



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**TACILA MENDONÇA LESSA**

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO GUANDU, RIO DE JANEIRO**

Prof. Dr. BRUNO ARAUJO FURTADO DE MENDONÇA  
Orientador

SEROPÉDICA, RJ  
DEZEMBRO – 2015



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS  
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA FLORESTAL

**TACILA MENDONÇA LESSA**

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO GUANDU, RIO DE JANEIRO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

Prof. Dr. BRUNO ARAUJO FURTADO DE MENDONÇA  
Orientador

SEROPÉDICA - RJ  
DEZEMBRO – 2015

**ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E COBERTURA DO SOLO DA BACIA  
HIDROGRÁFICA DO RIO GUANDU, RIO DE JANEIRO**

**TACILA MENDONÇA LESSA**

Comissão Examinadora:

Monografia aprovada em 01 de dezembro de 2015.

---

Prof. Dr. Bruno Araujo Furtado de Mendonça  
UFRRJ / IF / DS  
Orientador

---

Prof. Dr. Emanuel José Gomes de Araújo  
UFRRJ / IF / DS  
Membro

---

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Helena Saraiva Koenow Pinheiro  
UFRRJ / IA / DS  
Membro

*“Os únicos limites para nossas realizações de amanhã, são as nossas dúvidas e hesitações de hoje”.* (Franklin Delano Roosevelt)

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por toda a força concedida ao longo da minha trajetória, ao discernimento e sabedoria para lidar com as adversidades e entender que obstáculos existem para serem superados. A não me importar com o tempo que dure uma tempestade, pois o sol sempre estará brilhando por detrás das nuvens, e assim perceber que a definição de um dia bom pode depende simplesmente da perspectiva em que se olha para ele.

Aos meus pais, Ronaldo Santos Lessa e Icoracy Mendonça Lessa, pelo carinho e dedicação. Agradeço por todos os esforços realizados durante a minha criação, somados a cada pequeno gesto cotidiano que contribuíram com a formação do meu caráter.

Minha irmã, Dayane Mendonça Lessa, um exemplo de profissional que tanto me inspira.

Aos meus amigos, pelo apoio e otimismo nos momentos difíceis, em especial a Norma Maciel.

Ao orientador, Bruno Mendonça, que demonstrou ser um grande exemplo, graças a sua dedicação e boa vontade ao transmitir conhecimento. Além da compreensão incentivo que foram fundamentais para a conclusão deste trabalho.

Aos membros da banca pela participação e contribuições.

E por fim, à Rural que me acolheu em todos esses anos, me preparando para a vida profissional.

## RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo principal avaliar quantitativamente as mudanças nas feições da paisagem compreendida na bacia hidrográfica do Rio Guandu, Estado do Rio de Janeiro, no período de 1985 a 2014, em intervalos de aproximadamente dez anos. Foram subdivididas oito classes de uso e ocupação do solo, a saber: Florestas, Pastagens e Agricultura, Área Urbanizada, Solo Exposto e Corpos Hídricos, além das Nuvens e Sombras de Nuvens presentes em algumas imagens analisadas. Para a análise foram utilizadas 3 imagens referentes aos anos 1985, 1995 e 2005, obtidas pelo satélite Landsat 5 TM e uma imagem do ano de 2014 de Landsat 8 OLS/TIRS, sendo todas processadas a partir do *software* ArcGIS Desktop V.10.1 e executadas sob classificação supervisionada, com auxílio o índice de vegetação NDVI, e através do algoritmo de Máxima Verossimilhança. Como análise complementar, foram discutidas as matrizes de confusão procedentes de cada classificação, inclusive das submetidas a filtro de área mínima mapeável com a intenção de minimização de erros e melhoria da eficácia do processamento. Concluiu-se que as quantidades referentes a Florestas e áreas urbanizadas aumentaram consideravelmente ao longo de vinte e nove anos, em 4,7 % e 9,1% respectivamente. Em contrapartida, as áreas de pastagens decaíram 13,3%. Acredita-se que a mudança na legislação tenha exercido influência nessa mudança, além da criação de áreas de conservação ao longo da área estudada e projetos de reflorestamento realizados. Foram obtidos melhores índices Kappa após a utilização do filtro de área mínima mapeável, revelando sua eficácia para melhoria dos resultados obtidos na classificação automatizada.

**Palavras-chave:** Classificação supervisionada, MaxVer, Landsat.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1:</b> Representação da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu. ....	7
<b>Figura 2:</b> Esquema vertical do sistema hidrelétrico a partir do Rio Paraíba do Sul.....	10
<b>Figura 3:</b> Ilustração do Complexo de Lajes. ....	11
<b>Figura 4:</b> Assinaturas espectrais de diferentes corpos, em comprimento de onda.....	12
<b>Figura 5:</b> Imagens que exemplificam determinados padrões espectrais observados nas classes de estudo.....	22
<b>Figura 6:</b> Fluxograma resumido das atividades de processamentos. ....	27
<b>Figura 7:</b> Figura comparativa entre a imagem de satélite e a imagem classificada, demonstrando áreas em que houve acréscimo de vegetação. ....	35
<b>Figura 8:</b> Gráfico referente à evolução do uso e cobertura na área estudada ao longo dos anos de 1985-2014.....	37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b> Tabela dos Municípios Abrangidos pela Bacia Hidrográfica do Rio Guandu .....	6
<b>Tabela 2:</b> Diferenças entre o sensor MSS comparados entre as versões do Landsat .....	15
<b>Tabela 3:</b> Características do sensor Thematic Mapper (TM) .....	15
<b>Tabela 4:</b> Características das Bandas de Sensores do Landsat 8, lançado em 11 de fevereiro de 2013.....	16
<b>Tabela 5:</b> Número de amostras de treinamento e validação para as classes mapeadas, coletadas para cada ano, em polígonos amostrados e em quantidade de pixels.....	24
<b>Tabela 6:</b> Qualidade do Índice Kappa .....	25
<b>Tabela 7:</b> Matriz de confusão referente ao ano de 1985, em número de <i>pixels</i> , para a classificação sem filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe .....	29
<b>Tabela 8:</b> Matriz de confusão referente ao ano de 1985, em número de <i>pixels</i> , para a classificação submetida a filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe .....	29
<b>Tabela 9:</b> Matriz de confusão referente ao ano de 1995, em número de <i>pixels</i> , para a classificação sem filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe .....	30
<b>Tabela 10:</b> Matriz de confusão referente ao ano de 1995, em número de <i>pixels</i> , para a classificação submetida a filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe .....	30
<b>Tabela 11:</b> Matriz de confusão referente ao ano de 2005, em número de <i>pixels</i> , para a classificação sem filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe .....	31
<b>Tabela 12:</b> Matriz de confusão referente ao ano de 2005, em número de <i>pixels</i> , para a classificação submetida a filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe .....	31
<b>Tabela 13:</b> Matriz de confusão referente ao ano de 2014, em número de <i>pixels</i> , para a classificação submetida a filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe .....	32
<b>Tabela 14:</b> Matriz de confusão referente ao ano de 1995, em número de <i>pixels</i> , para a classificação submetida a filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe .....	32
<b>Tabela 15:</b> Extensão territorial de cada classe em unidade de área e porcentagem .....	34
<b>Tabela 16:</b> Diferença da extensão, territorial, em porcentagem, entre os respectivos intervalos de anos.....	39



## SUMÁRIO

1. <b>INTRODUÇÃO</b> .....	1
2. <b>OBJETIVOS</b> .....	3
3. <b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	4
3.1. A importância da Bacia Hidrográfica.....	4
3.2. A Bacia Hidrográfica do Rio Guandu .....	5
3.3. Do Complexo de Lajes às Águas do Guandu.....	8
3.4. Sensoriamento Remoto .....	12
3.5. Satélites Landsat.....	13
3.6. Índices de Vegetação.....	16
3.7. Classificação Supervisionada .....	18
4. <b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	19
4.1. Área De Estudo .....	19
4.2. Pré-Processamento dos Dados .....	21
4.3. Classificação supervisionada.....	23
4.1 Análise das Matrizes de Confusão .....	26
5. <b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	27
5.1. Análise das Matrizes de Confusão .....	27
5.2. Análise Quantitativa dos Dados .....	33
6. <b>CONCLUSÕES</b> .....	40
7. <b>REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA</b> .....	41
8. <b>APÊNDICES</b> .....	48
9. <b>ANEXOS</b> .....	52

## 1. INTRODUÇÃO

O Estado do Rio de Janeiro é subdividido em nove regiões hidrográficas estabelecidas pelo Conselho Estadual de Recursos Hídricos, promulgadas através da Resolução nº 107/2013, em revisão à Resolução nº 18/2006, tendo como uma das principais finalidades potencializar a gestão das águas no território Fluminense. A Região Hidrográfica II (RH II), onde se insere as bacias hidrográficas do Rio Guandu, abrange 15 municípios e compreendendo o maior manancial fornecedor de água para a Estação de Tratamento de Água (ETA) do Guandu – CEDAE (SILVA et al., 2001).

A partir da segunda metade do século XX, o Rio Guandu passou por transformações com a transposição de águas provenientes dos rios Paraíba do Sul, Pirai e Vigário, para Ribeirão das Lajes, desde então seu principal contribuinte, elevando consideravelmente a capacidade de vazão (REIS FILHO, 2013). O propósito da transposição era ampliar a usina de Ribeirão das Lajes (Decreto 7.542/45), o que possibilitou a Estação de Tratamento de Água (ETA) Guandu ser a maior ETA do mundo, responsável pelo abastecimento de 85 % do Município do Rio de Janeiro e cerca de 70 % dos municípios da Baixada Fluminense, além disso, a estação trata 43.000 litros de água por segundo, abastecendo 9 milhões de habitantes (CEDAE, 2013).

