento dos recursos hídricos da bacia hidrográfica do município de Teresópolis se dá através da composição do sistema existente de abastecimento de água da cidade dado pelos seguintes subsistemas:

- Subsistema Rio Preto: é o principal e a captação é feita no rio Preto na localidade de Providência;
- Subsistema Parque Nacional: situada no Parque Nacional da Serra dos Órgãos, com barragens em três mananciais de superfície que são: rio Beija-Flor, rio Paquequer e córrego Britador;

- Subsistema Triunfo: tem como manancial o rio Imbuí, onde foi executada uma barragem de terra, do tipo acumulação;
- Subsistema Jacarandá: Este subsistema conta com duas captações em duas barragens, uma superior, do tipo de nível e um inferior de acumulação.
- Subsistema Penitente: captação através de uma barragem de nível, executada no córrego dos Penitentes;
- Subsistema Taboinhas: captação feita no córrego das Taboinhas;
- Subsistema Granja Lourdes: a captação é feita no rio Quebra Frascos, onde foi construída uma barragem de nível.
- Subsistema Ingá: Executada em um córrego local, dotado de uma barragem de nível.

4.1.4 Caracterização do Regime Hidrológico

O ano hidrológico na bacia do rio Preto coincide com o da bacia do rio Paraíba do Sul, correspondendo ao período de Setembro a Agosto. As maiores vazões ocorrem entre Dezembro e Março e as mínimas entre Julho e Setembro, conforme se pode verificar no histograma de vazões mensais médias de longo período demonstrado na Figura 12.

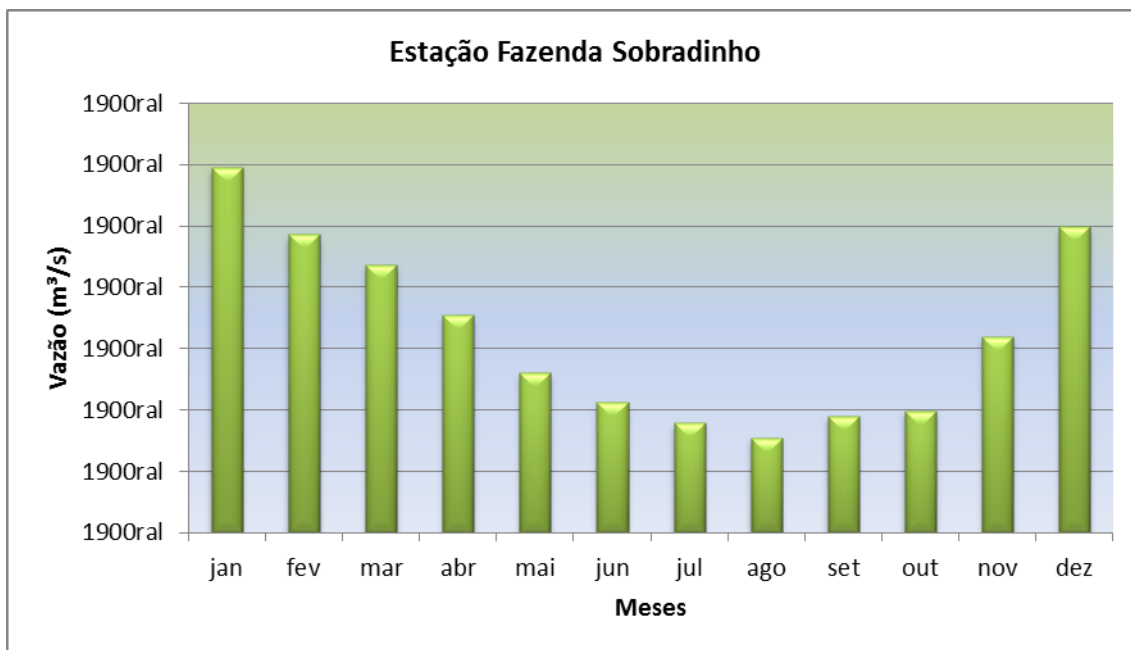


Figura 12: Regime Fluviométrico mensal do rio Preto – Teresópolis.

Fonte: INEA (2011)

4.1.5 Histórico de Eventos Chuvosos em Teresópolis

A macrodrenagem do município de Teresópolis está defasado devido ao crescimento intenso e desordenado de ocupações irregulares ao longo das bacias hidrográficas dos rios Paquequer, Príncipe, Imbuí e Quebra-Frascos.

Nem mesmo seu passado histórico, cultural e político foram suficientes para disciplinar o crescimento com base em um plano diretor de desenvolvimento urbano e impedir a deflagração do processo de ocupação irregular que, ao longo dos anos, se estabeleceu de forma disseminada na cidade sede do município e seus distritos vizinhos.

A Tabela 11 mostra os registros das principais enchentes ocorridas na região.

Data de ocorrência	Descrição
Janeiro de 1966	Enchentes e deslizamentos nos Estados da Guanabara e Rio de Janeiro, 250 mortos, 50.000 desabrigados
Fevereiro de 1987	Enchente em Petrópolis, Teresópolis e Rio de Janeiro, 292 mortos, 20.000 desabrigados. Em razão destas chuvas

	que registravam 171 vítimas fatais em Petrópolis e 94 no município do Rio de Janeiro. Foi decretado nesta o Estado de Emergência e com o agravamento da situação no dia 22, Estado de Calamidade Pública.
Fevereiro de 1988	Enchente de Teresópolis, Petrópolis, Baixada Fluminense, 277 mortos e 2.000 desabrigados.
Janeiro de 1999	Enchentes nos municípios do Rio de Janeiro, Vale do Paraíba e região serrana, 41 mortos, 72 feridos e 180 famílias desabrigadas.
Janeiro de 2000	Enchente nos municípios de Petrópolis, Teresópolis, Casimiro de Abreu e Barra Mansa, 22 mortos, 60 feridos e 133 famílias desabrigadas.
Fevereiro de 2003	Enchentes nos municípios da região serrana, Sul e Norte fluminense, 36 mortos, 95 feridos e 870 desalojados e 823 desabrigados.
Fevereiro de 2008	Nove pessoas morreram na região serrana em decorrência de fortes chuvas.

Fonte: INEA (2011)

4.1.6 Monitoramento da Bacia Hidrográfica

A bacia do rio Preto é coberta por uma rede de postos de monitoramento fluviométrico, porém diversos postos estão desativados, tornando os estudos hidráulicos e hidrológicos menos precisos. Esses postos fluviométricos são integrantes do sistema de informações hidrológicas Hidroweb - ANA (2000).

A Tabela 12 apresenta a descrição das Estações Fluviométricas localizadas na região de Teresópolis e a Figura 13 as suas localizações.

Tabela 12: Estações Fluviométricas localizadas na região de Teresópolis.

Código	Nome do Posto	Área de Drenagem (km ²)	Operadora	Localização	
				Latitude	Longitude
584150	Providência	23	UE	-	-
584190	Sítio do Roberto	6,3	IGE	-	-
584190	Vale alpino	53,	CP	-	-42,865
584190	Sorveteria	52,	IGE	-	-
584100	Teresópolis	-	INE	-	-
584110	Teresópolis	-	INE	-	-
584200	Fazenda	72	CP	-	-

Fonte: Hidroweb – ANA (2000)

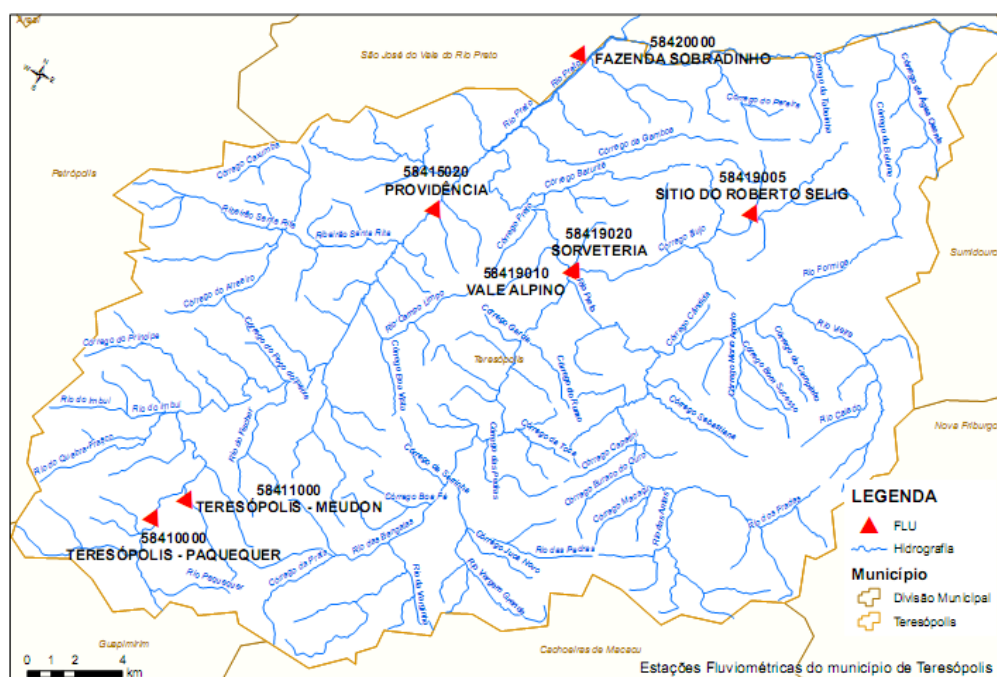


Figura 13: Localização dos postos Fluviométricos da região de Teresópolis.

Fonte: Hidroweb - ANA (2000)

O monitoramento pluviométrico no município de Teresópolis não é satisfatório, uma vez que inúmeros postos pluviométricos também estão desativados.

A Tabela 13 apresenta a descrição dos Postos e a Figura 14 suas localizações.

Tabela 13: Lista dos Postos Pluviométricos que cobrem a região do município de Teresópolis.

Código	Nome	Operadora	Localização	
			Latitude	Longitude
224 2027	Fazenda Sobradinho	CPR M	- 22,2011	-42,9
224 2026	Bom sucesso	CPR M	- 22,2714	-42,7947
224 2089	Teresópolis	INEA	- 22,4333	-42,9742
224 2071	Teresópolis (parque nacional)	INM ET	- 22,4333	-42,9833
224 2072	Teresópolis	INM ET	-22,45	-42,9333
224 2054	Soberbo	DNO S	-22,45	-42,9833
224 2121	Teresópolis-paquequer	INFO PER	- 22,4306	-42,9764
224 2122	Vale alpino	CPR M	- 22,2758	-42,865
224 2123	Providência	UERJ /UFF	- 22,2775	-42,9269

Fonte: Hidroweb - ANA (2000)

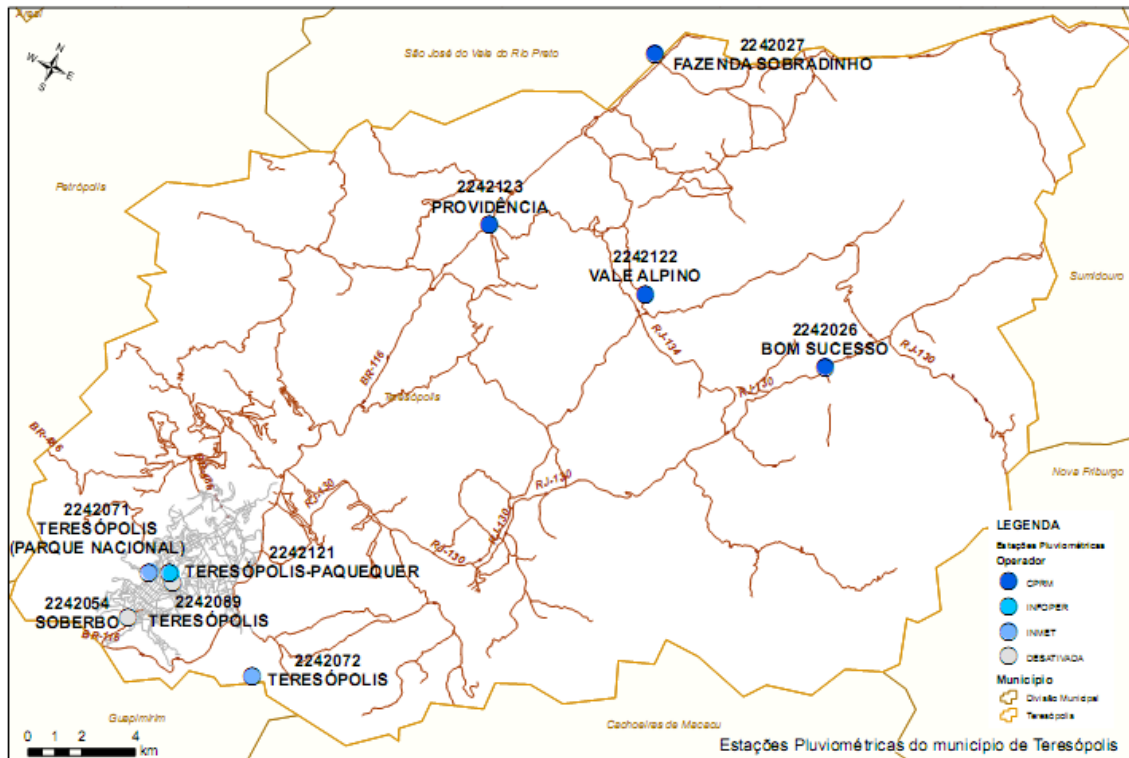


Figura 14: Localização dos Postos Pluviométricos em Teresópolis

Fonte: Hidroweb - ANA (2000)

4.1.7 Uso e Ocupação do Solo

Segundo dados da UFRJ, 55% da cobertura vegetal da Região Serrana está localizada em Petrópolis, Teresópolis e Nova Friburgo, ocupando mais de 35% de suas respectivas áreas. Entretanto, esses dados não significam ser satisfatórios, uma vez que a área possui condição elevada de suscetibilidade do meio físico à erosão, e as florestas possuem sua função no controle dela.

Na Figura 15 apresenta o mapa de uso e ocupação do solo existente na Bacia Hidrográfica do município de Teresópolis/RJ.

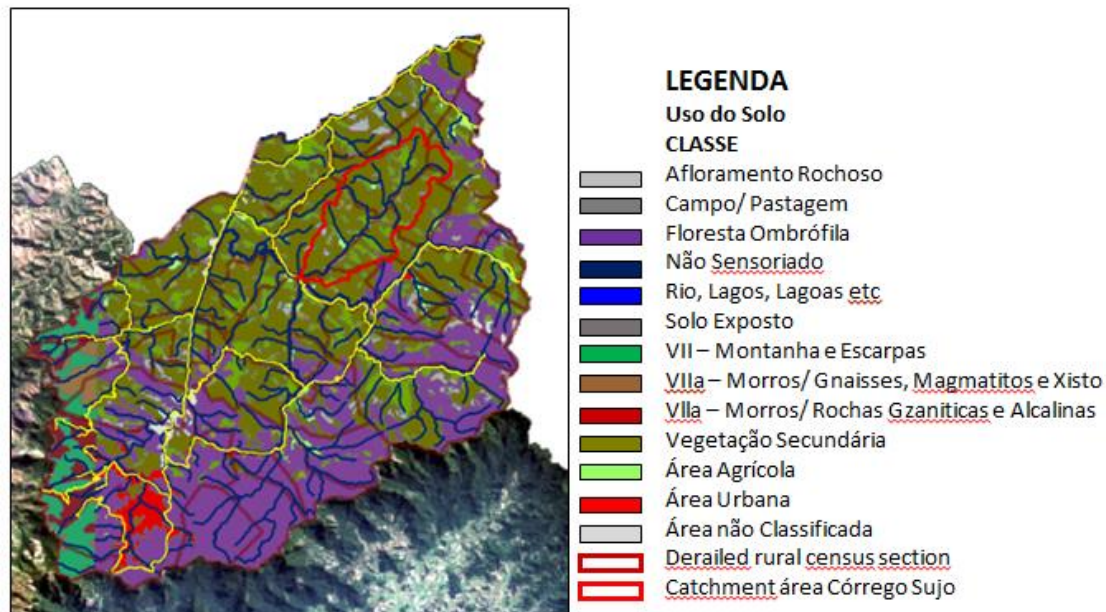


Figura 15: Uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica em Teresópolis.

Fonte: Bonn e Leipzig (2006)

A sua ocupação iniciou-se durante o período colonial do início do século XIX. Hoje os principais núcleos urbanos, Petrópolis e Teresópolis, que segundo IBGE - Censos e Estimativas (2010), possuem juntos mais de 163.746 habitantes instalados em regiões intermontanas, em fundo de vales nos exíguos terraços fluviais, por vezes atingindo as encostas íngremes expandindo-se pelos vales dos rios Piabanha e Preto, respectivamente.