Cerca de 1,8 milhão de habitantes ocupam a Região Hidrográfica II (COPPETEC, 2014) e apesar de sua importância estratégica, o Rio Guandu encontra-se em situação de vulnerabilidade frente aos problemas de degradação resultantes da expansão urbana e industrial das margens do rio e seus afluentes, destacando-se a expressiva ocorrência de ocupações irregulares, além da intensiva extração de areia e outros minerais da construção civil (REIS FILHO, 2013). Essa utilização da terra de maneira desordenada em conjunto com a falta de planejamento racional contribui com as mudanças e degradação de uso e cobertura do solo.

Segundo Lima (2008), diferentes condições de uso e cobertura do solo podem exercer modificações significativas na infiltração da água no solo, conseqüentemente a falta da cobertura vegetal pode comprometer consideravelmente o comportamento

hidrológico natural da bacia hidrográfica, de modo que, normalmente, quanto menos perturbada for a cobertura florestal, melhores as condições de funcionamento ecológico e hidrológico da bacia, ocasionando uma produção estável de água de boa qualidade.

O monitoramento de propriedades biofísicas de uma bacia hidrográfica (alterações na cobertura vegetal) pode ajudar a estabelecer condições de uso e ocupação sustentáveis (OLIVEIRA et al., 2012). Com o monitoramento, é possível diagnosticar alterações antrópicas e naturais na paisagem, e orientar o estabelecimento de políticas de reversão de um quadro de degradação ambiental (CUNHA et al., 2012).

A análise da cobertura vegetal realizada através de técnicas que lançam mão de sensoriamento remoto pode expressar custos operacionais relativamente menores quando comparados a tradicionais técnicas fotogramétricas e topográficas (FRANÇA et al., 2009), bem como reduzir a necessidade de deslocamento aos locais de estudo. Ainda assim, atuam como ferramenta altamente efetiva no fornecimento de informações que visam contribuir para a compreensão das mudanças que se sucedem no uso e cobertura da terra, tal como no subsídio a diagnósticos ambientais preliminares e planejamento de possíveis intervenções na área.

A aplicação de geoprocessamento no estudo das interações da declividade, solos e uso da terra na bacia hidrográfica possibilita o armazenamento e gerenciamento desses dados com rapidez e precisão. Os sistemas de informações geográficas (SIGs) permitem a realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados.

Outra característica dessa ferramenta é o fato de poder manipular valores de respostas espectrais, que permite a obtenção de índices de vegetação que podem ser comparados como indicadores ecológicos da estrutura e funcionamento das florestas. Imagens resultantes do processamento digital que levam em conta estes índices facilitam a identificação das diferentes comunidades vegetais (VICENS et al., 1998).

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo principal deste trabalho foi realizar a análise multitemporal de uso e cobertura do solo na bacias hidrográficas do Rio Guandu.

Este objetivo principal desdobra-se em objetivos específicos:

- Analisar as classes de uso e cobertura do solo através de classificação supervisionada pelo algoritmo de Máxima Verossimilhança, ao longo do período de 1985-2014;
- Avaliar a diferença na acurácia entre as classificações originais e às submetidas a filtro de área mínima mapeável.

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1. A importância da Bacia Hidrográfica**

A Lei 9.433/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, define a bacia hidrográfica como sendo a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

A importância da bacia hidrográfica como unidade de planejamento para o uso e exploração dos recursos naturais é de aceitação internacional, não somente por representar uma unidade física bem caracterizada, tanto do ponto de vista de integração como da funcionalidade de seus elementos, mas também pelo fato de qualquer unidade territorial, por menor que seja, se integrar a uma bacia (PISSARRA, 1998).

Torres et al. (2008) evidenciam a importância da bacia hidrográfica como unidade de planejamento dado que sua área de contribuição influencia a quantidade de água produzida como deflúvio e a forma e o relevo; no entanto, atua na taxa ou no regime dessa produção de água, tal como a taxa de sedimentação. Portanto, suas características governam, no seu interior, todo o fluxo superficial da água, sendo possível acompanhar as mudanças incorporadas pelo homem e as respectivas respostas da natureza (RABELO et al., 2009). De acordo com Lima & Zakia (2000) a bacia hidrográfica pode ser conceituada como um sistema geomorfológico aberto e, como tal, ela se encontra, mesmo quando não perturbada, em contínua flutuação, em um estado de equilíbrio transacional ou ativo (CALIL et al., 2005).

De acordo com Lima (1987), a cobertura vegetal exerce a função de dissipar a energia cinética do impacto direto das gotas de chuva sobre a superfície, diminuindo a desagregação inicial das partículas de solo e, conseqüentemente, a concentração de sedimentos na enxurrada. Além disso, a cobertura do solo representa um obstáculo mecânico ao livre escoamento superficial da água, ocasionando diminuição da velocidade e da capacidade de desagregação e transporte de sedimentos.

Desse modo, a supressão da cobertura vegetal possibilita maior exposição do solo ao impacto das gotas de chuva e enxurradas, dessa forma contribuindo para modificar as condições físicas da superfície do solo, alterando a rugosidade superficial, porosidade e a taxa de infiltração de água (ALBUQUERQUE et al., 2002). Segundo Silva et al. (2005), essa condição torna o solo mais propício ao transporte de nutrientes, matéria orgânica e outros materiais, acarretando em gradativo empobrecimento.

A microbacia hidrográfica oferece, portanto, a vantagem de um gerenciamento simultâneo, interdependente e cumulativo de seus aspectos econômicos, sociais e ambientais, através da possibilidade de realizar um planejamento e administração integrada dos recursos naturais, solo e água, ampliando assim, notavelmente, a sinergia e a potencialidade dos processos operados, além de oferecer condições geográficas e sociais favoráveis à organização comunitária (TEODORO et al., 2006).

### **3.2. A Bacia Hidrográfica do Rio Guandu**

A Bacia Hidrográfica do Rio Guandu é parte integrante da Região Hidrográfica II, também denominada Região Hidrográfica Guandu, delimitada no âmbito do Estado do Rio de Janeiro. Compreende quinze municípios, dentre eles, seis em sua totalidade e oito parcialmente (Tabela 1 e Figura 1). O Guandu é o principal rio constituinte dessa região (CARVALHO et al., 2007) e juntamente com os Rios da Guarda e Guandu-Mirim, formam 70 % da área da região da bacia hidrográfica contribuinte à Bacia de Sepetiba, onde vivem aproximadamente 1 milhão de habitantes (LAMEIRA et al., 2010). O Rio Guandu é oriundo da confluência entre os rios Santana e Ribeirão das Lajes, sendo que 94 % de sua vazão regularizada deriva do Rio Paraíba do Sul, sendo o restante proveniente do Reservatório de Lajes e do próprio Guandu e seus afluentes (CARVALHO et al., 2007).

**Tabela 1:** Tabela dos Municípios Abrangidos pela Bacia Hidrográfica do Rio Guandu

<b>Totalmente</b>	<b>Parcialmente</b>
Itaguaí	Miguel Pereira
Seropédica	Mangaratiba
Queimados	Vassouras
Engenheiro Paulo de Frontin	Barra do Piraí
Japeri	Mendes
Paracambi	Nova Iguaçu
	Piraí
	Rio Claro
	Rio de Janeiro

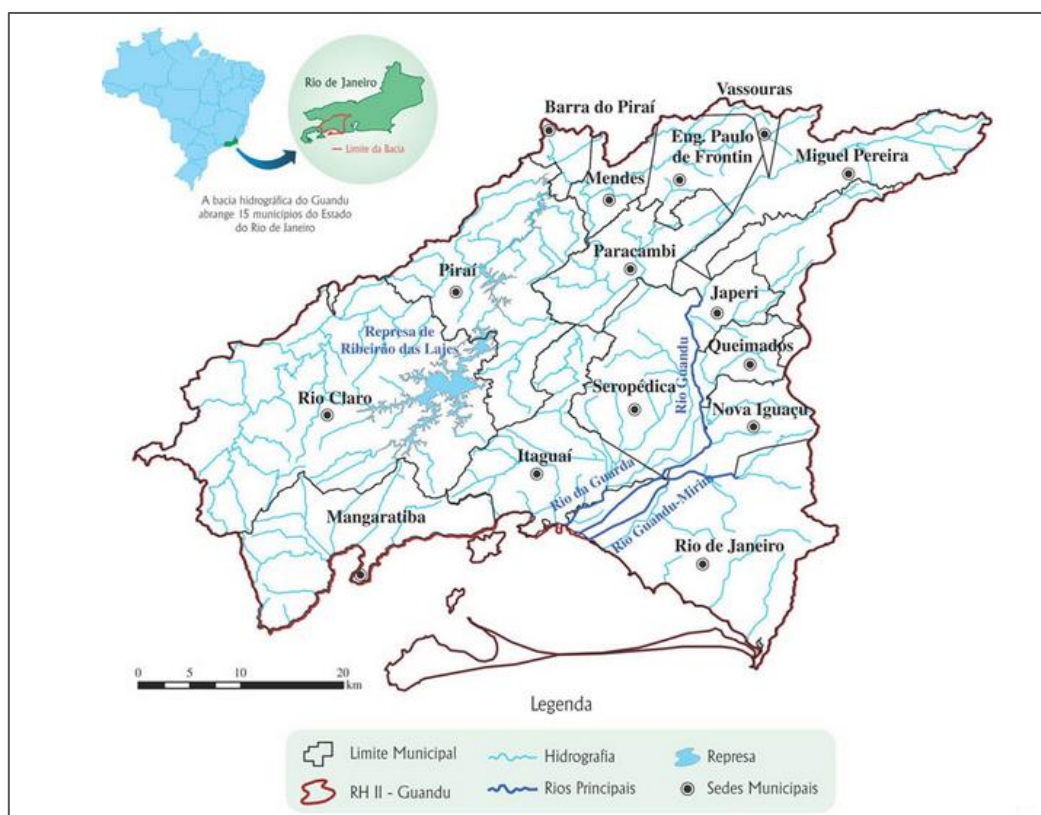
**Fonte:** Comitê Guandu (2015).