A proximidade com o Rio de Janeiro induz a um crescimento urbano acentuado e inadequado para as condições ambientais da bacia. Além dos conhecidos problemas com situações de risco de erosão das encostas e de inundação na calha dos rios, a qualidade dos recursos hídricos é prejudicada pelo lançamento de esgotos *in natura*. A falta de tratamento de esgotos junto com uma baixa vazão do rio para diluição das cargas lançadas resulta em altos índices de poluição. (INEA, 2011)

O autor citado acima destaca o uso industrial da bacia do rio Preto (mais de 50 indústrias de alto potencial poluidor) e pelo uso agrícola, corresponsáveis pela erosão dos solos e degradação das águas, juntamente com o uso urbano. Predominam as culturas de ciclo curto (verduras e legumes) e não se verifica o uso de técnicas de conservação de solo, como plantio em curva de nível, apesar das fortes declividades e do potencial de erosão hídrica da região. Em geral, as

áreas cultivadas se localizam nas margens dos rios e córregos, ocupando Áreas de Preservação Permanente (APP).

Foi citado também que o uso abusivo de agrotóxicos, lançamento de esgotos de origem doméstica e animal (currais e pocilgas) e erosão das margens são problemas comuns aos cursos d'água nessas áreas, comprometendo a qualidade das águas utilizadas para a irrigação das culturas e abastecimento doméstico. Ressalta-se que a captação de água para abastecimento de Teresópolis situa-se no rio Preto, no trecho inferior de diversas áreas agrícolas.

No mesmo trabalho disposto pelo INEA, o nível de ocupação e a intensidade de uso das terras e das águas da bacia do rio Preto situam-se entre as sub-bacias do Paraíba do Sul, com prioridade para a realização de ações de proteção e recuperação de florestas, solos e águas. Sendo recomendadas medidas rigorosas de restrição de uso, especialmente no curso superior do rio Preto, que recebe prioridade máxima na proteção das florestas, na recuperação de áreas degradadas, no planejamento e controle do parcelamento do solo urbano e dos usos da água, e em geral do uso agrícola.

4.1.8 Paisagem

O Parque Nacional da Serra dos Órgãos – PARNARSO e o Parque Estadual dos Três Picos, considerado o maior parque estadual do Rio de Janeiro, são localizados em Teresópolis, que é cercada por matas e formações geológicas como o Dedo de Deus, Pedra do Sino, Agulha do Diabo, Pedra da Tartaruga e Mulher de Pedra e devido a isso, o município é conhecido nacionalmente pelo montanhismo. Abaixo são apresentados os diversos tipos de paisagens encontradas na região. (Bonn e Leipzig, 2006)

4.1.8.1 Relevô

Segundo Bonn e Leipzig (2006), dominado por três componentes, o relevo ondulado de áreas serranas se caracteriza por: fragmentos florestais, que se estendem de altas partes com muitas vertentes, as braquiárias, que são as pastagens em encostas e em alguns casos se estendem através de altos morros e a

agricultura na bacia dos rios. Além de “capoeiras”, que são considerados os pastos em regeneração.

As encostas denominadas “dos Órgãos”, “Albuquerque”, “Firmamento”, “Gamboa”, “Paquequer”, “Demanda” e “Capim”, são características do relevo montanhoso de Teresópolis, onde a parte mais baixa do município se encontra a 145 metros de altitude e o mais alto pico está em 2263 e as montanhas estão em média entre 900 a 1400 metros de altitude, cobertas por vegetação e distribuídas entre fragmentos e áreas de pastagens, e o cultivo agrícola prevalece nas áreas baixas dos morros.

4.1.8.2 Área de Conservação Florestal

Conforme Bonn e Leipzig (2006), Teresópolis possui uma unidade de conservação municipal, o Parque Montanha de Teresópolis, localizada a Pedra da Tartaruga; o Parque dos Três Picos é estadual e o Parque Nacional da Serra dos Órgãos – PARNASO é federal. Este último possui uma reserva de cerca de 18 mil hectares com 32 espécies ameaçadas de extinção, o que a torna a terceira Unidade de Conservação no ranking nacional.

4.1.9 Cobertura Vegetal

Bonn e Leipzig (2006) descreveu a cobertura vegetal com diferente variedade, devido à deteriorização e desflorestamento da região, e o principal causador sendo o uso agrícola. Abaixo estão citadas tais coberturas:

- **Floresta Hombrófila Densa:** Floresta próxima do clímax, e encontrada em algumas áreas de proteção e em partes do Parque Nacional da Serra dos Órgãos.
- **Floresta Desenvolvida:** É observada a presença de espécies mais velhas que 30 anos, enorme presença de epífitas e lianas, o dossel é fechado. Este tipo de cobertura vegetal corresponde à maior cobertura do Parque Nacional Serra dos Órgãos e alguns fragmentos nas encostas.
- **Floresta em Desenvolvimento Intermediário:** As espécies semi-arbóreas e de cerrado prevalecem, a vegetação arbórea começa a mostrar

predominância, pouca presença de epífitas, na maioria, em pequenos fragmentos em encostas.

- **Floresta em Condição Inicial de Desenvolvimento:** Ausência de epífitas, predominância de gramíneas, os arbustos e as plantas herbáceas podem chegar até 4 metros de altura. Há a predominância de muitos pastos abandonados com mais de cinco anos e que não foram queimados.
- **Pastagens e Cerrado:** Presença de áreas limpas com gramíneas para pastagem em alguns casos com pouco de cerrado.
- **Agricultura:** Predominância de cultivos de ciclo curto, ao lado de cítricos.
- **Vegetação de Áreas Alagadas:** Dominância da espécie *Typha domingensis*, e outras com características de terras alagadas.

4.1.10 Fisiografia

Segundo a CPRM, a bacia hidrográfica do município de Teresópolis apresenta o relevo montanhoso, muito acidentado no curso médio e superior, com afloramentos rochosos e altitudes que ultrapassam os 2.000m. As fortes restrições à ocupação dadas pelo relevo são a principal razão do nível relativamente alto de cobertura florestal natural da bacia (mais de 30%), se comparado com a média das sub-bacias do Paraíba do Sul (11%). Apesar da expressiva cobertura florestal, as condições de relevo (solos muito rasos) e a elevada pluviosidade resultam em alta vulnerabilidade à erosão na maior parte da bacia.

Os intensos processos erosivos da sub-bacia do rio Preto se refletem no assoreamento do reservatório situado entre Areal e São José do Rio Preto (represa Morro Grande, utilizada para abastecimento de água e geração de energia pela Ampla S/A). Estudos realizados há 10 anos pelo DRM - RJ (2001) indicavam que o reservatório (na época com cerca de 40 anos de existência) já havia perdido mais de 50% de sua capacidade de armazenamento.

Geomorfologicamente a região está situada na Unidade Serra dos Órgãos. O reverso deste conjunto topográfico é definido por seu aspecto morfoestrutural, caracterizado por lineações de vales estruturais de cristas serranas, maciços graníticos, morros com desníveis altimétricos acentuados e alvéolos intermontanos. Essas feições refletem áreas de dobramentos remobilizados sob

forma de blocos justapostos. A drenagem da Serra dos Órgãos se desenvolve sob o controle lito-estrutural, apresentando padrões paralelos e sub-paralelos.

Os reversos da Serra do Mar, pela sua localização, extensão e posição geográfica, apresenta formas de uso e ocupação inadequados como desmatamentos e desenvolvimento de atividades agropecuárias e urbanas em núcleos intermontanos, expandindo-se às vertentes íngremes. A região tem expressiva amplitude topográfica, de vertentes predominantemente retilíneas à côncavas e escarpadas com topos e cristas. A vegetação predominante é composta de Floresta Ombrófila Densa Montana, Alto Montana, Campos de Altitude e Floresta Estacional Semidecidual, adaptada às estações úmidas e secas.

O ambiente de Formação Montana se estende sobre litologia pré-cambriana, em formação de Latossolos, Podzólicos, Cambissolos e subordinadamente Litossolos com afloramentos rochosos nas vertentes mais íngremes, normalmente ocupando locais de difícil acesso, quase sempre constituindo áreas de preservação ambiental.

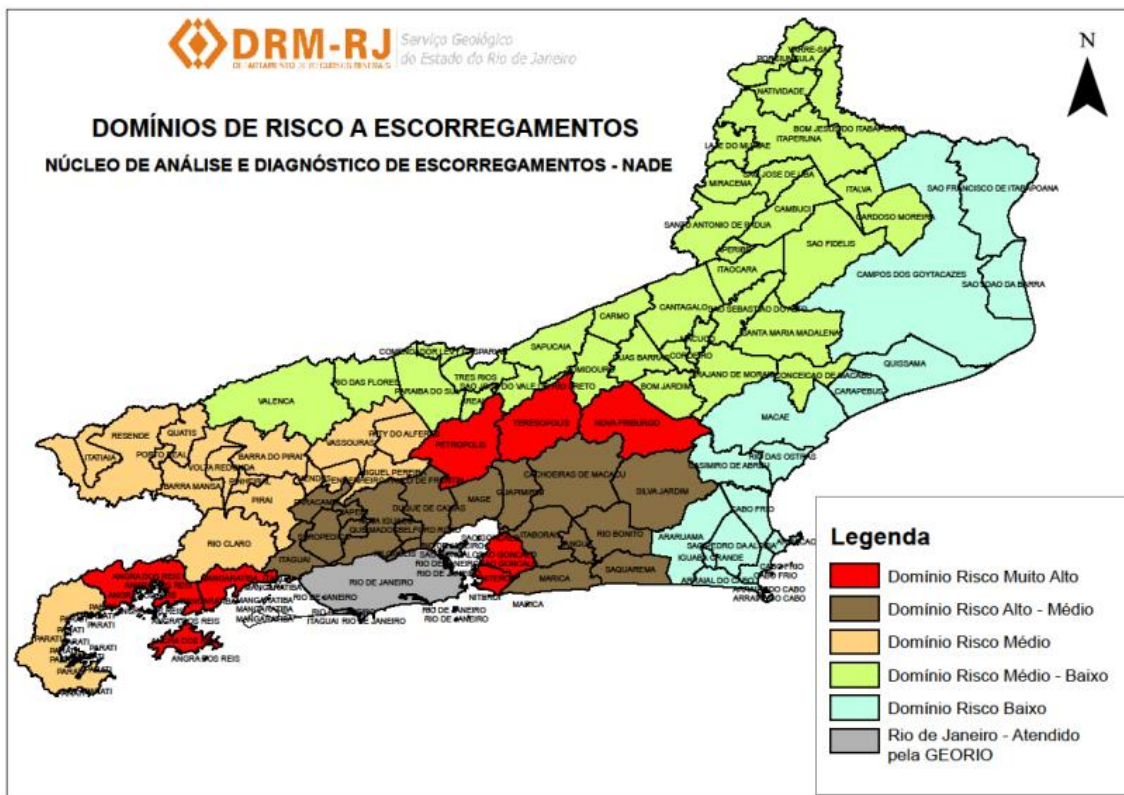


Figura 16: Diagnóstico do Risco a Escorregamentos no Estado em Nov/ Dec 2010.

Fonte: DRM - RJ (2011)

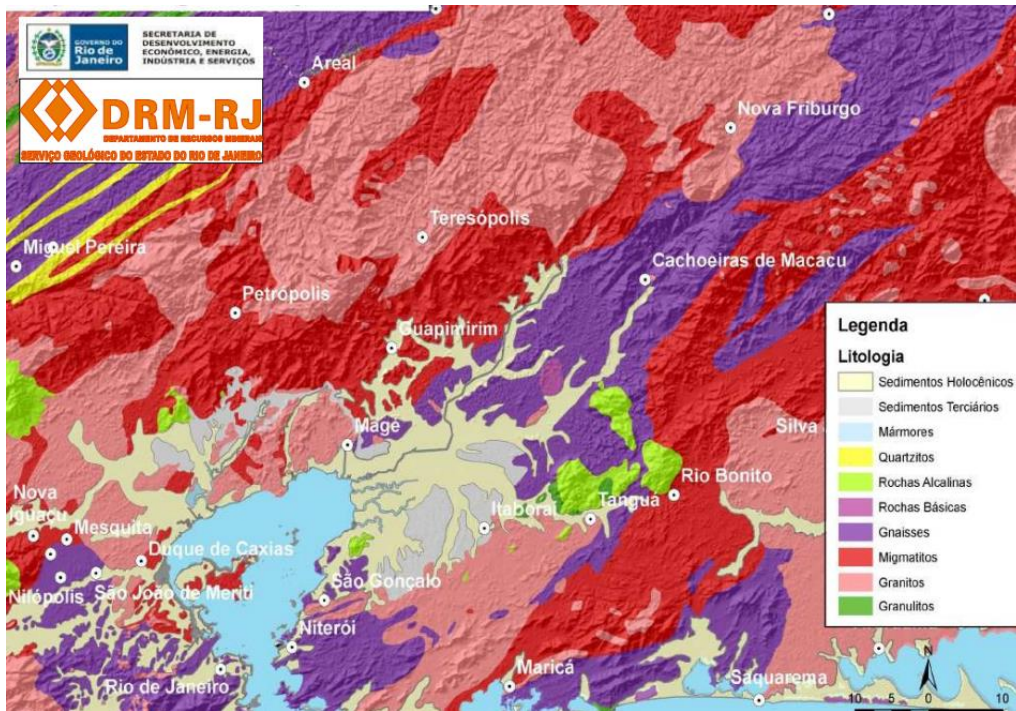


Figura 17: Geologia

Fonte: DRM - RJ (2011)

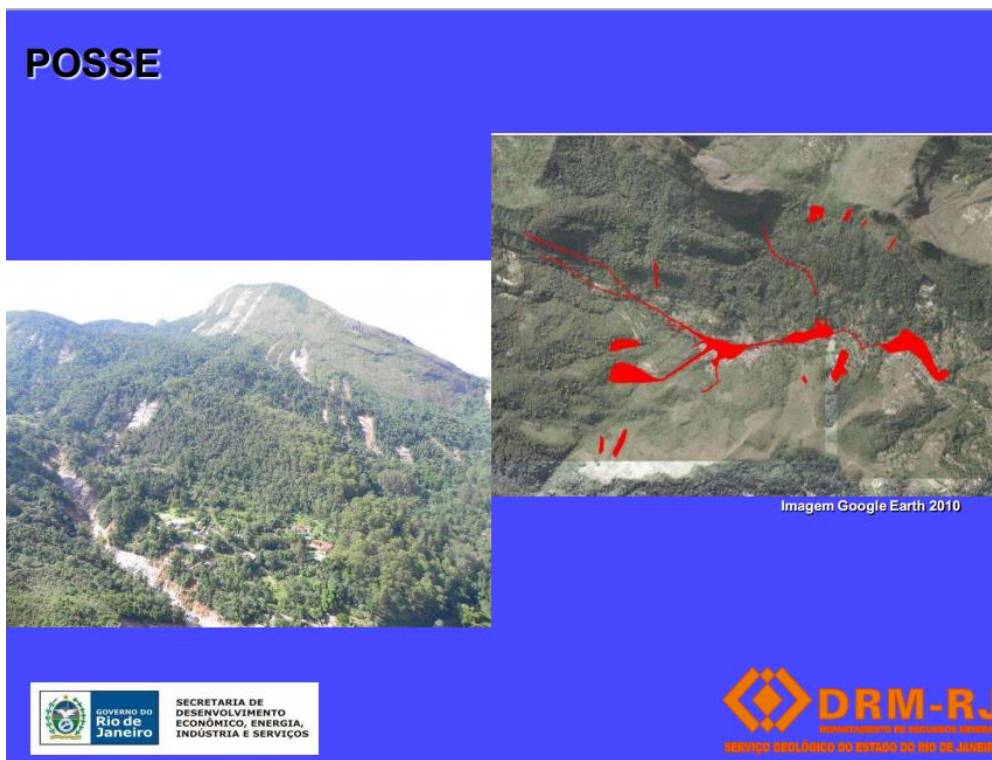


Figura 18: Área afetada no bairro Posse – Teresópolis

Fonte: DRM - RJ (2011)

4.1.11 Clima e Regime Pluviométrico

O clima de Teresópolis é típico da região serrana brasileira, com oscilações de temperatura e precipitação causadas pelas diferenças de altitude (de 300 a 1500 metros acima do mar). Para a caracterização do clima foram analisados dados da estação meteorológica de Teresópolis localizada aproximadamente à 874 metros de altitude, latitude 22°25'59,88''S e longitude 42°58'42''O, operada pelo INMPE.

Observando-se o diagrama climático na Figura 19, correspondente ao período de 26 anos (1961-1987), é possível verificar a ausência de déficit hídrico na região, onde o mês de dezembro apresenta a maior precipitação média mensal (296,6mm) e o mês de junho a menor (43,0mm). A precipitação anual é de 1.729,4mm. Os meses com maior número de dias com chuva são janeiro e dezembro (média de 20 e 21 dias, respectivamente) e os meses com menor número de dias com chuva são junho, julho e agosto (média de 7 dias para cada um); no entanto, todos os meses do ano apresentam mais de sete dias de chuva.

A maior temperatura máxima absoluta observada no período ocorreu em fevereiro (34,9°C) e a menor temperatura mínima absoluta em junho (1,4°C). A temperatura média anual é 19 °C. A temperatura média máxima anual é de 24,3°C, enquanto a temperatura média mínima é de 14°C. Estas características climáticas permitem afirmar que o município de Teresópolis, incluindo o Parque Nacional da Serra dos Órgãos, está sob influência de um clima pouco sazonal, onde a vegetação não sofre restrição hídrica pela inexistência de uma estação seca bem definida.

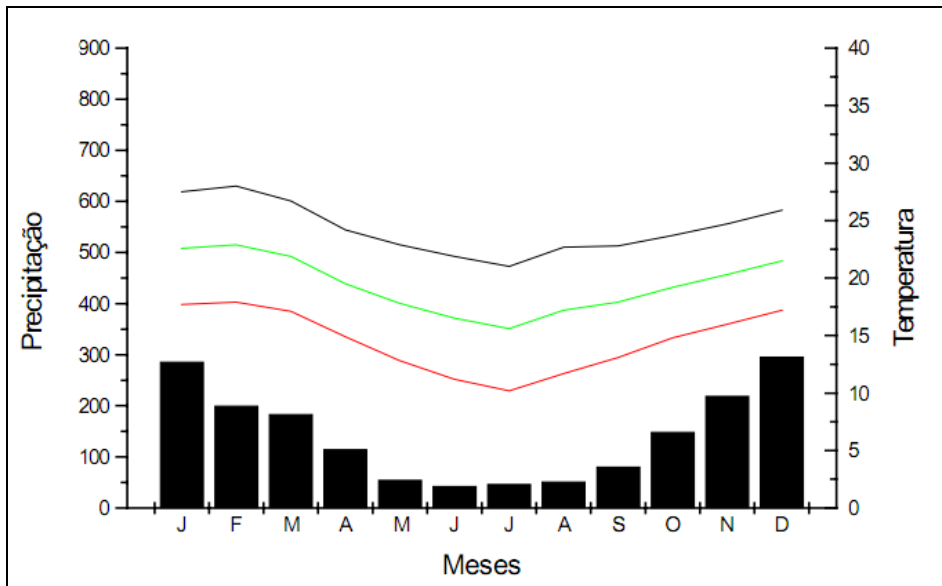


Gráfico 2: Precipitação média mensal e temperatura média de Teresópolis.

Fonte: INMPE.

A distribuição das precipitações ao longo do ano está representada no gráfico (Figura 20), podendo-se identificar o período chuvoso de Novembro à Março. Verifica-se que o mês mais seco é Julho e que as chuvas têm início no mês de Agosto.

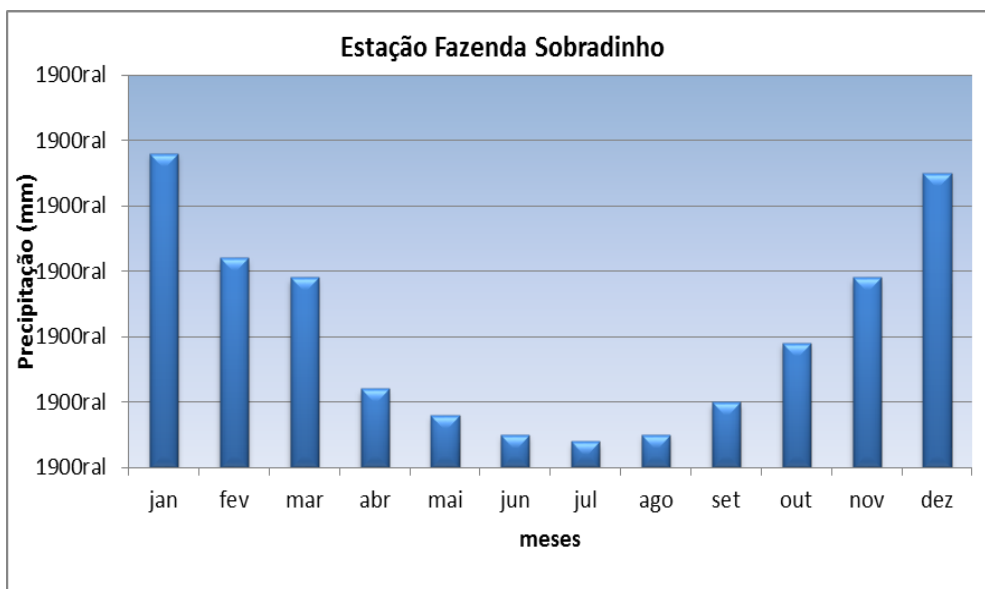


Gráfico 3: Regime pluviométrico mensal da região de Teresópolis (RJ).

Fonte: ANA

A localização da bacia em região tropical e a proximidade da superfície oceânica não explicam por si só a elevada pluviosidade da região. A esses fatores

que criam pré-condições à alta pluviosidade estão associados mecanismos dinâmicos de massas de ar polares, oceânicas, linhas de instabilidade e fatores estáticos orográficos proporcionados pela orientação SO/NE da Serra do Mar.

Esse posicionamento expõe a região ao fluxo meridional de ar frio, oriundo do Polo Sul sobre as águas quentes oceânicas, assegurando-lhe ainda maior frequência de invasão de frentes frias e de linhas de instabilidade tropical. A sua topografia bastante acidentada, que é proporcionada por rochas cristalinas do Escudo Brasileiro, aumenta a turbulência do ar pela ascendência orográfica, favorecendo as precipitações.

Os fatores dinâmicos e estáticos determinam para a bacia o clima tropical de altitude úmido, com altos índices pluviométricos e temperaturas médias à baixas. A região mais baixa, tanto pelo efeito adiabático como pela continentalidade, está condicionada a amplitudes térmicas distintas de inverno e verão de um clima sub-úmido.

Nas encostas íngremes a pluviosidade anual ultrapassa os 2.500mm, como nas cidades de Petrópolis e Teresópolis. Nas vertentes mais íngremes e elevadas, acima dos 2000m, identificam-se formações rupestres e campos de altitude como nas proximidades dos campos do Sino e do Açú, onde podem ocorrer temperaturas negativas, inclusive com geada. Nas proximidades dos municípios de Areal e São José do Rio Preto, a pluviosidade anual cai abruptamente para 1.300mm, com períodos secos e déficits hídricos bastante pronunciados.

Nas Figuras 18 e 19 pode-se verificar uma área bastante atingida no trecho superior do rio Príncipe, no bairro Posse.



Figura 19: Imagem anterior à enchente de 2011.

Fonte: Google Earth em 29/08/2010.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1113886/CA



Figura 20: Imagem posterior à enchente de 2011.

Fonte: Google Earth em 20/09/2011.

4.2 Mapeamento da mancha de inundação

4.2.1 Uso e ocupação do solo

O uso e ocupação do solo é uma importante característica para demarcação de áreas propícias às inundações, uma vez que áreas urbanas tendem a ter uma maior impermeabilidade do solo, o que tende a acumular mais água em superfície, aumentando assim o seu escoamento superficial. Já as áreas com florestas, tende a infiltrar a água e ficar retida nas vegetações.

A Tabela 14 abaixo apresenta as categorias de uso e ocupação do solo e pesos para os níveis de impermeabilização, segundo Tambosi (2008).





Tabela 14: Pesos para uso e ocupação do solo.

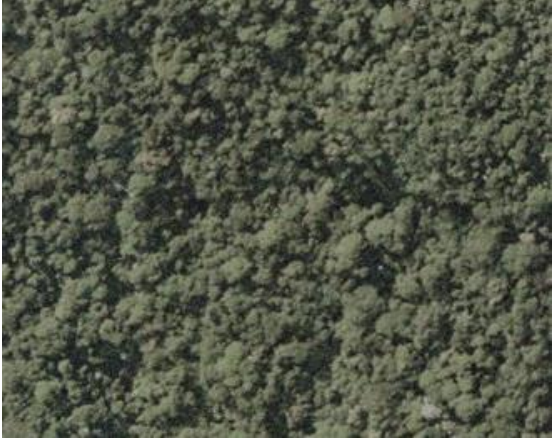
Peso das classes de uso do solo	
Corpo d'água	9
Solo exposto	7
Pastagem	3
Silvicultura	4
Vegetação arbórea	1
Vegetação herbácea	3
Área urbana	8

Fonte: Adaptado de Tambosi (2008).

Para elaboração de um mapa de uso e ocupação do solo, foi necessária a elaboração de uma chave de interpretação, caracterizando assim, cada local no entorno do rio de acordo com o uso do solo e permeabilidade. No caso do rio Príncipe, não foram localizadas áreas de silvicultura e pastagens.

O Quadro 3 abaixo apresenta os locais com suas devidas classificações e pesos.

<p>Área urbana Peso = 8</p>	
<p>Solo exposto Peso = 7</p>	
<p>Vegetação herbácea Peso = 3</p>	 

Vegetação arbórea Peso = 1	
-------------------------------	--

Quadro 3: Tipos de vegetações e suas classificações no local de estudo.

Após a classe chave, foram mapeados os polígonos de acordo com as características de cada local, utilizando os critérios da Tabela 14.

Porém foi necessário converter o arquivo para raster, conforme a Figura 21.

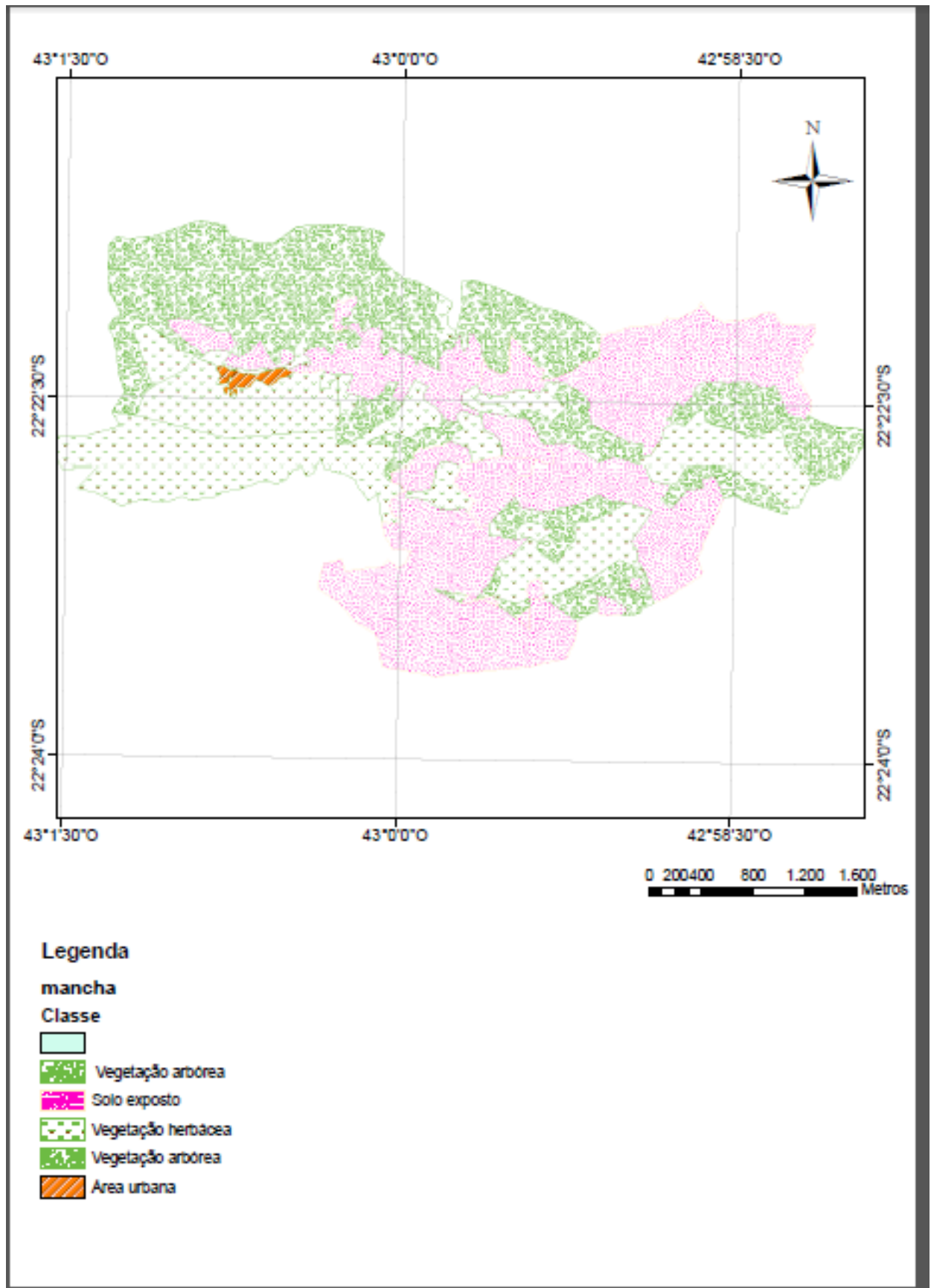


Figura 21: Polígonos do uso e ocupação do solo.

Fonte: A Autora

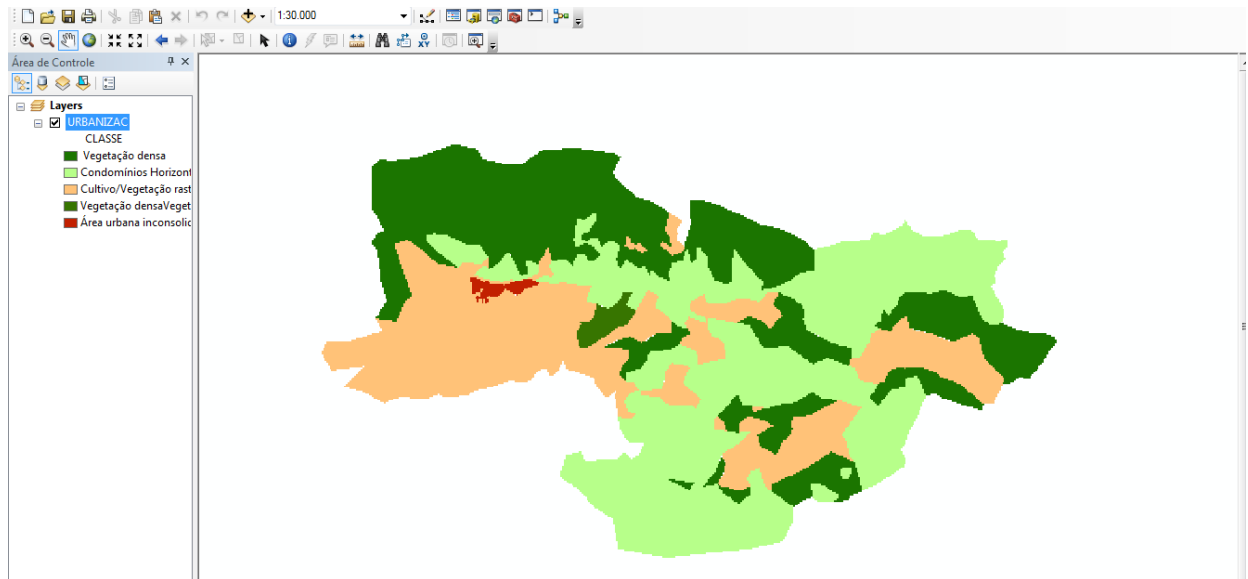


Figura 22: Raster de uso e ocupação do solo.

Fonte: A Autora

4.2.2 Altitude

Os pesos apresentados na Tabela 15 foram feitos de acordo com Cardozo (2013), que elaborou os valores com as altimetrias encontradas em seu estudo de caso. Como os rios possuem características diferentes, foi elaborado pesos de acordo com o rio Príncipe.

Tabela 15: Pesos utilizados para altitudes.

Peso das classes de altitude	
581 - 611 m	9
611 – 629 m	7
629 – 647 m	4
647- 668 m	3
668 - 700 m	1

Fonte: Cardozo (2013)

Para chegar aos novos valores dos pesos de acordo com as novas altimetrias, foi utilizada a base de calculo onde, possuem 9 pesos e a altimetria máxima encontrada nos mapas de elevação foi de 2187 metros, e dividido pelo total de pesos, foi encontrado um resultado de 243 metros. Ou seja, a cada 243 metros,

eleva-se um peso na tabela. O maior peso está ligado à menor altimetria, uma vez que a água em um terreno plano tende a acumular mais, portanto quanto maior a altitude, menor a probabilidade de inundações devido à ação da lei da gravidade.

A Tabela 16 apresenta as altimetrias e seus respectivos pesos.

Tabela 16: Pesos elaborados para o rio Príncipe.

Altimetria (m)	Peso
0 - 243	9
243 – 486	8
486 - 729	7
729 - 972	6
972 – 1215	5
1215 – 1458	4
1458 – 1701	3
1701 – 1944	2
1944 - 2187	1

Fonte: Autora

No ArcGis, na ferramenta Reclass – Reclassify é possível colocar a tabela com seus respectivos pesos (conforme Tabela 16).

Após essa reclassificação, obtive o mapa de altimetria de acordo com os pesos dados.