A bacia do Rio Guandu possui grande geodiversidade, tornando-se alvo de questões político- geográficas estratégicas, impulsionadas pela presença de áreas que apresentam realidades ambientais distintas, em que por um lado proliferam regiões impactadas e acumuladoras de grandes passivos, sendo o caso das inundações; por outro, áreas com grande potencial a serem exploradas, contudo aproveitadas irracionalmente, como o exemplo de mananciais (GOES et al., 2012).

Toda a baixada de Sepetiba já foi alvo de ações públicas tendo por base questões voltadas ao planejamento territorial. Hoje em dia, essa área ainda carrega marcas de grandes intervenções antrópicas que foram favorecidas, principalmente, devido a essas características geológicas. Na fase desenvolvimentista, duas grandes obras foram realizadas, como o primeiro plano estratégico de saneamento básico de Sepetiba e a construção do complexo de lajes. Mais recentemente, surge a construção e os polos industriais, por exemplo, de Santa Cruz e a expansão urbana-comercial (SEMADS, 2001a).

A maior parte das águas do rio Guandu percorre inicialmente a região localizada aos pés da Serra das Araras, na divisa entre Paracambi e Piraí, onde se localiza a estrutura de transposição do Rio Paraíba do Sul. Parte do Rio Guandu trata-se de um canal construído a partir de uma sucessão de transposições realizadas com o intuito inicial de ampliar a produção de energia elétrica no contexto histórico de ascensão do desenvolvimento do Rio de Janeiro como a Capital Federal em que a eletricidade era um fator imprescindível principalmente para a tração de indústrias no estado (SAES, 2008).

Uma série de obras efetivadas em 1952 permitiu a transposição de até 160 m<sup>3</sup>/s das águas do Paraíba do Sul para Ribeirão das Lajes, além das transposições provenientes dos rios Pirai e Vigário para a Bacia Hidrográfica de Ribeirão das Lajes. Esse conjunto de ações provocou mudanças extremas no sistema hídrico da bacia do Rio Guandu, viabilizando a exploração das águas para o abastecimento da Região Metropolitana do Rio de Janeiro (FERREIRA, 2007).



**Figura 1:** Representação da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu.

**Fonte:** Comitê Guandu (2015). Disponível em: <<http://www.comiteguandu.org.br>>



### 3.3. Do Complexo de Lajes às Águas do Guandu

Nas primeiras décadas do século XX, a recém-proclamada república submeteu-se a grandes práticas desenvolvimentistas. Nesse contexto, foram representativas as obras realizadas na Capital Federal a fim de modernizar a cidade. O desenvolvimento da cidade favorecia o empreendedorismo na medida em que as necessidades urbanas aumentavam. A necessidade de infraestrutura também crescia atraindo empresas prestadoras de serviço tanto nacionais quanto estrangeiras e fomentando a concorrência independente da nacionalidade (NOBRE, 2012).

Em 1902, a empresa *Light and Power* ganhou a concessão do fornecimento de energia elétrica no Rio de Janeiro (NOBRE, 2012), em 1905 construindo a primeira usina hidrelétrica do estado, a usina de Fontes, localizada no município de Piraí, com a finalidade de proporcionar iluminação pública e residencial bem como tração para os bondes da capital federal. Na época de sua instalação era a maior hidrelétrica da América Latina, considerada como a segunda maior do mundo, cuja capacidade era de 24 MW em 1909; em 1996 entrou em operação a barragem de Lajes, com o objetivo de derivar as águas de Ribeirão das Lajes para a Usina de Fontes (CBDB, 2011).

Embora o reservatório possuísse volume razoável, a influência da bacia contribuinte era insuficiente para regularizar a vazão de 17 m<sup>3</sup>/s que se desejava potencializar na usina hidrelétrica, através da transposição do rio Piraí. A solução encontrada foi a realização de uma transposição de bacia que se tornou possível através da construção do reservatório de Tocos, no rio Piraí, município de Rio Claro, em conjunto com a implantação de um túnel que bombeava as águas desse reservatório para o de Ribeirão das Lajes; Essa intervenção caracteriza a primeira transposição para o complexo de Lajes (CAMPO, 2001).

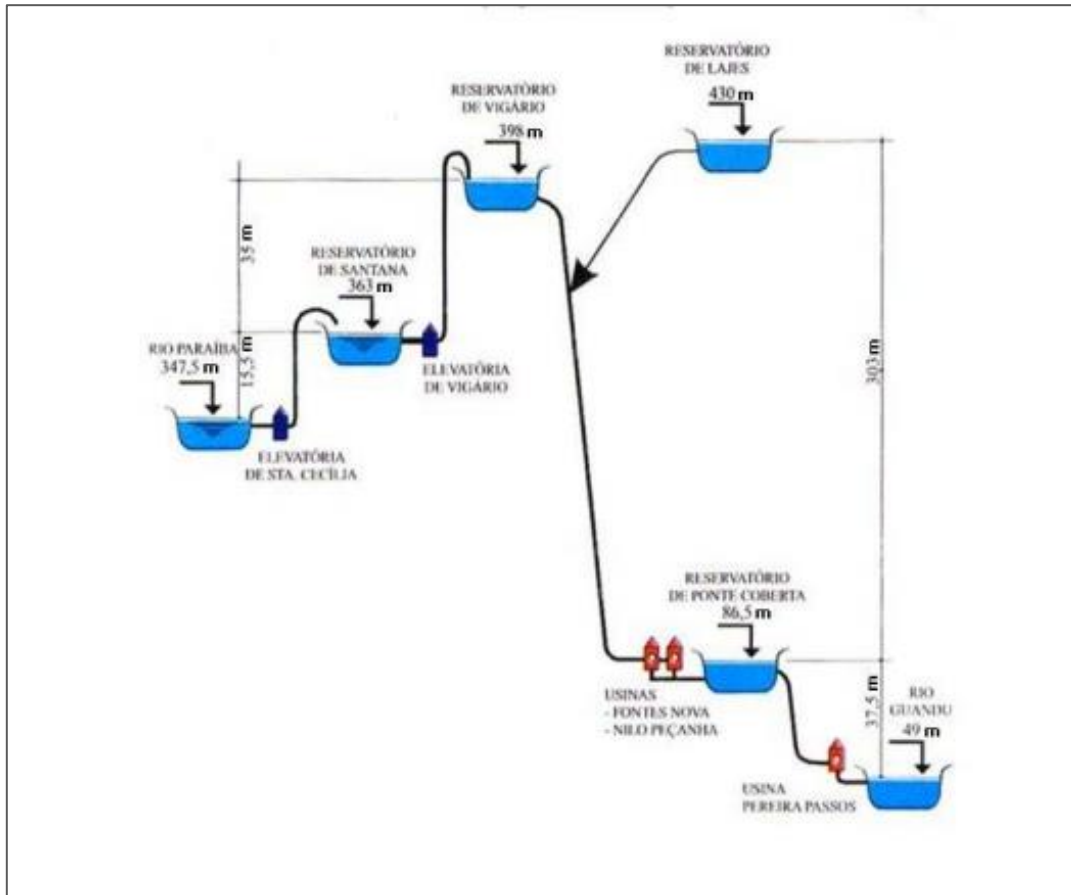
Em 1945, o Decreto de Lei 7.542/1945 autorizou a *Light* a derivar as águas do ribeirão do Vigário e do rio Piraí para utilizá-las na ampliação da usina Ribeirão das Lajes. Essa segunda transposição é possibilitada através da usina elevatória de Santa Cecília, onde existe um pequeno reservatório que propicia a tomada de água que tem a

capacidade de desviar até 160 m<sup>3</sup>/s. As águas do rio Paraíba do Sul são recalçadas a uma altura de aproximadamente 15 m através de um túnel e encaminhadas ao reservatório de Santana, construído a partir de outro barramento do Rio Pirai (REIS FILHO, 2013).

Do reservatório de Santana, as águas são novamente recalçadas ao reservatório de Vigário, formado pelo barramento de ribeirão do Vigário, um pequeno efluente do rio Pirai. O efeito do bombeamento promovido por esse reservatório faz com que as águas do rio Pirai, nas proximidades do reservatório, tenham o curso invertido. Daí, as águas acumuladas em Vigário são desviadas por gravidade à vertente atlântica da serra do Mar. Desse arranjo, foi construída a usina hidrelétrica de Nilo Peçanha, Fontes Velhas, Fontes Novas e Pereira Passos (CAMPO, 2001).

Passadas essas usinas a água é lançada no reservatório de ponte coberta retornando à jusante o leito do Ribeirão das Lajes. A confluência do rio Ribeirão das Lajes com Rio Santana, origina o Rio Guandu, desembocando na baía de Sepetiba através de seu prolongamento denominado Canal de São Francisco (SEMADS, 2001b). As Figuras 2 e 3 resumem todo o trecho da transposição das águas do rio Paraíba do Sul para o rio Guandu.

A ETA utiliza as vazões transpostas do Rio Guandu, que se tornou o principal manancial de abastecimento hídrico do Rio de Janeiro e de mais sete municípios. Desde a inauguração em 1955, passou por sucessivos processos de ampliação e aperfeiçoamento, em que o pico de vazão pode chegar a 48 mil litros por segundo, quantidade suficiente para o abastecimento de 9 milhões de pessoas. Além da região metropolitana, sete outros municípios são beneficiados pelo tratamento: Nilópolis, Nova Iguaçu, Duque de Caxias, Berford Roxo, São João de Meriti, Itaguaí e Queimados (CEDAE, 2013).



**Figura 2:** Esquema vertical do sistema hidrelétrico a partir do Rio Paraíba do Sul.

**Fonte:** Ferreira (2007).

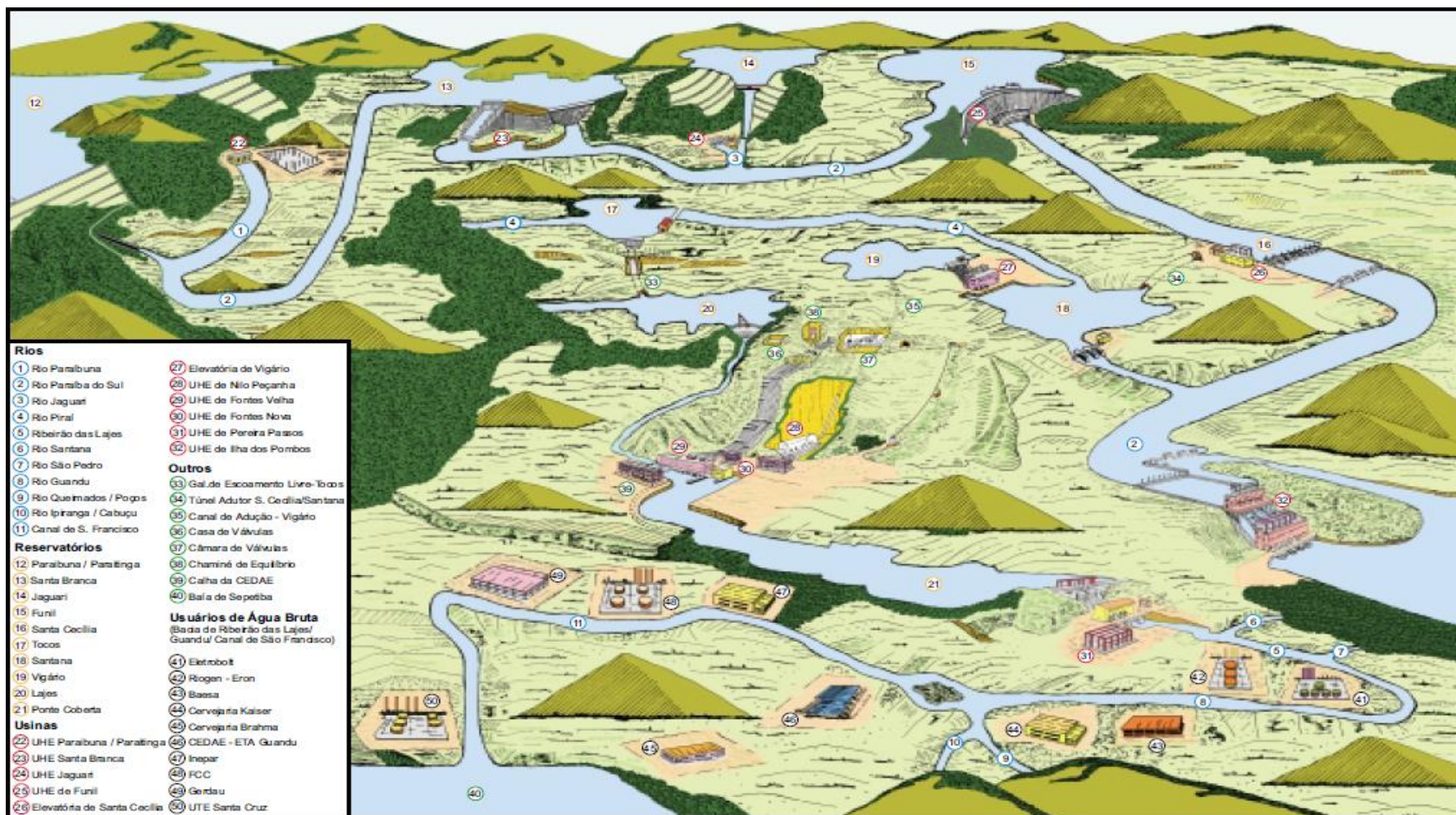


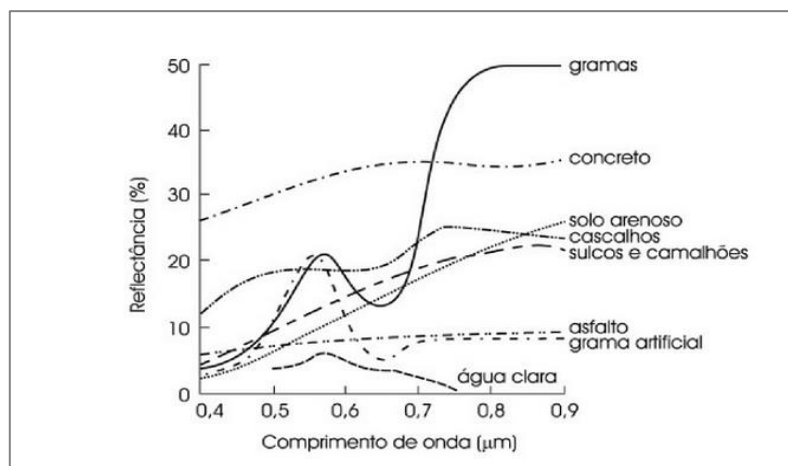
Figura 3: Ilustração do Complexo de Lajes.

Fonte: LABHI/ COPPE/ UFRJ (2000).

### 3.4. Sensoriamento Remoto

O sensoriamento remoto pode ser entendido como o conjunto de procedimentos que permite a obtenção de informações de objetos que compõem a superfície terrestre sem que haja contato direto entre o sensor e o objeto (MENESES & ALMEIDA, 2012). Suas aplicações tem se difundido pelos mais diversos campos do conhecimento, principalmente devido à facilidade de obtenção de dados provenientes desses sensores (EPIPHANIO et al., 1996). Segundo Rodrigues (1990), outras vantagens da utilização dessas técnicas envolvem a acessibilidade de analisar áreas de difícil acesso, através de imageamento de cenas da superfície em grandes altitudes e de maneira repetitiva, o que auxilia no monitoramento de grandes áreas.

As informações obtidas são registradas através de sensores e decodificadas com base na interpretação dos resultados provenientes da interação entre a radiação eletromagnética (REM) e a superfície de cada corpo (MENESES & ALMEIDA, 2012). O resultado dessa interação gira em torno da resposta de propriedades físico-químicas de cada objeto, quando submetidas à frequência, intensidade ou polarização da onda da energia eletromagnética (FIGUEIREDO, 2005). Isso significa que a resposta resultante da absorção da energia eletromagnética incidente sobre cada corpo gera uma assinatura espectral peculiar, de acordo com a composição de cada material e a característica da onda incidente (Figura 4).



**Figura 4:** Assinaturas espectrais de diferentes corpos, em comprimento de onda.

**Fonte:** Jensen (1978).

A radiação solar é a principal fonte de energia eletromagnética utilizada em sensoriamento remoto. A passagem dos feixes solares através da camada atmosférica sofre inúmeras interferências, devido à composição de gases e aerossóis que provocam opacidade. Esses efeitos variam dentre espalhamentos, absorção e reflectâncias múltiplas. Entretanto, na tentativa de atenuar o efeito da atmosfera sobre a incidência dos raios solares, os sensores remotos atuam na faixa de comprimento de onda, onde a maior parte da radiação é transmitida; são as chamadas “janelas atmosféricas” (LIU, 2010). Por isso, ao se trabalhar com sensoriamento remoto nem sempre é preciso fazer correções atmosféricas, entretanto ao se utilizar dados de imagens em análises multitemporais é necessário realizar as correções com o propósito de se deixar os dados na mesma escala radiométrica (SONG et al., 2001).

A título de exemplo, dois trabalhos destinados a avaliar a significância de diferentes métodos destinados à correção atmosférica, em que Antunes et al. (2003) avaliaram a correção atmosférica para duas imagens obtidas através de Landsat 5 e Landsat 7 e constaram que os valores de reflectância foram significativos para ambas as imagens, pois passaram a ter representatividade, assemelhando-se às curvas espectrais para cada objeto. Na mesma linha, Sanches et al. (2011) analisaram diferentes métodos para a correção atmosférica e verificaram especificidades de métodos para correções em diferentes bandas, em que todos os métodos avaliados demonstraram eficiência.