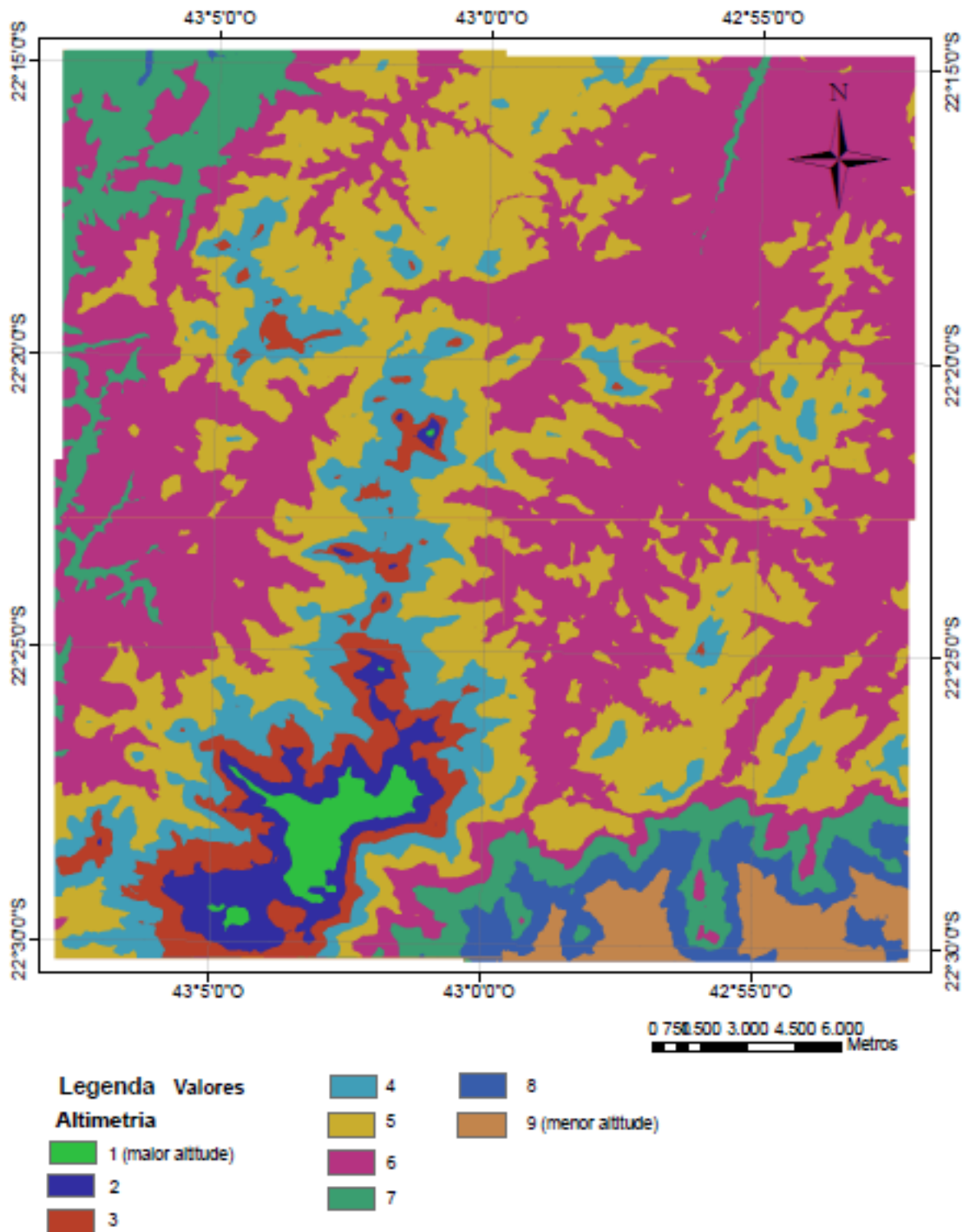


Figura 23: Reclassificação da altimetria.

Fonte: A Autora.

4.2.3 Declividade

A declividade do terreno influencia diretamente na direção, na velocidade e no acúmulo de água no terreno. Áreas planas apresentam maiores probabilidades de sofrer inundação do que áreas escarpadas. Foram determinadas cinco classes de declividade propostas por De Biase (1992), cada uma delas com peso diferente em relação à inundação, como mostra a Tabela 17.

Tabela 17: Tabela de classificação da declividade.

Pesos para declividade	
0 – 3 %	9
3% a 6%	8
6% a 12%	6
12% a 20%	2
>20%	1

Fonte: De Biase (1992)

Na Figura 23 é possível verificar o mapa da declividade disponível pelo IBGE, que serviu como subsídio para elaboração da reclassificação da declividade utilizada para mapeamento da mancha de inundação.

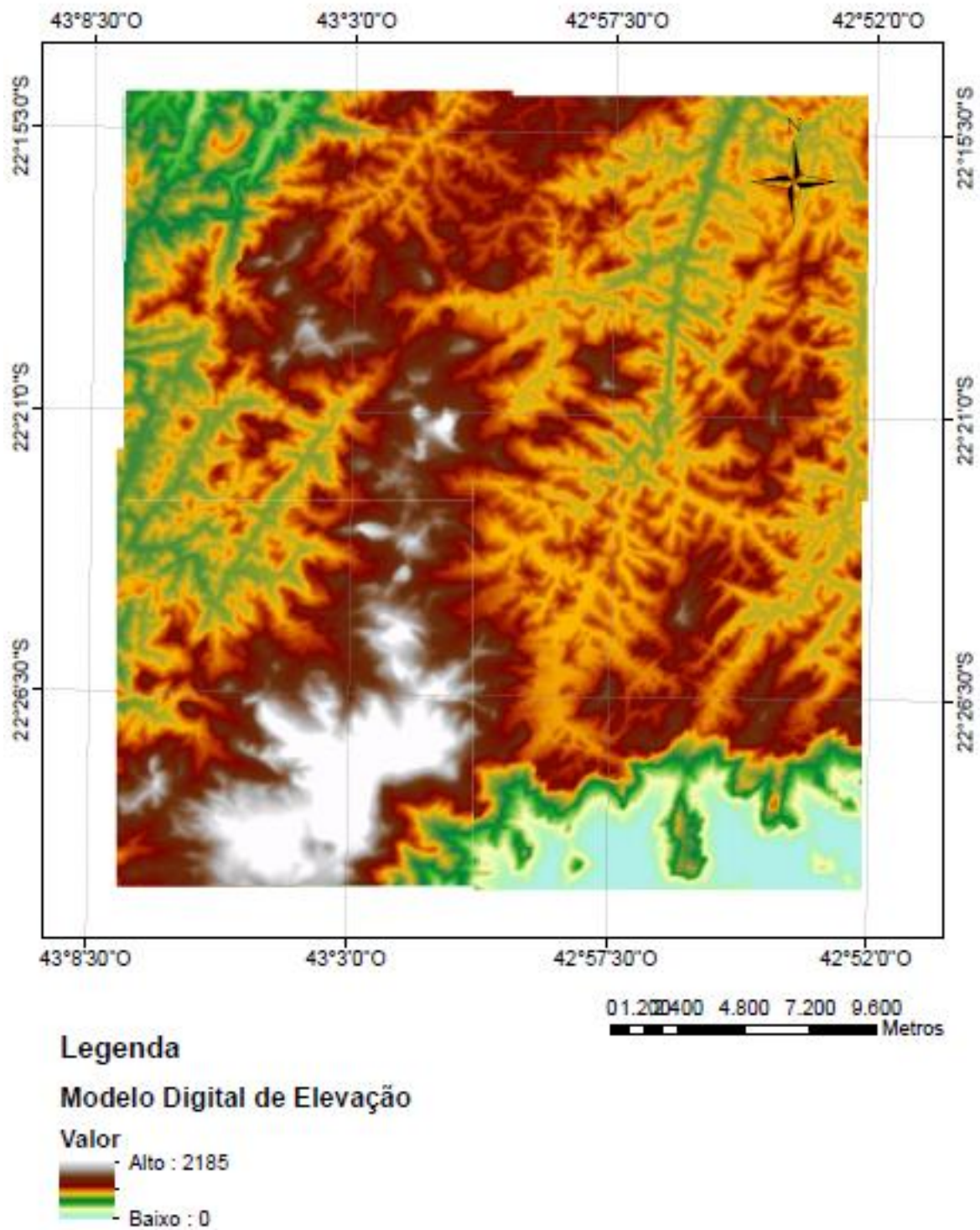


Figura 24: Modelo Digital de Elevação.

Fonte: IBGE (2008)

O mapa apresentado na Figura 24, foi elaborado pelo Modelo Digital de Elevação e, com a utilização do SIG, foi possível fazer a reclassificação destas declividades, de acordo a Tabela 17, apresentada acima.

PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1113886/CA

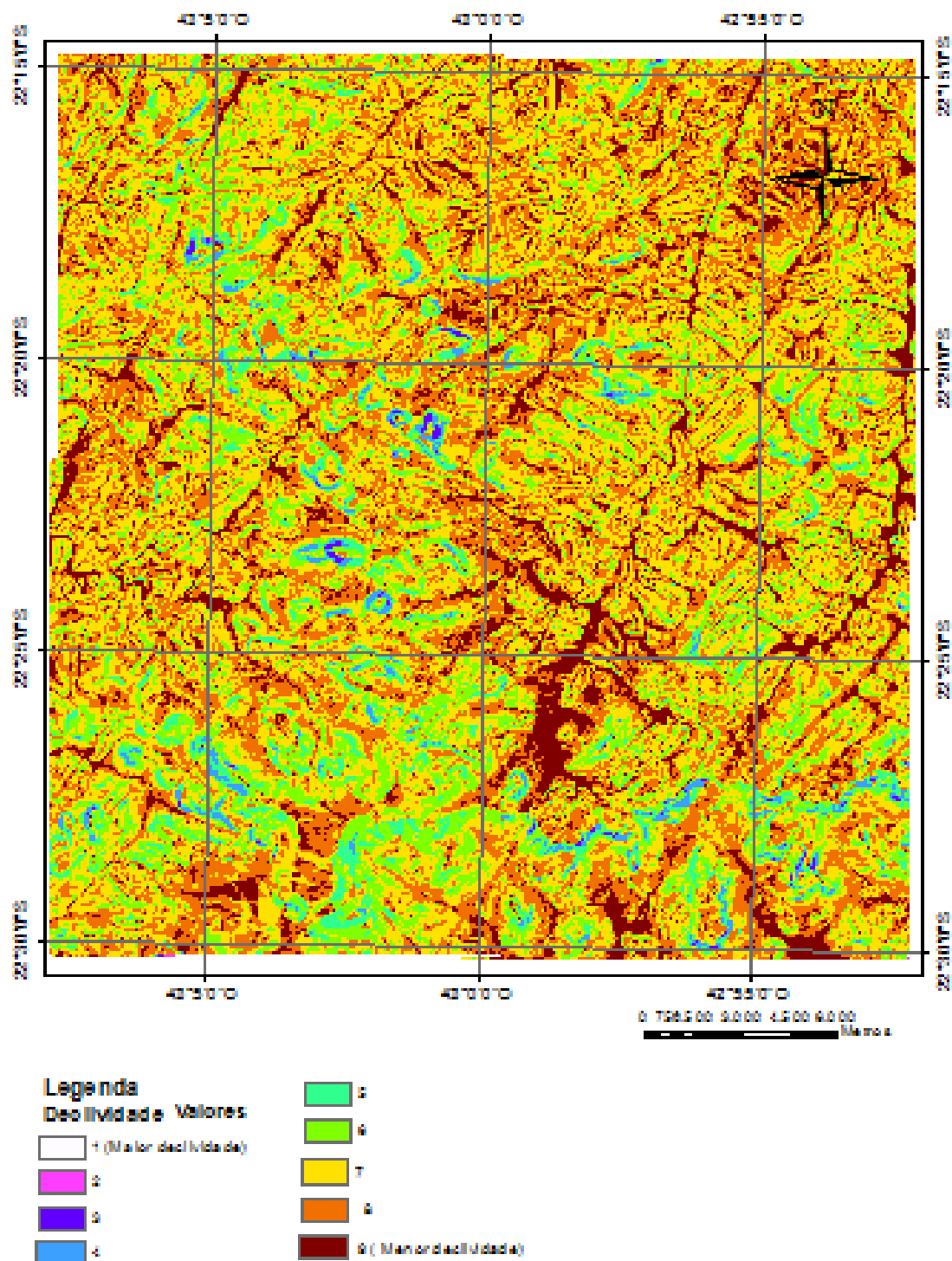


Figura 25: Reclassificação da declividade.

Fonte: A Autora

Limitações

O deslizamento de encostas e rochas não foi abrangido neste estudo, sendo outro fator limitante, uma vez que ocorreu a infiltração de água no solo, deixando este saturado e havendo deslizamento de encostas, principal causador da diminuição de profundidade dos rios, aumentando o nível de enchentes e o nível de terra submersa.

A enchente de janeiro de 2011, na Região Serrana, foi considerada uma catástrofe, uma vez que o Tempo de Recorrência dessa chuva foi no entorno de 300 anos, fator anormal para as chuvas no mundo.

4.2.4 Cálculo da mancha de inundação:

Para a elaboração da mancha de inundação, é necessário que os três itens citados acima tenham pesos em função do risco de inundação. Obtendo essas informações, é possível que o ArcGis faça o cálculo da mancha de inundação, de acordo com os itens com maiores pesos segundo o agravamento de enchentes.

Para a elaboração destes pesos, foi utilizado o seguinte critério apresentados na Tabela 18, 19 e 20 a seguir:

Tabela 7: Comparações a serem realizadas.

	USO E OCUPAÇÃO	DECLIVIDADE	ALTIMETRIA
USO E OCUPAÇÃO	Uso e Ocupação/Uso e Ocupação	Declividade/Uso e Ocupação	Hipsométrico/Uso e Ocupação
DECLIVIDADE	Uso e Ocupação/Declividade	Declividade/Declividade	Hipsométrico/Declividade
ALTIMETRIA	Uso e Ocupação/Hipsométrico	Declividade/Hipsométrico	Hipsométrico/Hipsométrico

Tabela 8: Matriz de Nível hierárquico

VALORES	IMPORTÂNCIA MÚTUA
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que

1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente Importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que

Fonte: Saaty (1977)

Tabela 9: Valores para cada característica.

	USO E OCUPAÇÃO	DECLIVIDADE	ALTIMETRIA
USO E OCUPAÇÃO	1	1/9	1,5
DECLIVIDADE	3	1	1,9
ALTIMETRIA	5	3	1
SOMA	9	4,1	1,5

A interpretação da tabela 19 é feita da seguinte forma: Toma-se por exemplo a comparação entre Declividade (coluna 2) e Uso e ocupação do solo (linha1). A declividade possui 1/9 de importância em relação ao fator uso e ocupação do solo. Interpretando de acordo com a Tabela 19, o fator declividade mostra-se Extremamente menos importante que o fator uso e ocupação do solo, e assim por diante. Para chegar ao resultado final da matriz de comparação Saaty (1977) explica que o resultado da soma da hierarquização deve ser utilizado para dividir cada item analisado (Tabela 20). Por fim, são obtidas as médias simples por linhas, gerando os pesos para a elaboração do mapa de risco (Abaixo naTabela 21).

Tabela 21: Montagem da matriz de comparação.

	USO E OCUPAÇÃO	DECLIVIDADE	ALTIMETRIA
USO E OCUPAÇÃO	1/9	0,1/4,1	0,2/ 1,5
DECLIVIDADE	3/9	1/ 4,3	0,3/ 1,5
ALTIMETRIA	5/9	3/ 4,3	1/ 1,5

Tabela 10: Resultado da divisão dos fatores pela soma/Montagem da Matriz de Comparação.

	USO E OCUPAÇÃO	DECLIVIDADE	ALTIMETRIA
USO E OCUPAÇÃO	0,111111111	0,069767442	0,133333333
DECLIVIDADE	0,333333333	0,23255814	0,2
ALTIMETRIA	0,555555556	0,697674419	0,666666667

Após os cálculos realizados, foi possível obter assim os pesos necessários para cada categoria a ser lançado na base de cálculo na mancha de inundação. Verifica-se que a altimetria tem maior peso, portanto é o item de maior relevância para enchentes.

Tabela 11: Pesos para cada fator.

FATOR	PESO
USO E OCUPAÇÃO	0,1047
DECLIVIDADE	0,2552
ALTIMETRIA	0,6399

Foi utilizada a ferramenta Map Algebra – Raster Calculat no SIG. Nesse caso, foi elaborado 5 cálculos para cada imagem, sendo elas:

Declividade e Altimetria das imagens SE, NE, SO, NO;

Uso e ocupação do solo e o rio, ambos tiveram o peso relacionado ao uso e ocupação segundo Tabela 23.

Exemplo de um cálculo: (reclassificação do uso e ocupação x 0,1047) + (reclassificação da declividade SE x 0,2552) + (reclassificação da altimetria x 0,6399) + (reclassificação do rio x 0,1047).