### **3.5. Satélites Landsat**

Os satélites Landsat foram lançados pelos Estados Unidos, representando um grande marco na história do sensoriamento remoto moderno. Sucessor das técnicas de fotografias aéreas, entrou em órbita em 1972 a uma distância de 919 Km de altura. O sensor imageador multiespectral da primeira versão possibilitava a obtenção de quatro imagens, simultaneamente, na faixa do espectro visível e do infravermelho próximo e termal. Ao contrário das imagens aéreas, esse satélite fotografava a terra periodicamente a cada 18 dias e uma resolução de 76 metros obtida em qualquer área da

esfera terrestre e as imagens obtidas possuíam uma largura de 185 Km, o que permitia uma visão sinótica (MENESES & ALMEIDA, 2012).

Desde o lançamento da primeira versão do Landsat, inúmeros satélites foram desenvolvidos com tecnologia cada vez mais aprimorada. A partir dessa época, começou a se desenvolver o conhecimento maior sobre a superfície da Terra. Com o passar dos anos, o número de satélites em órbita aumentou e mais 7 satélites da série Landsat, foram desenvolvidos. Consequentemente o volume de dados também, tornou-se praticamente impossível analisar todos a partir de métodos convencionais de interpretação visual, como era empregado no método aerofotográficos (MOREIRA, 2007). À medida que a tecnologia avançou, houve o desenvolvimento dos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) que permitiu ao analista de dados orbitais introduzir no contexto de classificação de imagens de satélites informações cartográficas e cadastrais de fotos aéreas e dados coletados a campo, o que, de certa forma, tornou os sistemas de classificação muito parecidos com a fotointerpretação (MOREIRA, 2007)

O Landsat 5 foi lançado em 1 de março de 1984, tendo como principal objetivo a utilização de sensores multiespectrais na elaboração de mapas da superfície terrestre com média resolução. Apesar de exceder o tempo previsto de vida útil, suas atividades se encerraram em janeiro de 2013 e, assim como Landsat 4, a diferença em relação aos sensores antecedentes se dá na disposição de Thematic Mapper (TM) que ampliam a resolução da imagem espacial de 80 m para 30 m. O avanço da tecnologia Landsat também resultou em uma série de vantagens, dentre elas, a possibilidade do fornecimento direto das imagens captadas por sensores Multi Spectral Scanners (MSS), também presente nas versões de satélites anteriores aos centros receptores ao longo do globo terrestre (LIU, 2006). A diferença entre os sensores de Landsat 1 a 7 podem ser observados nas Tabelas 2 e 3.

**Tabela 2:** Diferenças entre o sensor MSS comparados entre as versões do Landsat

<b>Multispectral Scanner (MSS)</b>			
<b>Landsat 1-3</b>	<b>Landsat 4-5</b>	<b>Comprimento de Ondas (micrometro)</b>	<b>Resolução (metro)</b>
Banda 4	Banda 1	0,5-0,6	60*
Banda 5	Banda 2	0,6-0,7	60*
Banda 6	Banda 3	0,7-0,8	60*
Banda 7	Banda 4	0,8-1,1	60*

\*O tamanho original do pixel MSS media 79 x 57 metros; sistemas de produção agora reproduzem os dados em 60 metros. **Fonte:** Adaptado de USGS (2015).

**Tabela 3:** Características do sensor Thematic Mapper (TM)

<b>Thematic Mapper (TM)</b>		
<b>Landsat 4-5</b>	<b>Comprimento de Ondas (Micrometro)</b>	<b>Resolução (Metro)</b>
Banda 1	0,45-0,52	30
Banda 2	0,52-0,60	30
Banda 3	0,63-0,69	30
Banda 4	0,76-0,90	30
Banda 5	1,55-1,75	30
Banda 6	10,40-12,50	120
Banda 7	2,08-2,35	30

**Fonte:** Adaptado de USGS (2015).

O Landsat 8 foi lançado em 11 de fevereiro de 2013 em continuidade a séries de Landsat . O que o diferencia das versões anteriores é a quantização em 12 bits e a adição de duas novas bandas, uma para aplicação em estudos costeiros e aerossóis (Operational



Land Imagers- Oli) e outra para detecção de nuvens do tipo cirros (Thermal Infrared Sensor (TIRS) (NAMIKAWA, 2015). A resolução para a Band 8 (pancromático) é de 15 metros. As bandas térmicas 10 e 11 são úteis na prestação de temperaturas de superfície mais precisas e são recolhidas em 100 metros (USGS, 2015).

**Tabela 4:** Características das Bandas de Sensores do Landsat 8, lançado em 11 de fevereiro de 2013

<b>Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) e Thermal Infrared Sensor (TIRS)</b>		
<b>Banda</b>	<b>Comprimento de Onda (Micrometro)</b>	<b>Resolução (Metro)</b>
Banda 1 - Ultra Azul	0,43 - 0,45	30
Banda 2 - Azul	0,45 - 0,51	30
Banda 3 - Verde	0,53 - 0,59	30
Banda 4 - Vermelha	0,64 - 0,67	30
Banda 5 - Infravermelho próximo (NIR)	0,85 - 0,88	30
Banda 6 - SWIR 1	1,57 - 1,65	30
Banda 7 - SWIR 2	2,11- 2,29	30
Banda 8 - Pancromática	0,50 - 0,68	15
Banda 9 - Cirros	1,36 - 1,38	30
Banda 10 - Infravermelho Termal (TIRS) 1	10,60 - 11,19	100
Banda 11 - Infravermelho Termal (TIRS) 2	11,50 - 12,51	100

**Fonte:** Adaptado de USGS (2015).

### **3.6. Índices de Vegetação**

Com a evolução das técnicas de sensoriamento remoto, satélites foram colocados em órbita, cujos sensores mais eficientes possibilitaram o maior volume de informações e análise de dados mais trabalhosa. Os índices de vegetação foram criados com o objetivo de minimizar esse trabalho por meio de maximização de valores espectrais no menor número de bandas de informações de sensores (MOREIRA, 2005). A manipulação de valores espectrais permite a obtenção de índices de vegetação (IV) que podem fornecer informações sobre a situação ecológica e funcionamento da vegetação.

Esses índices permitem a identificação dos diferentes estágios da comunidade vegetal (VINCENS et al., 1998).

O NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index* – Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) é um IV bastante usual e trata de informações de reflectância contidas em cada banda individualmente agrupadas de maneira específica, (EPHIFANIO et al, 1996). Esse índice proposto por Rouse et al. (1973), é um indicador sensível à densidade e qualidade da vegetação, cujos valores variam de -1 para +1. Algumas das utilidades citadas por Moreira e Shimabukuro (2004) são: estimativas de aspectos da vegetação, como a cobertura vegetal, índice de área foliar, atividades agrícolas (monitoramento do ciclo de crescimento de culturas, modelagem do crescimento e produtividade de plantações); monitoramento de secas; controle de desmatamentos e avaliação de áreas queimadas.

Alguns trabalhos comprovam a eficiência do NDVI. Para Lima et. al (2013), o uso do NDVI mostrou-se com boa acurácia para identificar a cobertura vegetal da sub-bacia das Posses, obtendo-se uma acurácia de 92% considerando todos os usos: solo descoberto, pastagem degradada, pastagem não degradada e cobertura arbórea. Batista et al. (1993) enfrentando problemas de contaminação por nuvens e baixa resolução espacial, ângulos de visada distintos, ainda assim foi constatado que mudanças fenológicas da vegetação podem ser observadas através de NDVI ao passo que no ano de seu estudo, a vegetação havia sofrido alterações devido ao El Niño, causando queda de folhas e diminuição da biomassa. Sanches et al. (2011) também verificaram a importância da correção atmosférica e constataram que esse índice é sensível a sua variação, podendo ter seus valores aumentados ou subestimados.

### 3.7. Classificação Supervisionada

A análise de informações extraídas a partir de imagens obtidas através de sensoriamento remoto obedece a uma série de regras e critérios claros e lógicos que possibilitam a leitura de elementos que compõem a paisagem. A interpretação dos dados é realizada com base em parâmetros de cor, textura, estrutura e homologia que são características de cada classe de alvo e codificadas em documentos que possam ser lidos em formatos de tabelas, gráficos ou mapas (MENESES & ALMEIDA, 2012).

Segundo Rosa (2009), a classificação digital das imagens consiste do processo interpretação automatizada, atribuindo valores específicos a cada pixel ou ao conjunto deles que possuem características semelhantes entre si de acordo com assinatura espectral emitida pelos arquétipos presentes no uso da terra, a exemplo de corpos hídricos, pastagens, áreas urbanas, reflorestamento, dentre outras classes de estudo.

As classificações supervisionadas e não supervisionadas constituem os métodos mais usuais de classificação digital de imagens. A classificação não supervisionada é feita de maneira automatizada em que o próprio *software* discrimina, por agrupamento, as classes e os *pixels* pertencentes a cada uma delas (CRÓSTA, 1992). Já para a análise supervisionada, muitas vezes são realizadas visitas de campo ou usadas informações secundárias confiáveis sobre aspectos referentes ao tema em estudo (FRANÇA et al., 2009); essas informações são utilizadas na identificação de alguns *pixels* realizada pelo próprio usuário e agrupados segundo a classe de interesse (área de treinamento). Posteriormente, o próprio *software* localiza os demais *pixels*, agrupando-os segundo critérios estatísticos pré-estabelecidos (GANAN et al., 2005).

As amostras de treinamento são utilizadas como forma de treinamento do *software* classificador. Posteriormente é realizada a etapa de validação, para a qual são realizadas novas coletas de amostras que correspondem à verdade de campo (FRANÇA et al., 2009). A comparação entre as classes preditas pelo classificador e as delimitadas como verdade de campo, geram matrizes de confusão, ou matrizes de erro, utilizadas

para a análise da exatidão dos mapeamentos determinadas através do índice Kappa obtido (GANAN et al., 2005; CONGALTON & GREEN, 1998).