Após o cálculo realizado, obteve-se a mancha de inundação, conforme Figura 25 abaixo:

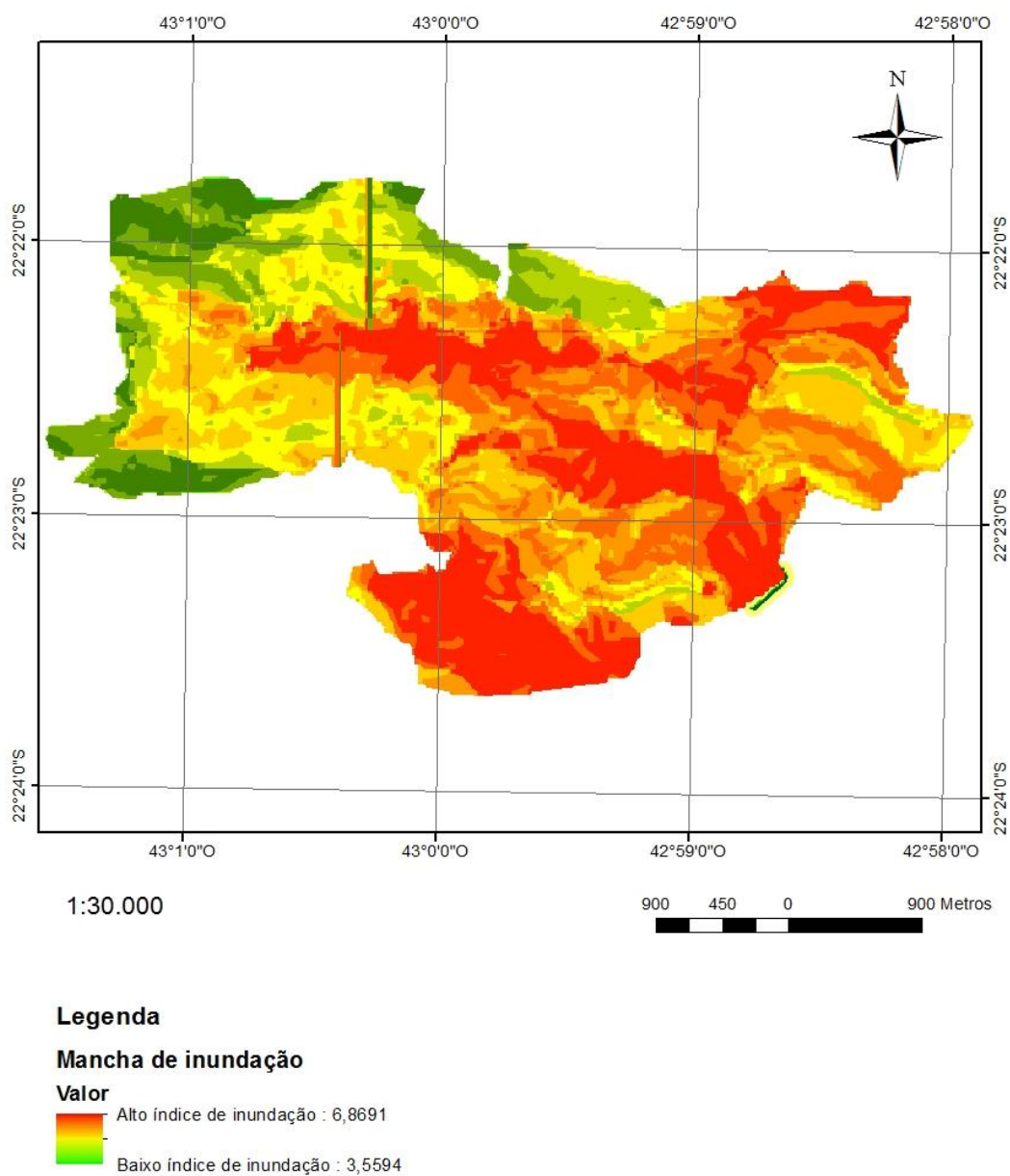


Figura 26: Mancha de inundação.

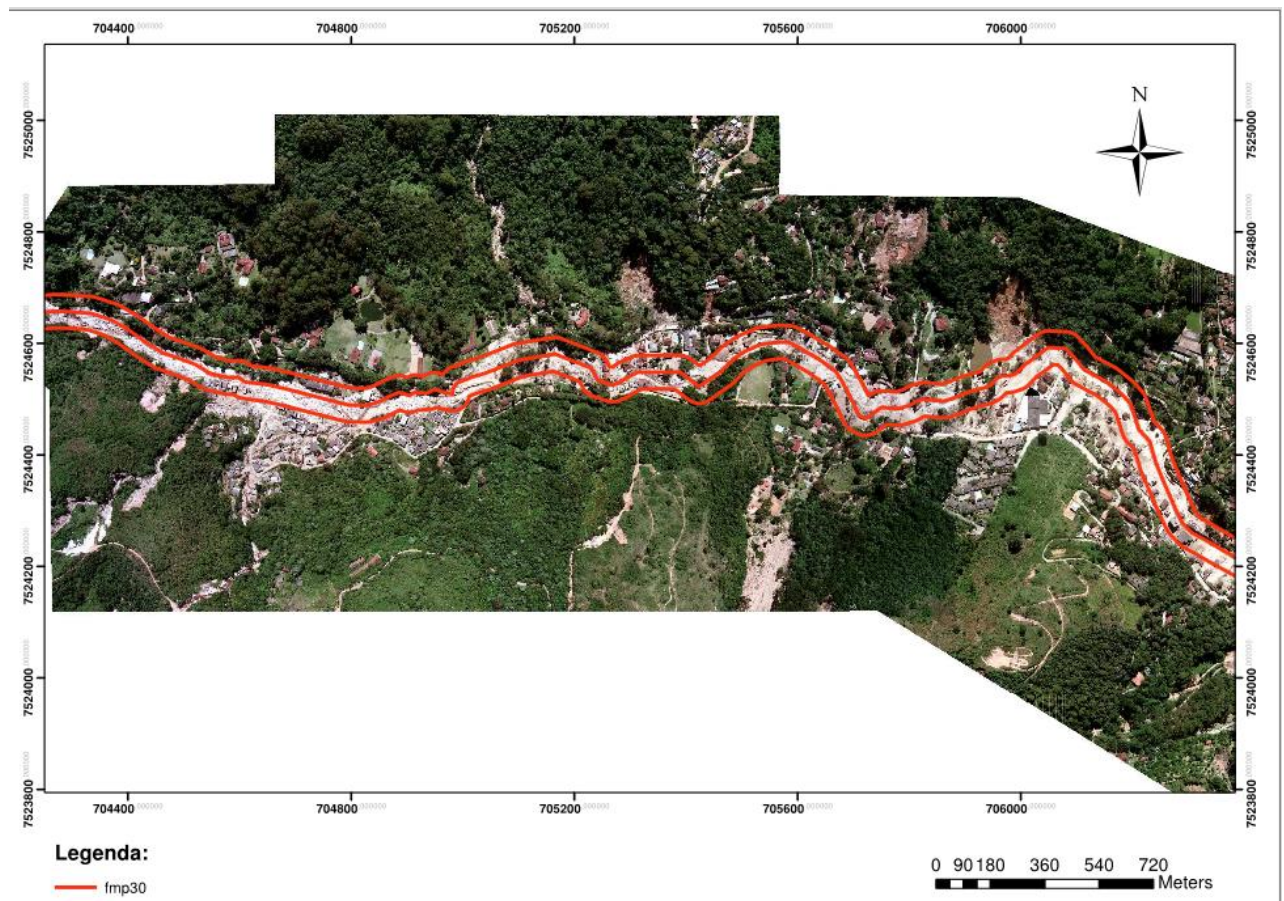
Fonte: A Autora

4.3 Espacialização da Legislação Federal

Para a espacialização da Legislação Federal n 4.771/65, foi necessário a utilização do ArcGis, e a imagem aeofotogramétrica do rio Príncipe do ano de 2011.

O curso d'água estudado foi medido pela imagem do Google Earth, na data de 2010 e varia de 2 a 6 metros de largura. Segundo a legislação federal, a FMP será de 30 metros a partir do seu nível mais alto.

Com essas informações, foi criado um bufer no software, onde é possível colocar essa metragem citada acima, e o resultado será o eixo do rio e essa largura delimitadas na imagem.



PUC-Rio - Certificação Digital Nº 1113886/CA

Figura 27: Espacialização da FMP.

Fonte: A Autora

Limitações

Porém, uma limitação encontrada para a demarcação, foi a falta de dados sobre o nível mais alto do rio. Devido a isso, a FMP foi demarcada a partir do centro do rio.

O limite do rio também foi marcado pelo Arc Gis, sendo assim, este limite não é oficial, uma vez que a Prefeitura de Teresópolis e o Estado do Rio de Janeiro

não possuem a demarcação da calha natural, apenas da calha de projeto, a qual não será útil para o presente trabalho.

4.4 Mapeamento e identificação das mudanças de cobertura entre os anos de 2008 e 2011.

Mesmo o Google Earth apresentando algumas limitações de uso, ele apresentou bons resultados para o mapeamento do uso e ocupação do solo, mostrando-se viável para utilização neste tipo de trabalho, além de possuir uma viabilidade econômica e técnica, apresentando agilidade e rapidez no processamento.

O cenário de 2011, junto à análise do resultado anterior, de 2010, resultante das imagens do *Google Earth*, confirmou as mudanças quantitativas e qualitativas que estavam ocorrendo no espaço geográfico da área de estudo. Pode ser verificado este fato ao confrontar os dados obtidos e a espacialização do uso da terra entre as imagens. Entre as mudanças identificadas no cenário de 2011, verificou-se a destruição de casas no entorno do rio, junto a uma degradação ambiental, devido à enchente ocorrida.

A Figura 26 apresenta a sobreposição das imagens de 2010 e 2011, e a demarcação das casas no entorno do rio Príncipe, e as casas que foram destruídas.

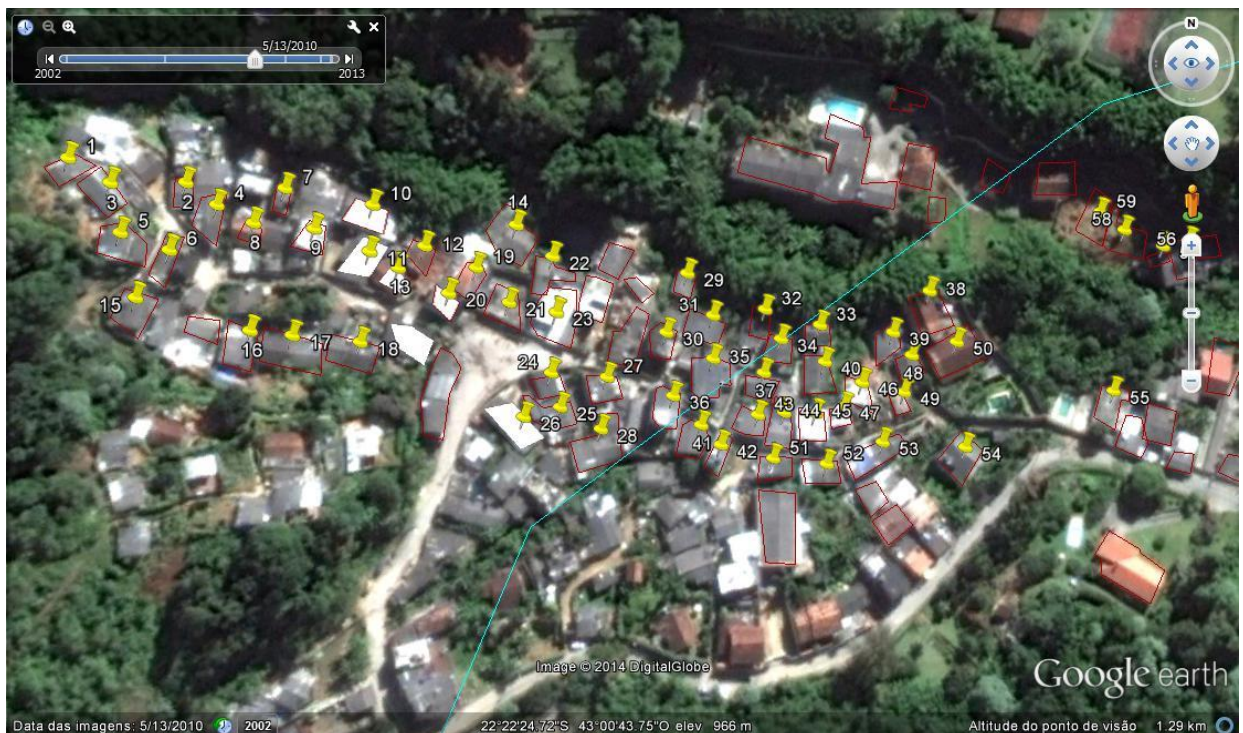


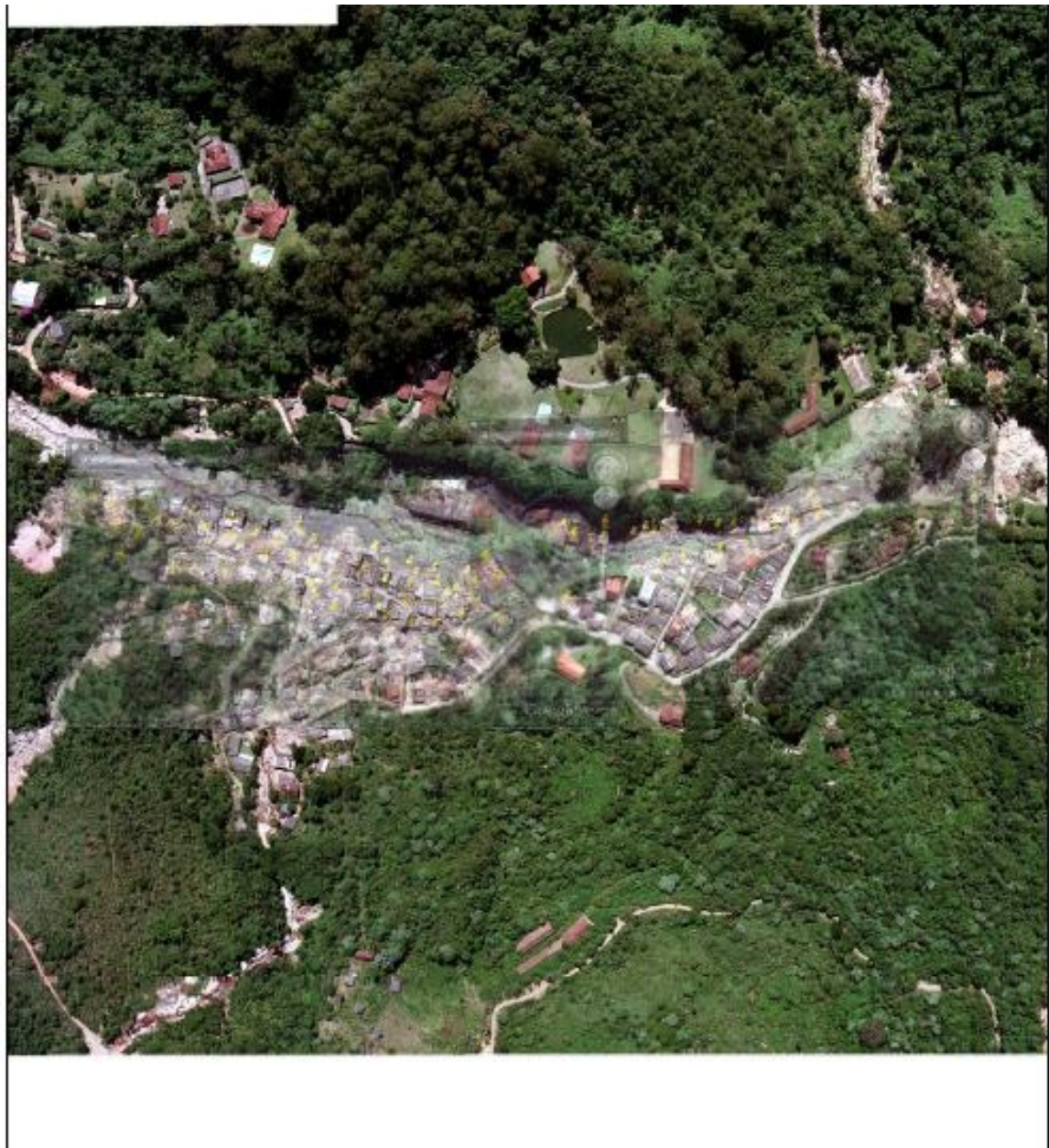
Figura 28: Marcação das casas no trecho superior, atingidas pela enchente.

Fonte: Google Earth (2010)



Figura 29: Marcação das casas no trecho superior, atingidas pela enchente.

Fonte: Google Earth (2011)



0 25 50 100 150 200
Metros

Legenda



-  Casas que foram destruídas
-  Total de casas delimitadas no entorno do rio

Figura 30: Sobreposição das imagens e demarcação das casas no trecho superior.

Fonte: A Autora

Limitações

Para a utilização das imagens do Google Earth, devem-se levar em consideração alguns problemas, citados por Ribas, segundo quem “as imagens

apresentam problemas na construção dos mosaicos, problemas de sobreposição de cenas, causados por diversos motivos, dentre eles: manipulação dos dados correlacionados por problemas de diferentes tomadas de posição, imagens de diferentes épocas, imagens obtidas por sensores diferentes e principalmente pela qualidade do MDT, pois os dados para retificação das imagens provêm da missão Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) e sua resolução espacial para todo o planeta, exceto EUA, é de aproximadamente 90 metros, com precisão altimétrica de 16 metros”.

Outro aspecto negativo levantado por Simon e Trentin (2009) diz respeito à possibilidade de estereoscopia, já que as imagens do Google Earth não possuem estereoscopia. Dessa forma, alguns elementos de identificação da paisagem presentes na fotointerpretação (textura, forma, padrão e tamanho) podem ser comprometidos nas imagens do Google Earth.

A base cartográfica de edificações de Teresópolis, disponibilizada pela Prefeitura de Teresópolis não abrange a área do rio Príncipe.

4.5 Mancha de inundação segundo o Decreto Estadual nº 42.484/2010

O Instituto Estadual do Ambiente (INEA) realizou a elaboração do mapeamento da mancha de inundação do rio Príncipe, utilizando os critérios do Decreto Estadual nº 42.484/2010, onde é necessário que a calha do rio seja projetada, para após esta etapa, ser calculada a FMP.

Abaixo, estão apresentadas as áreas iminentes de inundação (em vermelho) e alto risco de inundação (amarelo).

Observa-se na Figura 32 uma barragem projetada para o local no trecho superior do rio. Essa barragem fará com que o restante do rio tenha uma vazão calculada para um TR de 10 anos.

Trecho 1



Trecho 2



Figura 31: Trecho superior com uma barragem projetada.

Fonte: INEA (2011)

Trecho 3



Trecho 4



Figura 32: Trecho superior.

Fonte: INEA (2011)

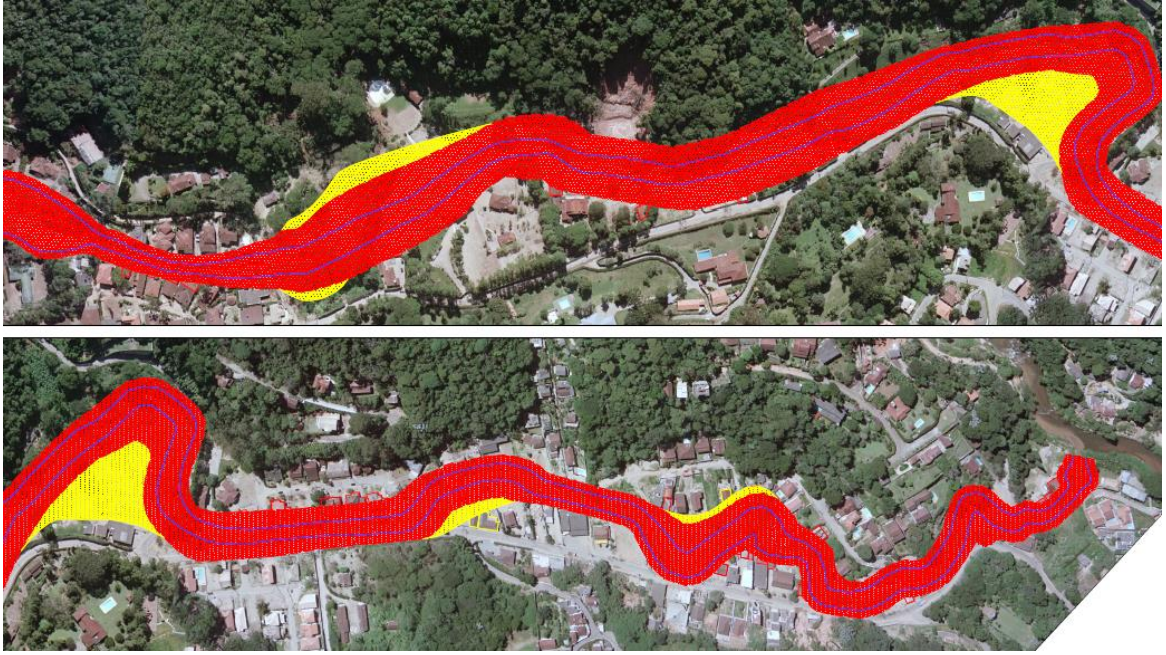


Figura 33: Trecho inferior.

Fonte: INEA (2011)

4.6 Comparação e superposição da alteração de cobertura dos mapeamentos de inundação e da legislação federal e do Decreto Estadual do INEA

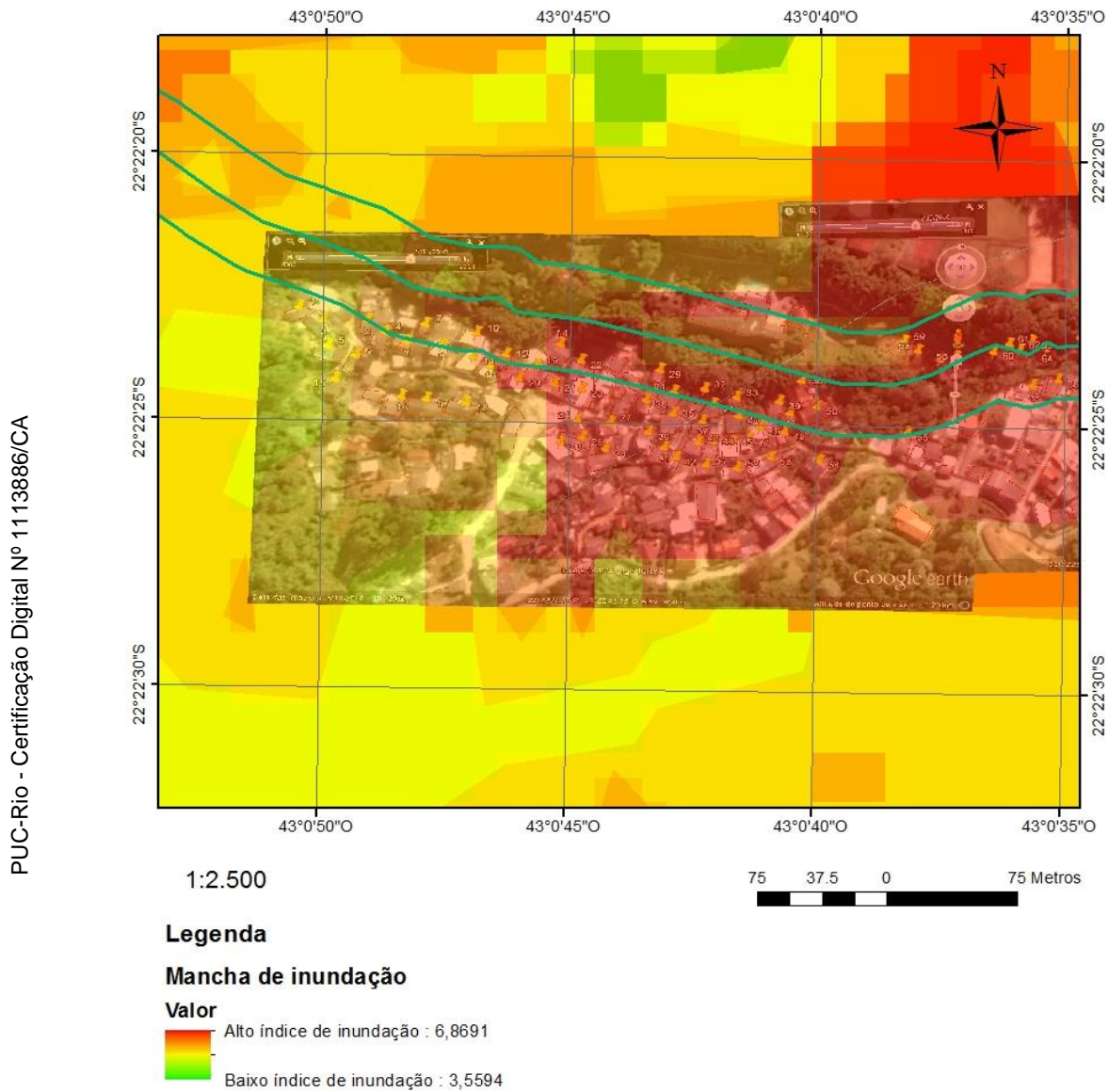



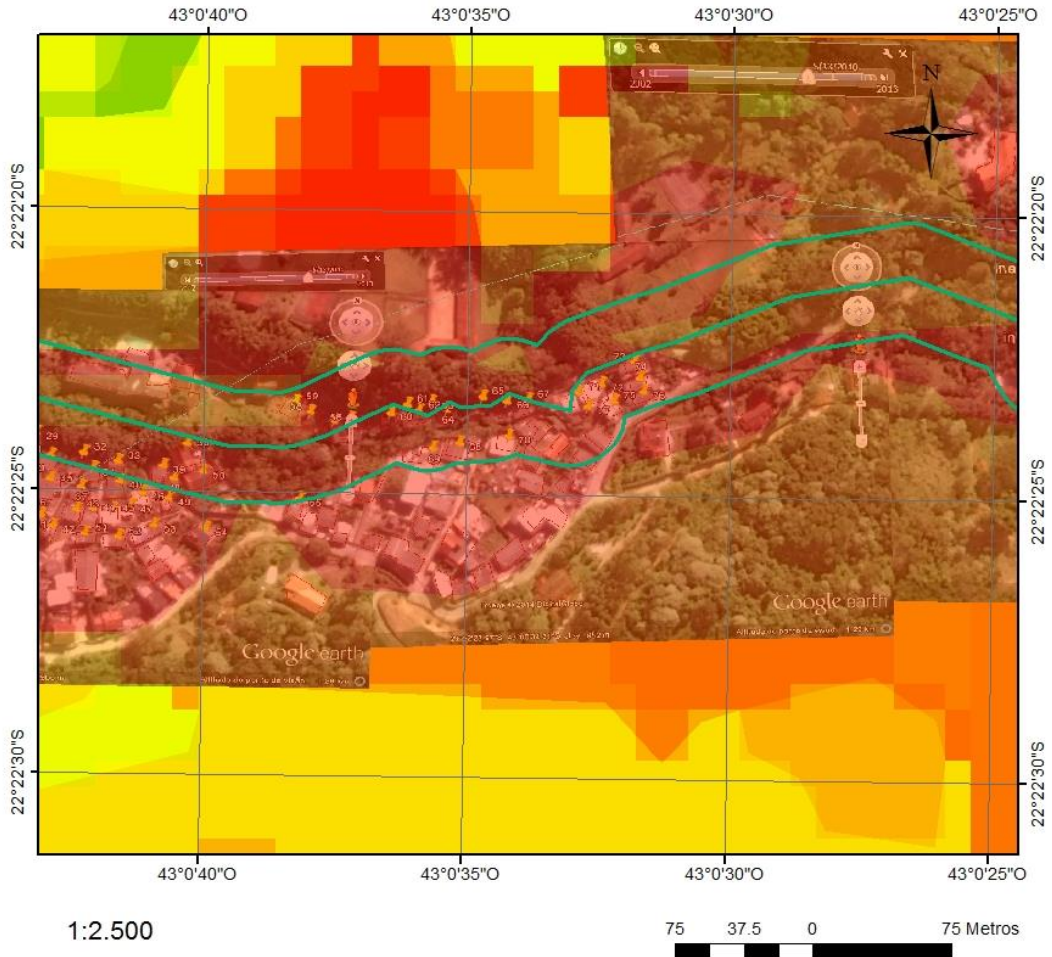


Figura 34: Sobreposição dos resultados no trecho superior.

Fonte: A Autora.

Legenda:

-  Casas atingidas
-  FMP 30 metros
-  Área de risco de inundação



Legenda

Mancha de inundação

Valor



-  Alto índice de inundação : 6,8691
-  Baixo índice de inundação : 3,5594

Figura 35: Sobreposição dos resultados no trecho no meio do rio.

Fonte: A Autora.

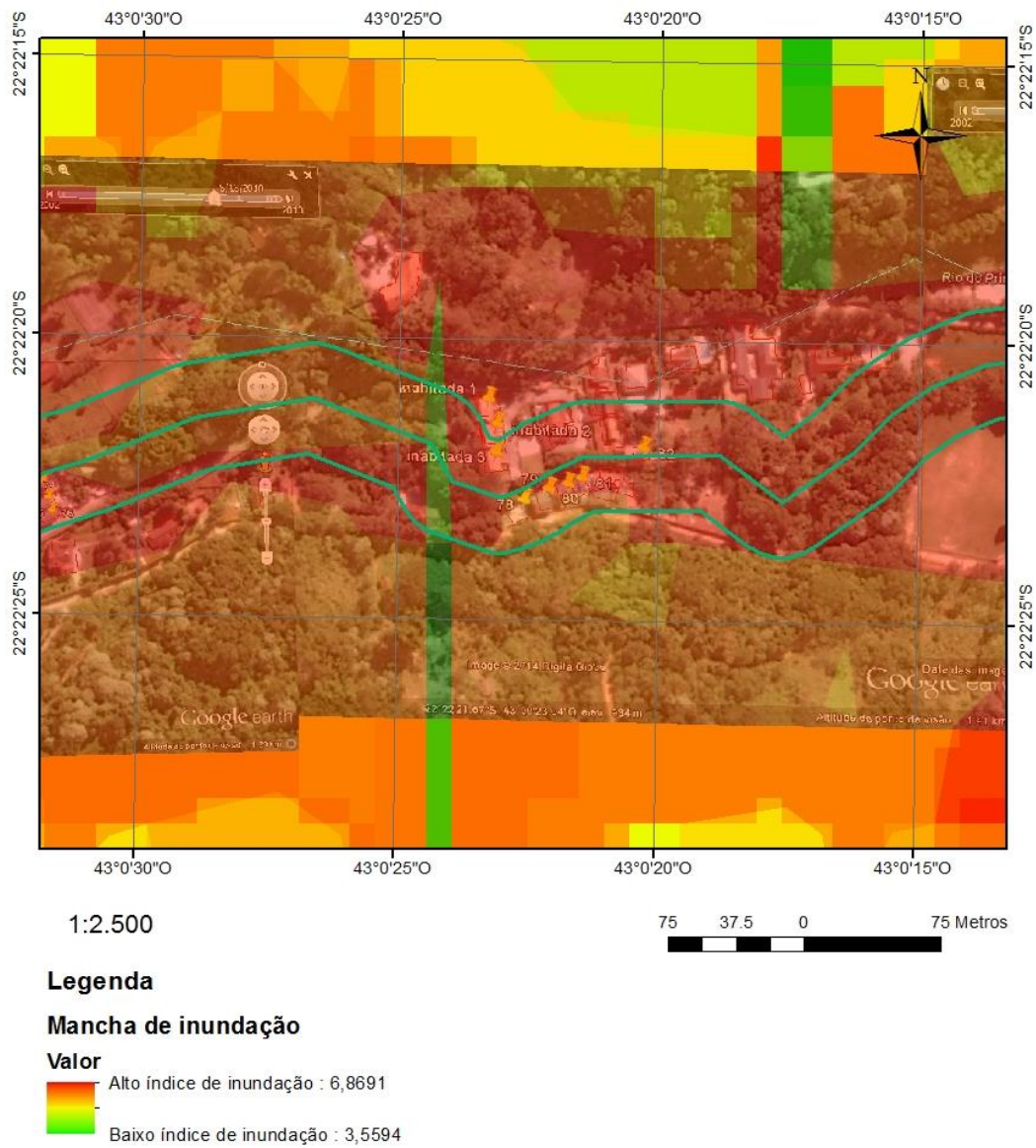


Figura 36: Sobreposição dos resultados no trecho no meio do rio.

Fonte: Autora.

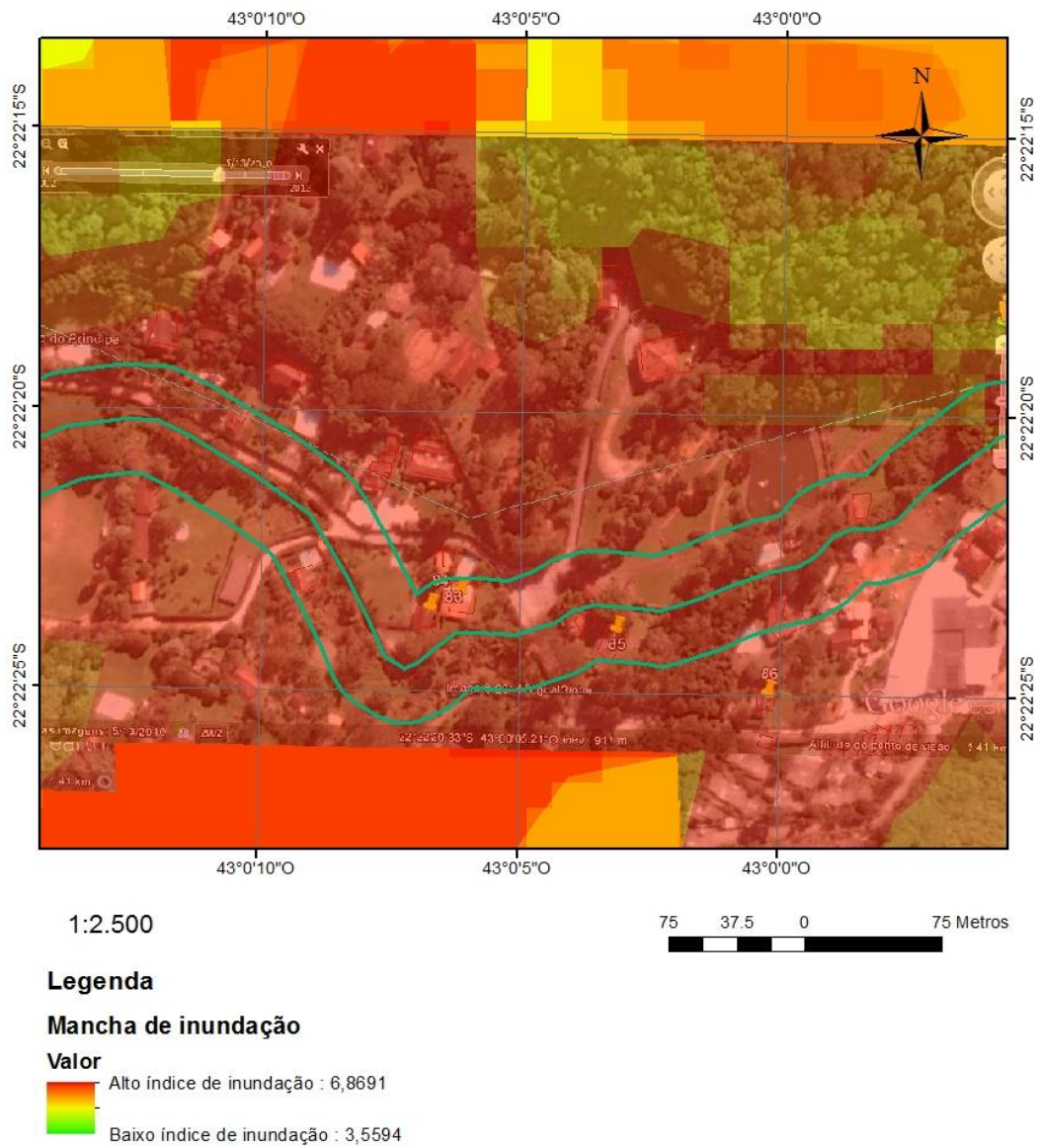


Figura 37: Sobreposição dos resultados no trecho no meio do rio.