O algoritmo de máxima verossimilhança (MAXVER) é considerado uma das principais técnicas para a realização de classificações supervisionadas; esse algoritmo atua na classificação da imagem ponto a ponto, a partir de classes fornecidas pelo usuário (ROSA, 2009). Para a adequação do resultado, é de grande importância que as amostras de treinamento sejam bastante homogêneas e que representem a classe desejada. O MAXVER é uma ferramenta de análise “pixel a pixel”, que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes, cujas amostras de treinamento são definidas, dispondo de parâmetros estatísticos e ajuste segundo uma distribuição gaussiana (INPE, 2009).

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1. Área De Estudo**

A área de estudo compreende um *buffer* de 5 km sobre as bacias hidrográficas do rio Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim, localizadas no Estado do Rio de Janeiro. A distância do *buffer* foi escolhida a fim de se evitar adversidades no mapeamento das bordas das bacias. Ressalta-se que o presente trabalho denomina a junção das três bacias como bacia hidrográfica do Rio Guandu, cuja extensão ocupa cerca 1900 km. A bacia abrange 15 municípios (Itaguaí, Seropédica, Queimados, Japeri, Paracambi, Nova Iguaçu, Rio de Janeiro, Engenheiro Paulo de Frontin, Miguel Pereira, Vassouras, Piraí, Rio Claro, Mendes, Mangaratiba e Barra do Piraí), e abastece aproximadamente um milhão de habitantes, totalizando uma área de drenagem de 3.600 km<sup>2</sup> (AGEVAP, 2012).

O clima característico é o tropical úmido com temperatura média anual entre 20°C e 27°C (AGEVAP, 2012) e elevados índices pluviométricos que 1.000 mm a 2.300 mm (ANA, 2007). O regime pluviométrico é assinalado pela existência de um período chuvoso de dezembro a março, quando verão, e estiagem de junho a agosto, no inverno (SALAMENTE, 2013). Julho é o mês mais seco, com precipitação média

mensal de 50 mm, e janeiro é o mais chuvoso, com média mensal de 300 mm (LAMEIRA et al., 2010).

A vegetação natural da região compreendida pela bacia hidrográfica do Rio consiste das fitofisionomias de floresta ombrófila densa e manguezais, remanescente do bioma Mata Atlântica (AGEVAP, 2012). De acordo com o diagnóstico preliminar da região realizado pela Sondotécnica (2006), com a crescente ocupação urbana, parte da vegetação original de Mata Atlântica foi descaracterizada, no entanto 1/3 da Baixada Fluminense possui florestas nativas ou secundárias em avançado estágio de regeneração, principalmente nas áreas mais íngremes dos maciços de Tinguá e de Gericinó, onde encontram-se as Unidades de Conservação - UC (Reserva Biológica do Tinguá, com cerca de 26.000 ha e o Parque Municipal de Nova Iguaçu, 1.000 ha).

Dos diferentes estágios sucessionais remanescentes da floresta, destacam-se duas classes: floresta em estágio avançado de regeneração e floresta em estágio inicial e médio de regeneração. Nas demais áreas existem campos de capim colônio, capoeiras e capoeirões onde o capim e algumas árvores se intercalam (SONDOTÉCNICA, 2006).

Em relação ao relevo, parte da região é evidenciada pela transição abrupta entre serras e planícies. As serras ocupam 34% do total da bacia (COBRAPE, 2013), cujo percentual de cobertura vegetal supera 60%. As planícies ocupam cerca de 30% e dominam a área central da região, corresponde a uma extensa planície flúvio-marinha por onde correm os rios principais, com destaque para o Guandu; observa-se ainda que nessas zonas de baixada, ocorre intensa ocupação urbana e industrial (REIS FILHO, 2013).

Na porção nordeste ocorrem os relevos de serras escarpadas e as porções colinosas situam-se principalmente próximas aos divisores de água ressaltando um sistema amorceado com topos aplainados, podendo ser notadas em algumas áreas de transição entre serras e planícies (COPPETEC, 2015).

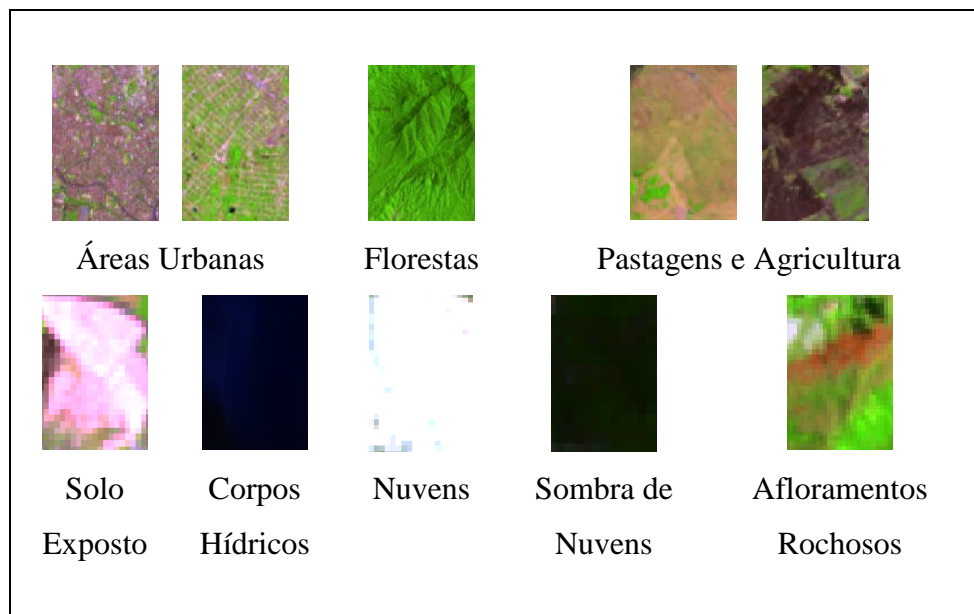
Em relação à geologia, o substrato da Bacia é constituído, em sua maioria, por rochas pré-cambrianas representadas por uma associação de gnaisses-granitóides, migmatitos e gnaisses, sobre os quais ocorrem sedimentos inconsolidados, resultantes de sedimentação fluvial, representados por formações arenosas, areno-argilosas, argilosas, siltosas e ocorrências esporádicas de níveis de cascalhos (SALAMENE, 2013).

Em relação aos solos, as margens do rio Guandu é constituída por várias classes, dentre elas : Gleissolo Háplico e Tiomórfico, Cambissolo, Planossolo, Neossolo Quartzarênico e Flúvico, Organossolo e Argissolo Vermelho-Amarelo (EMBRAPA, 2001).

#### **4.2. Pré-Processamento dos Dados**

O estudo temporal do uso e cobertura do solo foi realizado a partir de 4 imagens dos satélites Landsat provenientes dos sensores TM 5 (05/08/1985, 16/07/1995, 28/08/2005) e OLS/TIRS 8 (02/10/2014). Tais imagens foram fornecidas pela *United States Geological Survey* – USGS, através do site [www.earthexplorer.usgs.gov](http://www.earthexplorer.usgs.gov) com a resolução espacial de 30 metros e correções atmosféricas (USGS, 2015). As imagens foram selecionadas a partir das cenas disponíveis com menos de 10 % de cobertura de nuvens.

As assinaturas espectrais (amostras de treinamento e validação) das classes mapeadas foram obtidas sobre as respectivas imagens Landsat 5 TM (3 cenas) e 8 OLS/TIRS (1 cena). Para a identificação de cada classe, foram consultadas imagens de alta resolução do Google Earth consideradas como verdade de campo para as cenas de 2005 e 2014, além do reconhecimento de padrões na região do Campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) em Seropédica. A Figura 5 apresenta algumas das características espectrais pertinentes a cada classe de uso e cobertura mapeada.



**Figura 5:** Imagens que exemplificam determinados padrões espectrais observados nas classes de estudo.

Foram utilizados dados de altimetria das imagens SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission*, obtidas através de dados interferométricos (aerolevantamento de radar), com resolução espacial de 30 metros, recentemente disponibilizadas pela NASA para todo o globo.

Para a obtenção dos limites das bacias hidrográficas estudadas (rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim) foi gerado um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente no programa ArcGIS Desktop V.10.1, a partir dos dados SRTM. Assim foram realizados os seguintes procedimentos:

1) elaboração do mosaico das imagens utilizando o comando *Data Management Tools* → *Raster* → *Raster dataset* → *Mosaic to New Raster*;

2) eliminação dos erros sistemáticos, convertendo células com valores negativos em NoData e preenchendo vazios (NoData) ou falhas presentes no interior da área mapeada;

3) eliminação das valores errôneos, através do comando *Spacial Analyst Tools* → *Hidrology* → *Fill*;

4) determinação da direção de escoamento em *Spacial Analyst Tools* → *Hidrology* → *Flow direction*;

5) delimitação das grandes bacias hidrográficas, através do comando *Spacial Analyst Tools* → *Hidrology* → *Basin*. Em seguida o formato raster das diferentes bacias identificadas foi convertido para o formato shapefile.

Assim, o limite das bacias estudadas foi selecionado e criado um buffer de 5 km de entorno, sendo esta a base para os procedimentos subsequentes, delimitando a área estudada.

Todo o processamento descrito a seguir também foi realizado no *software* ArcGIS Desktop V.10.1. O primeiro processamento das imagens consistiu na composição de bandas existente para cada satélite (Landsat 5 e 8). Em seguida, ajustou-se o sistema de projeção UTM – Universal Transversa de Mercator, fuso 23 Sul com datum SIRGAS 2000, e recortou-se a área de estudo para o limite das bacias do rio Guandu, Guarda e Guandu Mirim, obtidos anteriormente.