Fonte: Autora.

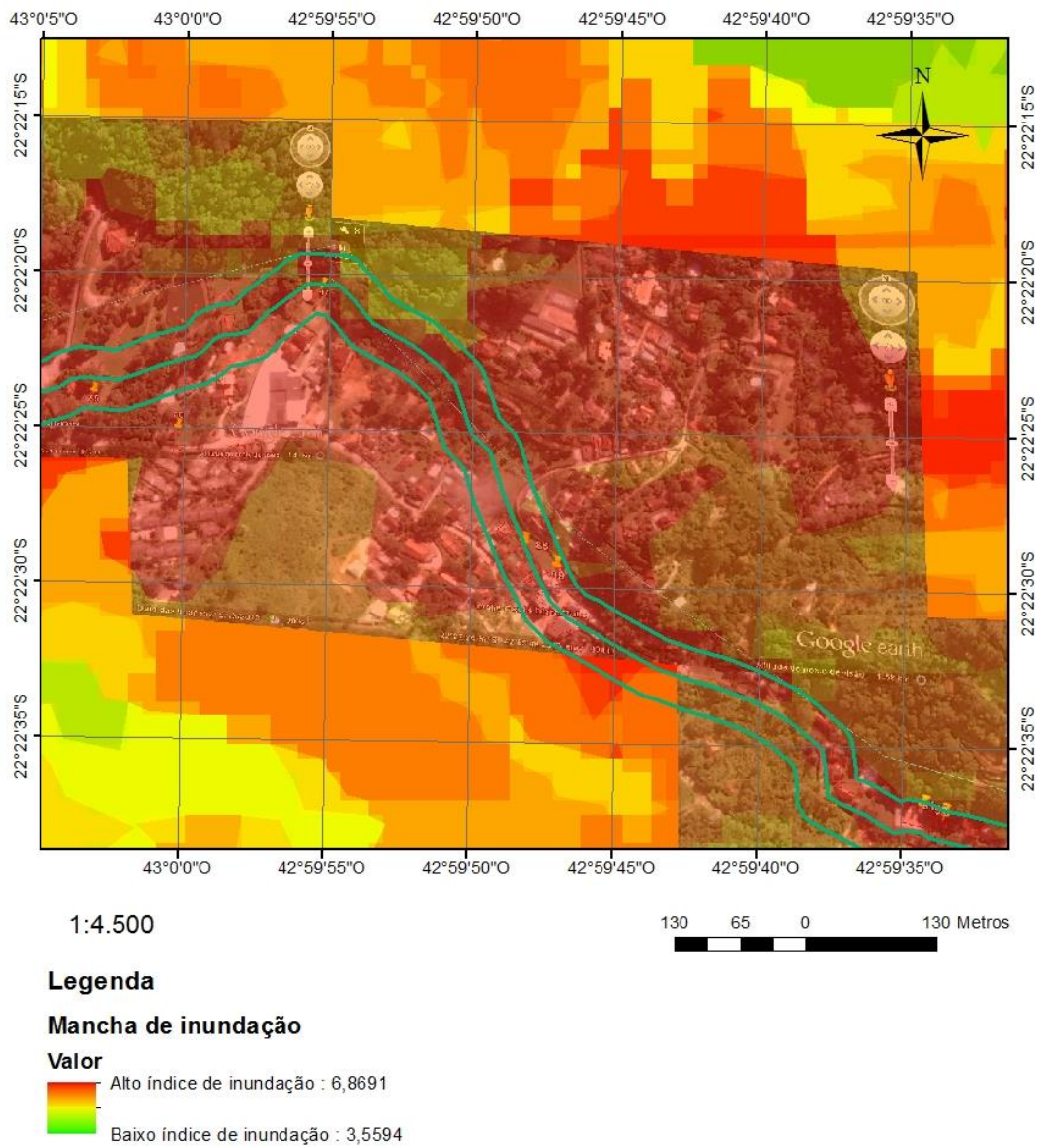


Figura 38: Sobreposição dos resultados no trecho no meio do rio.

Fonte: Autora.

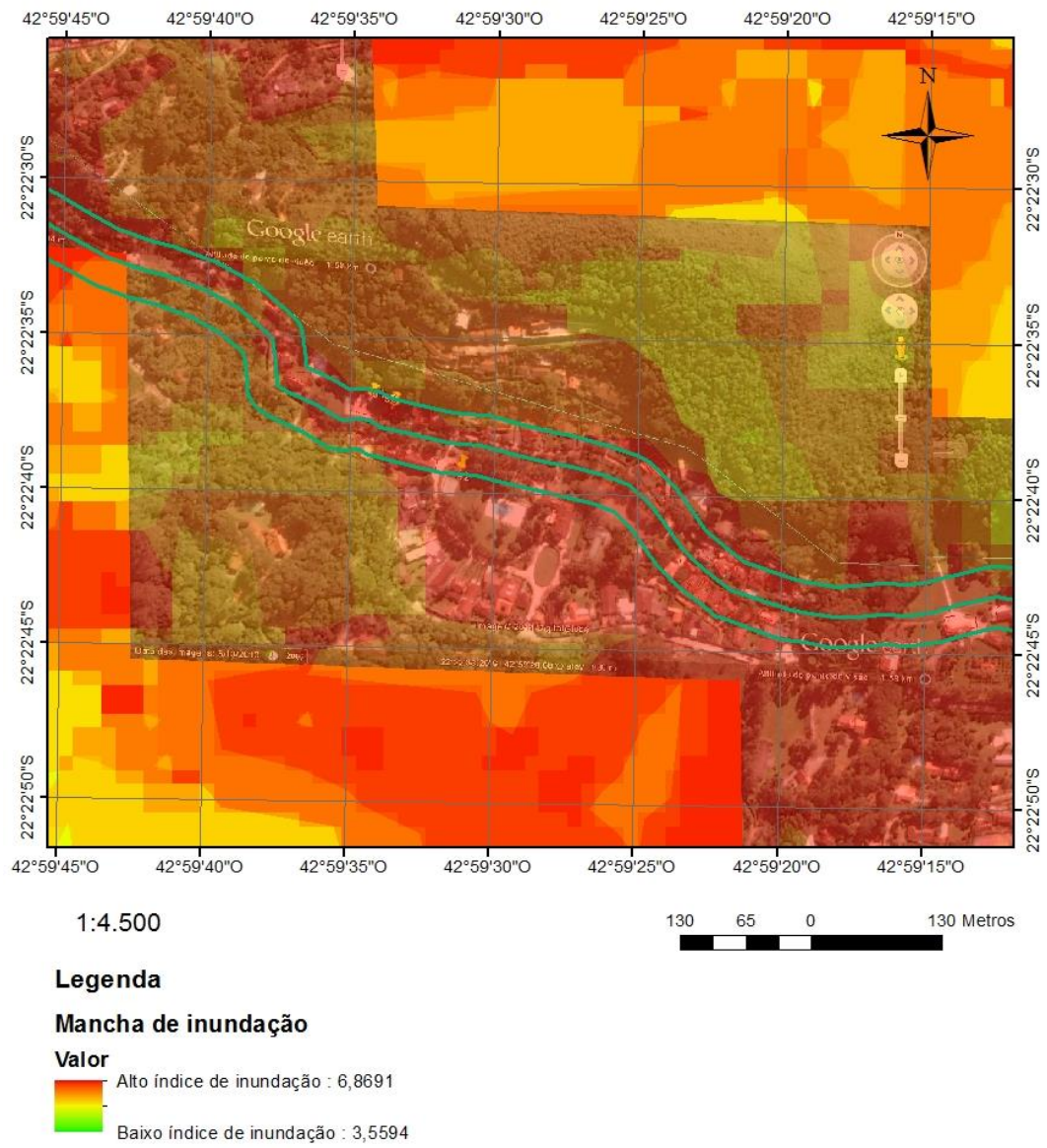


Figura 39: Sobreposição dos resultados no trecho no meio do rio.

Fonte: Autora.

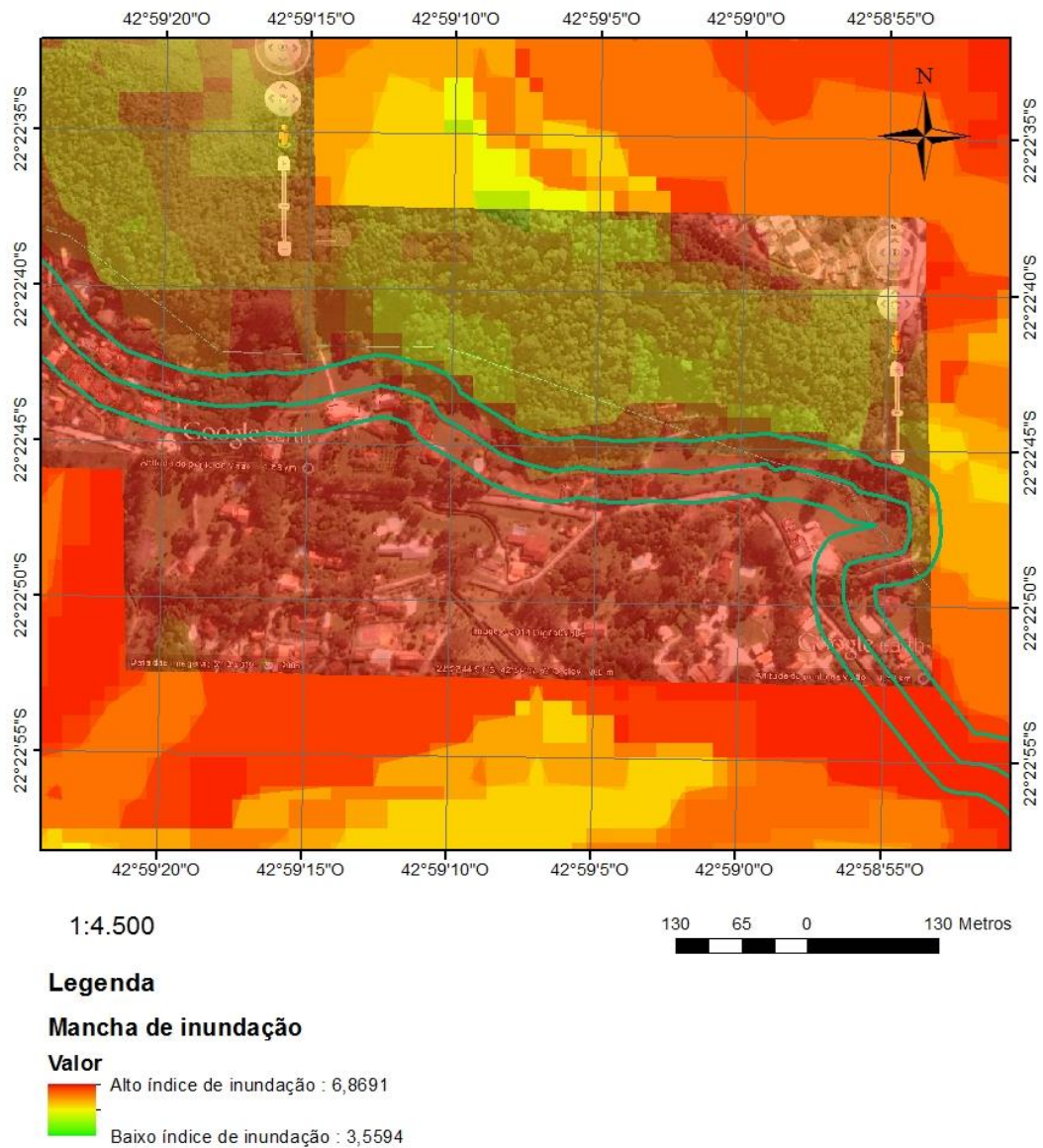


Figura 40: Sobreposição dos resultados no trecho inferior do rio.

Fonte: Autora.

Houve a preocupação de analisar a superposição de vários pontos, segundo problemas de escala que podem ocorrer com a utilização do Google Earth. O Decreto Estadual utilizado pelo INEA – é demarcado a FMP apenas em calhas projetadas, portanto as calhas naturais não possuem FMP elaboradas pelo Decreto Estadual. O mapeamento de inundação elaborado pela autora foi comparado à mancha de inundação disponibilizada pelo INEA.

Limitações

A limitação encontrada foi devido à sobreposição de várias imagens, tornando a visualização das transparências mais complicada. Devido a isso, foram acrescentadas as imagens separadamente para que facilite esta visualização.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Abaixo é apresentado as conclusões dos métodos elaborados para o trabalho e as conclusões finais.

1) Mancha de inundação realizada pela autora comparada à Legislação Federal: Percebe-se que os locais com risco de inundação segundo o mapeamento, abrangem áreas muito maiores do que a legislação. Com isso mostra a incompatibilidade da Legislação Federal com a mancha de inundação elaborada de acordo com as características do rio, portanto a faixa delimitada pela Legislação se torna menos restritiva que a mancha de inundação, uma vez que esta última apresenta as áreas que o rio espraia.

2) Mancha de inundação da autora comparada à mancha de inundação do INEA: Devido à mancha de inundação realizada pelo Decreto ter sido calculado com base em uma calha projetada, torna-o inutilizável para comparações a este projeto, realizado apenas em condições naturais do rio. Porém pode-se haver apenas a comparação para verificação de compatibilidade de algumas áreas, para confirmação da confiabilidade da mancha realizada pela autora.

As áreas de risco segundo o mapeamento disponível pelo INEA estão compatíveis com as áreas do mapeamento da autora. Em alguns locais, possuem algumas divergências, que podem ser causadas devido ao fator citado acima.

3) Legislação Federal em relação às casas que foram destruídas: Verifica-se que em alguns trechos, principalmente no trecho superior do rio, uma grande quantidade de casas fora do limite da FMP estão marcadas como destruídas. Portanto a metragem da

Legislação Federal em relação a algumas áreas torna-se questionável em relação à sua confiabilidade.

- 4) Mancha de inundação elaborada pela autora em relação às casas que foram destruídas: A mancha de inundação abrangeu todas as áreas em que as casas destruídas foram identificadas, apresentando ser uma ferramenta com boa funcionalidade e confiabilidade em relação à demarcação de locais de risco à inundação.
- 5) A Legislação Federal não possui a mesma funcionalidade que a mancha de inundação, onde é possível verificar as reais áreas vulneráveis e que apresentam risco para população.
- 6) O presente trabalho possui foco em apresentar e discutir a elaboração de mancha de inundação para obter informações sobre locais de risco para a população. Vale ressaltar que as Legislações citadas no trabalho, são sobre a Faixa Marginal de Proteção, não abrangendo assim, assuntos ligados à análise de riscos de inundação. Entretanto, hoje em dia, não existe nenhuma lei que cita tal assunto, porém, entende-se que o Código Florestal abrange este quando cita no Art. 1º e § 2º :

“II - área de preservação permanente: área protegida nos termos dos arts. 2º e 3º desta Lei, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica, a biodiversidade, o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas;”

Entende-se que, para assegurar o bem-estar das populações humanas, estas precisam de locais seguros para moradia.

- 7) Ambas as Legislações são para marcação de FMP e não especificamente para elaboração de manchas de risco de inundação, foco deste trabalho. No Brasil, deveria existir uma política específica para análise de riscos de inundação, tema importante para melhoria da qualidade de vida humana.
- 8) Outro ponto importante para ser citado no trabalho, é sobre o método utilizado para a elaboração da mancha de inundação e o grau de precisão deste. O método utilizado não possui a precisão desejada, pois possui um grau de informações limitados,

consequentemente uma menor precisão e menos detalhamento. Entretanto, este método é considerado financeiramente viável, e no caso do presente trabalho apresentou funcionabilidade para análises e projetos preliminares, podendo-se obter informações importantes sobre os locais de risco, podendo assim evitar maiores incidentes.