Foi calculado ainda o Índice de Vegetação por Diferença Normalizado (NDVI) (ROUSE et al., 1973), no qual inclui as bandas do vermelho (VER - B3 para o Landsat 5 e B4 para o Landsat 8) e infravermelho próximo (NIR - B4 para o Landsat 5 e B5 para o Landsat 8), de acordo com a seguinte equação:  $((NIR - VER) / (NIR + VER))$ .

### **4.3. Classificação supervisionada**

Foram separadas previamente as seguintes classes de uso e cobertura do solo: Florestas, Pastagens e Agricultura, Área Urbanizadas, Solo Exposto, Afloramentos Rochosos, Corpos Hídricos, Nuvens e Sombra de Nuvens.

Para cada classe foram coletadas amostras de treinamento e validação em formato de polígonos sobre as respectivas imagens Landsat (1985, 1995, 2005 e 2014). A coleta dos polígonos foi realizada através da ferramenta *Classification Image*, do *software* ArcGIS Desktop V.10.1, os quais foram identificados principalmente com base na interpretação de imagens do Google Earth, com disponibilidade de imagens de alta resolução para os anos de 2005 e 2014, além do reconhecimento de padrões na região do Campus UFRRJ em Seropédica. Para os anos anteriores (1985 e 1995) foram coletadas amostras com base na experiência dos padrões já observados para os outros anos.



A Tabela 5 indica o número de amostras de treinamento e validação coletadas para cada ano, em polígonos amostrados e em quantidade de *pixels*.

**Tabela 5:** Número de amostras de treinamento e validação para as classes mapeadas, coletadas para cada ano, em polígonos amostrados e em quantidade de pixels

Classes	Amostras de treinamento							
	1985		1995		2005		2014	
	No.	Pixels	No.	Pixels	No.	Pixels	No.	Pixels
Florestas	71	1.452	43	920	115	1.925	53	1.206
Pastagens e Agricultura	63	856	66	976	64	999	53	823
Áreas Urbanizadas	41	1.029	34	958	71	1.949	45	1.452
Solo Exposto	10	131	3	31	7	164	6	157
Corpos d'Água	23	281	12	204	19	217	20	269
Afloramentos Rochosos	2	17	3	19	4	43	3	32
Nuvens	4	63	-	-	-	-	5	163
Sombras de Nuvens	3	34	-	-	-	-	5	161
<b>TOTAL</b>	<b>217</b>	<b>3863</b>	<b>161</b>	<b>3108</b>	<b>280</b>	<b>5297</b>	<b>190</b>	<b>4263</b>
Classes	Amostras de validação							
	1985		1995		2005		2014	
	No.	Pixels	No.	Pixels	No.	Pixels	No.	Pixels
Florestas	20	370	41	571	27	733	27	731
Pastagens e Agricultura	27	479	42	434	33	461	27	542
Áreas Urbanizadas	12	410	15	371	19	692	18	615
Solo Exposto	4	63	3	22	3	83	9	132
Corpos d'Água	10	124	14	212	9	108	11	177
Afloramentos Rochosos	3	28	1	6	4	43	4	24
Nuvens	2	53	-	-	-	-	4	132
Sombras de Nuvens	5	38	-	-	-	-	6	131
<b>TOTAL</b>	<b>83</b>	<b>1565</b>	<b>116</b>	<b>1616</b>	<b>95</b>	<b>2120</b>	<b>106</b>	<b>2484</b>

O algoritmo utilizado para a classificação supervisionada foi a Máxima verossimilhança (Maxver), processado no *software* ArcGIS Desktop V.10.1. Para isto foram utilizadas todas as bandas de cada satélite, o NDVI e as amostras de treinamento, como dados de entrada para a classificação automática. Para validação dos dados, foi calculado o índice Kappa (CONGALTON & GREEN, 1999) utilizando as amostras de validação e calculado segundo a fórmula:

$$Kappa = \frac{N \sum x_{ii} - \sum (x_{i+} x_{+i})}{N^2 - \sum (x_{i+} x_{+i})}$$

Onde:  $N$  é número total de observações,  $x_{ii}$  são as células diagonais,  $x_{i+}$  corresponde ao somatório das colunas e  $x_{+i}$  são os somatórios das linhas. Os valores de Kappa obtidos foram classificados conforme proposto por Landis e Koch (1977) apresentada na Tabela 6.

**Tabela 6:** Qualidade do Índice Kappa

<b>Coefficiente Kappa</b>	<b>Interpretação</b>
< 0,00	Péssima
0,01 - 0,20	Ruim
0,21 - 0,40	Razoável
0,41 - 0,60	Boa
0,61 - 0,80	Muito boa
0,81 - 1,00	Excelente

**Fonte:** Adaptado de Landis e Koch (1977).

A fim de melhorar a qualidade dos resultados foi aplicado um filtro na imagem classificada, cuja escala da imagem original é de 1:50.000, para eliminar as classes pontuais, que não são representativas e que aumentam o erro da classificação automática. Desta forma, foram eliminados agrupamentos de pixel previamente

definidos (10 *pixels*, totalizando uma área de 9.000 m<sup>2</sup>) e substituídos pelos *pixels* vizinhos mais representativos, obtendo-se, assim, um valor de cerca de um hectare como menor área mapeável.

#### **4.1 Análise das Matrizes de Confusão**

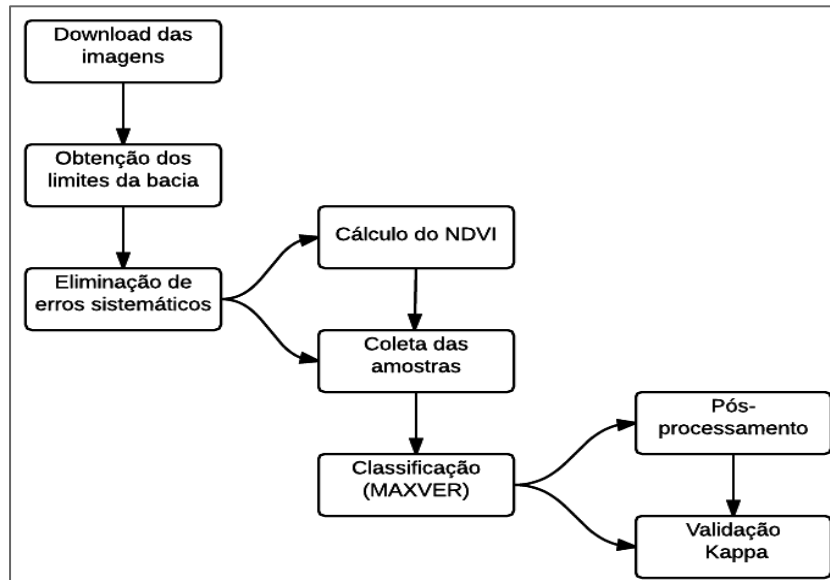
As matrizes de confusão representadas neste trabalho constituem-se da contraposição entre as amostras de validação coletadas e as imagens classificadas. Foram realizados dois processamentos, sendo o primeiro resultante da classificação original das imagens, sem nenhum tratamento. O segundo processamento consistiu-se da reclassificação do mapa obtido com o primeiro processamento, o qual foi submetido a filtro de aproximadamente um hectare.

As linhas de cada matriz correspondem aos *pixels* das amostras de validação coletadas; as colunas, os *pixels* alocados pelo classificador. As células correspondentes à diagonal principal da matriz de confusão correspondem ao número de *pixels* que foram classificados corretamente para cada classe definida, ou seja, o número de *pixels* que coincidiram entre as amostras de validação e a imagem de referência (imagem classificada), em contrapartida os *pixels* classificados fora dessa diagonal correspondem aos erros de classificação.

Os elementos dentro de uma mesma linha, fora da diagonal principal, são provenientes das amostras de validação e significa que foram alocados inadequadamente ao gerar o mapa classificado; são considerados erros de omissão. Em contrapartida, os que pertencem a uma mesma coluna, fora da diagonal principal, representam os elementos que deveriam pertencer à determinada classe representada, mas não foram classificados corretamente; são os chamados erros de comissão.

O índice Kappa condicional avalia a acurácia de cada classe e é calculado com base no mesmo princípio do índice Kappa utilizado para a avaliação global da classificação, assim como a interpretação dos resultados obedece aos mesmos

princípios ( FRANCISCO & ALMEIDA, 2012). A Figura 6 representa o fluxograma resumido das atividades de processamentos do presente trabalho.



**Figura 6:** Fluxograma resumido das atividades de processamentos.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1. Análise das Matrizes de Confusão

A elaboração das matrizes de confusão permitiu analisar a acurácia dos processamentos com e sem filtro, bem como para cada classe individualmente. No tocante ao Kappa global, todos os índices obtiveram a classificação de excelência, segundo a tabela de Landis e Koch (1977) (Tabelas 7 a 14). A menor qualificação foi atribuída ao ano de 1995, cujo Kappa originado foi de 0,92 para ambos os tratamentos (com e sem filtro). Para este mesmo ano, o número de confusões verificadas, em porcentagem, pelo número total de *pixels* em cada classe, foi equivalente a 5,6%, o maior percentual de confusão dentre todos os anos não submetidos ao tratamento.