Após a elaboração do trabalho e comparação das alternativas estudadas, pode-se perceber que a Legislação Federal é muito ampla para um assunto que necessita ser mais específico para cada tipo de local. Cada rio possui sua característica própria, diferente relevo e diferentes declividades ao longo deles, sendo este aspecto importante para análise de enchentes. Cada local apresenta também o uso e ocupação em níveis distintos, sendo alguns mais ocupados, consequentemente possuindo uma menor infiltração da água, o que ajuda a aumentar a probabilidade de inundação. Cada uma destas características carece de análises específicas, não podendo generalizar apenas pela largura do rio, que é o que a Legislação Federal nos oferece.

Poderia utilizar também uma base para limitar uma metragem específica de FMP de um rio, calculado a partir do nível d'água em uma cheia para um tempo de recorrência específico.

Em relação ao Decreto Estadual nº 42.484/2010, este se mostrou específico para locais onde possuem apenas projetos para calha. Sendo assim, para demarcação de FMP em qualquer rio, o processo fica mais complexo, devido à necessidade de elaboração do projeto. E para que essa FMP da calha projetada seja válida, é necessário que ocorra uma obra para implantação da calha, tornando este Decreto inviável para demarcação da FMP de todos os rios, como deveria ocorrer.

Já o mapeamento da mancha de inundação elaborado para este trabalho, mostrou ser um método simples que pode ser utilizado a partir de dados disponibilizados pelo IBG entre outras fontes viáveis economicamente. O resultado foi um mapeamento específico confiável, que utilizou as características do local estudado, apresentando as áreas reais necessárias para preservação da natureza e do uso e ocupação.

Esta ferramenta pode ser utilizada por Órgãos Públicos, responsáveis pela demarcação das áreas de risco, e até mesmo pela população local.

Ocorrem frequentemente, situações onde casas se localizam dentro da FMP, e muitas vezes estas não se encontram em áreas de risco de inundação. Nestes casos, essa análise poderia ser feita, retirando as casas apenas em áreas vulneráveis, não sendo necessário assim o cumprimento da Lei.

Um ponto importante seria a ocorrência de fiscalizações das áreas antes de serem ocupadas. Uma vez ocupadas, o processo de retirada dessas pessoas se tornam mais difíceis, devido a lentidão e dos processos legislativos brasileiros e grandes quantidades destes.

As legislações citam sobre a preservação do meio ambiente e a qualidade de vida dos seres humanos, porém não possui uma legislação específica com objetivo de se obter análises de risco de inundações, o que conseqüentemente garantiria uma melhora na qualidade de vida da população.

6. Referências bibliográficas

AGENDA 21 - *Agenda 21*. s.d. <http://agenda21teresopolis.com.br/o-municipio/> (acesso em 15 de 11 de 2013).

AGENDA 21 - *Agenda 21 comperj*. s.d. <http://www.agenda21comperj.com.br/diagnosticos/resultado> (acesso em 12 de 05 de 2014).

AGENDA 21 - *Agenda 21 comperj*. s.d. www.agenda21comperj.com.br (acesso em 25 de 01 de 2014).

AGENDA 21 - *Agenda 21 comperj*. s.d. http://www.agenda21comperj.com.br/sites/localhost/files/Agenda%20Teres%C3%B3polis_PDF.pdf (acesso em 12 de 05 de 2014).

ALVAREZ, L. N.; GARCEZ, G. A. “*Hidrologia - 2ª Edição.*” **2ª edição revista atualizada**. São Paulo: Edgar Blücher LTDA, 2002: 291.

ALVES, José Eustáquio Diniz - *www.ie.ufrj.br*. 2008. http://www.ie.ufrj.br/aparte/pdfs/crescimento_populacional_zero_no_brasil_no_seculo_xxi.pdf (acesso em 20 de 08 de 2014).

ANA - *Agência Nacional de Águas*. s.d. <http://www.ana.gov.br/> (acesso em 15 de 03 de 2014).

ANDRADE, S. L.; FERREIRA V. O.; SILVA M. M. “**Elaboração de um mapa de risco de inundações da bacia hidrográfica do.**” . 2014: 5-15

BARBOSA, Vanessa. As piores enchentes do mundo nos últimos 10 anos. 13 de 01 de 2011. <http://exame.abril.com.br/mundo/noticias/as-piores-enchentes-do-mundo-nos-ultimos-10-anos> (acesso em 20 de 08 de 2014).

BELTRAME, A. DA V. **Diagnóstico do meio físico de bacias hidrográficas: modelo e aplicação.** Florianópolis. *Ed. da UFSC.*, 1994: 112.

BENJAMIM, A. H. **Mata Atlântica - Patrimônio Nacional dos Brasileiros.** *Ministério do Meio Ambiente (MMA).* 2010.

BONN, e LEIPZIG. **“Projeto BLUMEN - Ecologia e Conservação da Biodiversidade em Áreas Agrícolas no Domínio da Mata Atlântica.”** 2006.

CARDOZO, M.C. **“Análise Ambiental e Ocupação de áreas de risco à inundação na bacia do córrego dos Ourives”;** Salto de Pirapora-SP, 2013: 32-35.

CERRI, L. E.S. **“Riscos Geológicos Urbanos. Ciências da Terra e Meio Ambiente: Diálogos para (inter) ações no Planeta.”** 1999.

CHIRANDA, R. **“Usos da terra e avaliação da capacidade potencial de armazenamento de água de bacia do rio Cuiabá, MT.”** *Tese de Doutorado. Pós-Graduação em Eng. Florestal da UFPR.* Curitiba, PR. 2002: 361.

COMITÊ PIABANHA. [comitepiabanha.org](http://www.comitepiabanha.org). s.d. <http://www.comitepiabanha.org.br/regiaohidro.php> (acesso em 14 de 05 de 2014).

CNRH- *Conselho Nacional de Recurso Hídrico*. “**Resolução nº 109.**” 13 de 04 de 2010.

CNRH- *Conselho Nacional de Recurso Hídrico*. “**Resolução nº 32.**” 15 de 10 de 2003.

CONSTITUIÇÃO ESTADUAL DO RIO DE JANEIRO.
“**Constituição Estadual do Rio de Janeiro.**” 1989.

CPRM. *Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais*. s.d.
<http://www.cprm.gov.br/> (acesso em 11 de 09 de 2014).

DAMIS, R. C.B., e T. S. ANDRADE. “**A inaplicabilidade do Código Florestal em área urbana. Jus Navigandi**”; Teresina, 2006.

DONALDIO, N. M.M, J. A GALBIATTI, e R. C.DE. PAULA.
“**Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico**”; São Paulo, Brasil. *Engenharia Agrícola*, 2005: 115-125.

DRM - RJ. **Megadesastre da Serra - Janeiro de 2011**. RJ: **Produção do Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro e de pesquisadores da Puc-Rio, UFRJ e UERJ**, 2011.

DRM - RJ. “**Relatório Anual de Realizações do DRM.**” Rio de Janeiro, 2001.

FLORENZANO, T. G. “**Imagens de satélite para estudos ambientais**”; São Paulo, *Oficina de Textos*; 2002.

FONSECA, K. T., e R. P.F PEDROSA.“**Sinopse do Desmatamento da Mata Atlântica**”; Rio de Janeiro. 1997.

FRANCO, J. G.O. “**Direito Ambiental Matas Ciliares**”; Curitiba: Juruá. 2009.

FUNDAÇÃO COPPETEC. “**Plano de Recurso Hídrico da Bacia do Rio Paraíba do Sul.**” *Relatório Contratual R10, AGEVAP, s.d.*

GUERRA, A. J.T, E S. B. CUNHA. “**Geomorfologia e Meio Ambiente;**” Rio de Janeiro: *Bertrand Brasil*, 1996.

HIDROWEB - ANA. *Agência Nacional das Águas*. 2000. <http://hidroweb.ana.gov.br/> (acesso em 16 de 04 de 2014).

IBGE - *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censos e Estimativas* . 2000. http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/universo.php?tipo=31o/tabela13_1.shtm&paginaatual=1&uf=33&letra=T (acesso em 01 de 09 de 2014).

IBGE- *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censos e Estimativas*. 2009. <http://cidades.ibge.gov.br/painel/economia.php?lang=&codmun=330580&search=rio-de-janeiro|teresopolis|infográficos:-despesas-e-receitas-orçamentárias-e-pib> (acesso em 01 de 09 de 2014).

IBGE- *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censos e Estimativas*. - <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=330580&search=rio-de-janeiro|teresopolis|infograficos:-informacoes-completas> (acesso em 19 de 05 de 2014).

IBGE. *Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Censos e Estimativas*. 2012. <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=3>

30580&idtema=117&search=rio-de-janeiro|teresopolis|ensino-matriculas-docentes-e-rede-escolar-2012 (acesso em 25 de 01 de 2014).

INEA. *Instituto Estadual do Ambiente*. “**Faixa Marginal de Proteção – Conceitos, Legislação e Dificuldades de Aplicação.**” s.d.

<http://crmvrj.org.br/forum%20de%20saude%20publica/delimitacao%20de%20faixas%20marginais%20de%20protecao%20do%20estado%20do%20rj.pdf> (acesso em 25 de 08 de 2014).

INEA. *Instituto Estadual do Ambiente*. “**Projeto Básico das Obras Emergenciais de Controle de Inundação e Recuperação Ambiental no Município de Teresópolis.**” Rio de Janeiro, 2011.

INMPE. *Instituto Nacional de Meteorologia*. s.d.
<http://www.inmet.gov.br/> (acesso em 15 de 05 de 2014).

JUNIOR, ROBERTO C.P. *www.library.com.br*. 2010.
<http://www.library.com.br/Filosofia/inundaes.htm> (acesso em 20 de 08 de 2014).

LAGO, P. F. “**Enchentes-Erosão-Vegetação.**” *Anais do II Encontro Nacional de Estudos sobre o Meio Ambiente*. Florianópolis - SC, 1989.

LEGISLAÇÃO FEDERAL. “**Código Florestal nº 4.771/1965 de 15 de setembro de 1965.**” Brasília, 1965.

MACHADO, R. A. “**A Indenização das Áreas de Preservação Permanentes (APP) no Direito Brasileiro.**” *Revista Magister de Direito Ambiental e Urbanístico*. 2007.

MCCULLOCH, J. S.G., e M. ROBINSON. “**History of Forest Hydrology.**” *Journal of Hydrology*. 1993.

METZGER, J. P. “**Estrutura da paisagem e fragmentação: análise bibliográfica.**” *Acad. Bras. Ciências*. 1999.

IPT. *Instituto de Pesquisas Tecnológicas e Ministério das Cidades* - “**Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios.**” Brasília, 2007.

MOLCHANOV, A. A. “**Hidrologia Florestal, trazido por Zózimo Pimenta de Castro Rego.**” *Ed. Fundação Calouste Gubenkian Lisboa*. 1963: 419.

MOREIRA, A, M. “**Uso de imagens do Google Earth capturada através do software stitch map e do TM/Landsat-5 para mapeamento de lavouras cafeeiras - nova abordagem, metodológica In.**” *XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 2011. Curitiba. 2011: 481 - 488.

NOVO, E. M.L.M. “**Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações.**” São Paulo: *Edgard Blucher*. 2008.

ONU. *Organização das Nações Unidas*. <http://www.onu.org.br>
<http://www.onu.org.br/inundacoes-atingem-250-milhoes-de-pessoas-por-ano-no-mundo-calcula-onu/> (acesso em 20 de 08 de 2014).

PLANALTO. “**Código Florestal; Decreto nº 23.793.**” Rio de Janeiro, 1934.

PRANDINI, L. F., G. GUIDICINI, J. A. BOTTURA, W. L. PONÇANO e A. R. SANTOS. “**Atuação da cobertura vegetal na estabilidade de encostas: uma resenha crítica.** São Paulo.”

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo., 1976: 38.

PRONK & HAQ. “**Desarrollo Sostenible, del concepto a la acción.**” *El Informe de La Haya, UNESCO.*, 1992.

QUEIROZ, J. P. “**Vegetação - Fator de Proteção do Solo.**” *Anais do II Encontro Nacional de Estudos do Meio Ambiente.* Florianópolis- SC. 1989: 267-278.

REBAIXADA: <http://rebaixada.org>
<http://rebaixada.org/moradores-atingidos-pela-enchente-de-2011-no-vivem-clima-de-copa-em-terespolis/> (acesso em 20 de 08 de 2014).

REFOSCO, J. C., e A. PINHEIRO. “**Influência da Floresta no regime hidrológico de uma sub-bacia do Rio Itajai-Acu.**” 1992, *Anais do 2º Congresso Nacional sobre Essências Nativas.* São Paulo- SP: 888-893.

CONAMA. “**Resolução Conama nº 04, de 18 de setembro de 1985.**” 1985.

RIBAS, W. K. “**Os limites posicionais do Google Earth.**” s.d. **HTTP://www.esteio.com.br/downloads/pdf/precisao_Google-Earth.pdf** (acesso em 15 de 11 de 2014).

SAATY, T. H. “**A scaling method form priorities in hierarquical structures.**” *Journal of Mathematical Psychology.* 1977.

SANTOS, A. R.dos, F. L.R de O LOUZADA, e F. C. EUGÊNIO. “**ArcGIS 9.3 total: aplicações para dados especiais.**” 2010; ES. *Ciências Agrárias Universidade Federal do Espírito Santo/CAUFES ed.*

SANTOS, J. **“Ocupação do solo e comportamento hidrológico da sub-bacia do rio Luís Alves, bacia do Itajaí, Santa Catarina. Curitiba.”** PR. 2003. 1 v. *Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. UFPR.* 2003: 199.

SANTOS, R. F. **“Planejamento ambiental: teoria e prática.”** São Paulo: *Oficina de Textos.* 2004.

SILVA, A. M., H. E. SCHULTZ, e P. B. CAMARGO. **“Erosão e Hidrossedimentologia em Bacias Hidrográficas.”** São Carlos: RIMa., 2007: 159.

SILVA, D. P., F. F. PRUSKI, C. E.G.R. SCHAEFER, R. S.S. AMORIM, e K. W.N. PAIVA. **“Efeito da cobertura nas perdas de solo em um Argissolo Vermelho-Amarelo utilizando simulador de chuva.”** *Engenharia Agrícola*, 2005: 409-419.

SIMON, A. L.H., e G. TRENTIN. **“Elaboração de cenários recentes de uso da terra utilizando imagens do Google Earth.”** *Revista eletrônica de recursos em Iternet sobre Geografia y Ciencias Sociales. Universidad de Barcelona.* 2009. www.ub.es/geocrit/aracne/aracne-116.htm (acesso em 15 de 11 de 2014).

STIMAMIGLIO, A. **“Programa de Gestão Ambiental da Área dos Mananciais de Joinville -S.O.S Nascentes .”** 1993.

TAMBOSI, L. R. **“Análise da Paisagem no entorno de três unidades de conservação: subsídios para a criação da zona de amortecimento. Dissertação de mestrado.”** *Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, Departamento de Ecologia.* 2008.

TRICART, J. “**In: Ecodinâmica, por J. Tricart.**” Rio de Janeiro: IBGE/SUPREN, 1977.

TUCCI, C. E.M. “**Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil;**” 2004, REGA ed.

TUCCI, C. E.M. “**Gerenciamento da drenagem urbana.**” RBRH: *Revista Brasileira de Recursos Hídricos.* (2002).

TUCCI, C. E. M. “**Gestão das inundações urbanas.**” *Global Water Partnership.* 2005.

TUCCI, C. E. M. “**Revista Brasileira de Recursos Hídricos.**” Porto Alegre. 2000.

TUCCI, C. M. “**Modelos Hidrológicos.**” 1998, *Editora da UFRGS ed.*

TUCCI, C E. M. “**Inundações Urbanas.**” 2007: 17-29.

TUCCI, E. M., e J. C. BERTONI. “**Inundações Urbanas na América do Sul**” *Associação Brasileira de Recursos Hídricos,* Porto Alegre.” 2003.

UFRJ. “**Erosão, Diagnóstico e Controle.**” s.d. <http://www.hidro.ufrj.br/pqarj/geral/erosao/eros6.htm> (acesso em 10 de 09 de 2014).

VEYRET, Y. “**Os Riscos: o homem como agressor e vitima do meio ambiente.**” São Paulo. 2007.

VICTOR, M. A.M. “**A Devastação Florestal.**” São Paulo: *Sociedade Brasileira de Silvicultura.* 1975.

VULCANIS, A. **“Instrumentos de promoção ambiental e o dever de indenizar atribuído ao Estado. Belo Horizonte.”** *Fórum*. 2008.

WHITEHEAD, P. G., e M. ROBINSON. **“Experimental basin studies: an international and historical perspective of forest impacts.”** *Journal of hydrology*, 1993: 217-230.

UFRJ – *Universidade Federal do Rio de Janeiro*. www.ie.ufrj.br.
http://www.ie.ufrj.br/aparte/pdfs/crescimento_populacional_zero_no_brasil_no_seculo_xxi.pdf (acesso em 20 de 08 de 2014).