Dentre todos os anos não submetidos a filtro, a maior qualificação conferiu-se ao ano de 2005, cujo valor do coeficiente obtido foi 0,97. Para este ano, o percentual de

confusões obtido foi de 1,6 %, o menor dentre todos os anos e aproximadamente três vezes inferior, quando comparado ao mesmo ano, sem filtro. Ressalta-se que para este ano, foram coletadas o maior número de amostras de treinamento, quando comparados aos outros anos.

O comportamento observado entre a relação do número de amostras de treinamento e quantidade de confusões, para os tratamentos sem filtro, também foi observado para o ano de 1985 e 2014, percebendo-se pouca variação entre os índices Kappa (a partir da terceira casa decimal). Entretanto, o percentual de confusão para o ano de 1985 superou em apenas 0,1% o percentual em 2014, tendo em vista que o número de amostras coletadas para este ano foi superior em relação a 1985.

Para a análise dos índices Kappa respectivos a cada classe individualmente, a menor classificação foi obtido para a classe Afloramentos Rochosos (0,66) resultante do processamento de 1995. Embora, o número de amostras de treinamento e validação tenha sido pequeno devido à baixa ocorrência de afloramentos rochosos na região, não foram observadas relações entre o Kappa e o número de amostras de validação coletadas.

**Tabela 7:** Matriz de confusão referente ao ano de 1985, em número de *pixels*, para a classificação sem filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe

Classes*	FL	PA	AU	SE	CH	AR	N	SN	Kappa
<b>FL</b>	<b>341100</b>	0	0	0	2700	0	0	7200	0,962
<b>PA</b>	0	<b>383400</b>	26100	0	0	0	0	0	0,910
<b>AU</b>	0	11700	<b>355500</b>	9900	0	0	0	0	0,921
<b>SE</b>	0	0	0	<b>51300</b>	0	0	0	0	1,000
<b>CH</b>	0	2700	0	0	<b>88200</b>	0	0	0	0,968
<b>AR</b>	0	5400	0	0	0	<b>22500</b>	0	0	0,803
<b>N</b>	0	0	0	0	0	0	<b>51300</b>	0	1,000
<b>SN</b>	0	900	0	0	2700	0	0	<b>27900</b>	0,882
<b>Total</b>	341100	404100	381600	61200	93600	22500	51300	35100	<b>0,935**</b>

\*FL – Florestas; PA – Pastagens e Agricultura; AU – Áreas Urbanas; SE – Solo Exposto; CH – Corpos Hídricos; AR – Afloramentos Rochosos; N – Nuvens; SN – Sombra de Nuvens. \*\* Kappa Global.

**Tabela 8:** Matriz de confusão referente ao ano de 1985, em número de *pixels*, para a classificação submetida a filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe

Classes*	FL	PA	AU	SE	CH	AR	N	SN	Kappa
<b>FL</b>	<b>342000</b>	0	0	0	0	0	0	11700	0,956
<b>PA</b>	0	<b>396900</b>	12600	0	0	0	0	0	0,957
<b>AU</b>	0	1800	<b>369000</b>	6300	0	0	0	0	0,970
<b>SE</b>	0	0	0	<b>51300</b>	0	0	0	0	1,000
<b>CH</b>	0	0	0	0	<b>122400</b>	0	0	0	1,000
<b>AR</b>	0	5400	0	0	0	<b>22500</b>	0	0	0,803
<b>N</b>	0	0	0	0	0	0	<b>51300</b>	0	1,000
<b>SN</b>	0	0	0	0	1800	0	0	<b>31500</b>	0,944
<b>Total</b>	342000	404100	381600	57600	124200	22500	51300	43200	<b>0,964**</b>

\*FL – Florestas; PA – Pastagens e Agricultura; AU – Áreas Urbanas; SE – Solo Exposto; CH – Corpos Hídricos; AR – Afloramentos Rochosos; N – Nuvens; SN – Sombra de Nuvens. \*\* Kappa Global.

**Tabela 9:** Matriz de confusão referente ao ano de 1995, em número de *pixels*, para a classificação sem filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe

<b>Classes*</b>	<b>FL</b>	<b>PA</b>	<b>AU</b>	<b>SE</b>	<b>CH</b>	<b>AR</b>	<b>Kappa</b>
<b>FL</b>	<b>436500</b>	42300	10800	3600	16200	0	0,795
<b>PA</b>	0	<b>399600</b>	3600	0	0	0	0,987
<b>AU</b>	0	0	<b>324900</b>	0	0	0	1,000
<b>SE</b>	0	3600	0	<b>16200</b>	0	0	0,815
<b>CH</b>	0	0	0	900	<b>182700</b>	0	0,994
<b>AR</b>	0	1800	0	0	0	<b>3600</b>	0,665
<b>Total</b>	436500	447300	339300	20700	198900	3600	<b>0,922**</b>

\*FL – Florestas; PA – Pastagens e Agricultura; AU – Áreas Urbanas; SE – Solo Exposto; CH – Corpos Hídricos; AR – Afloramentos Rochosos. \*\* Kappa Global.

**Tabela 10:** Matriz de confusão referente ao ano de 1995, em número de *pixels*, para a classificação submetida a filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe

<b>Classes*</b>	<b>FL</b>	<b>PA</b>	<b>AU</b>	<b>SE</b>	<b>CH</b>	<b>AR</b>	<b>Kappa</b>
<b>FL</b>	<b>437400</b>	42300	9000	0	20700	0	0,797
<b>PA</b>	0	<b>399600</b>	3600	0	0	0	0,987
<b>AU</b>	0	0	<b>324900</b>	0	0	0	1,000
<b>SE</b>	0	3600	0	<b>16200</b>	0	0	0,816
<b>CH</b>	0	0	0	0	<b>183600</b>	0	1,000
<b>AR</b>	0	1800	0	0	0	<b>3600</b>	0,665
<b>Total</b>	437400	447300	337500	16200	204300	3600	<b>0,923**</b>

\*FL – Florestas; PA – Pastagens e Agricultura; AU – Áreas Urbanas; SE – Solo Exposto; CH – Corpos Hídricos; AR – Afloramentos Rochosos. \*\* Kappa Global.

**Tabela 11:** Matriz de confusão referente ao ano de 2005, em número de *pixels*, para a classificação sem filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe

<b>Classes*</b>	<b>FL</b>	<b>PA</b>	<b>AU</b>	<b>SE</b>	<b>CH</b>	<b>AR</b>	<b>Kappa</b>
<b>FL</b>	<b>653421</b>	0	0	0	0	0	1,000
<b>PA</b>	1800	<b>444614</b>	30601	0	0	0	0,912
<b>AU</b>	0	6300	<b>603019</b>	0	0	0	0,984
<b>SE</b>	0	900	7200	<b>77402</b>	0	0	0,901
<b>CH</b>	15300	0	0	0	<b>106203</b>	0	0,866
<b>AR</b>	0	0	0	0	0	<b>45001</b>	1,000
<b>Total</b>	670521	451814	640820	77402	106203	45001	<b>0,957**</b>

\*FL – Florestas; PA – Pastagens e Agricultura; AU – Áreas Urbanas; SE – Solo Exposto; CH – Corpos Hídricos; AR – Afloramentos Rochosos. \*\* Kappa Global.

**Tabela 12:** Matriz de confusão referente ao ano de 2005, em número de *pixels*, para a classificação submetida a filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe

<b>Classes*</b>	<b>FL</b>	<b>PA</b>	<b>AU</b>	<b>SE</b>	<b>CH</b>	<b>AR</b>	<b>Kappa</b>
<b>FL</b>	<b>659700</b>	0	0	0	10800	0	0,975
<b>PA</b>	0	<b>451800</b>	0	0	0	0	1,000
<b>AU</b>	0	21600	<b>619200</b>	0	0	0	0,951
<b>SE</b>	0	0	0	<b>77400</b>	0	0	1,000
<b>CH</b>	0	0	0	0	<b>109800</b>	0	1,000
<b>AR</b>	0	0	0	0	0	<b>45000</b>	1,000
<b>Total</b>	659700	473400	619200	77400	120600	45000	<b>0,977**</b>

\*FL – Florestas; PA – Pastagens e Agricultura; AU – Áreas Urbanas; SE – Solo Exposto; CH – Corpos Hídricos; AR – Afloramentos Rochosos. \*\* Kappa Global.



**Tabela 13:** Matriz de confusão referente ao ano de 2014, em número de *pixels*, para a classificação submetida a filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe

Classe	FL	PA	AU	SE	CH	AR	N	SN	Kappa
<b>FL</b>	<b>641700</b>	0	900	0	4500	0	0	7200	0,972
<b>PA</b>	11700	<b>451800</b>	25200	7200	0	0	0	0	0,885
<b>AU</b>	2700	35100	<b>512100</b>	3600	0	0	0	0	0,901
<b>SE</b>	0	0	0	<b>126000</b>	0	0	0	0	1,000
<b>CH</b>	0	0	0	0	<b>158400</b>	0	0	0	1,000
<b>AR</b>	0	0	0	0	0	<b>27000</b>	0	0	1,000
<b>N</b>	0	0	0	0	0	0	<b>120600</b>	0	1,000
<b>SN</b>	6300	3600	0	0	0	0	0	<b>82800</b>	0,888
<b>Total</b>	662400	490500	538200	136800	162900	27000	120600	90000	<b>0,938**</b>

\*FL – Florestas; PA – Pastagens e Agricultura; AU – Áreas Urbanas; SE – Solo Exposto; CH – Corpos Hídricos; AR – Afloramentos Rochosos; N – Nuvens; SN – Sombra de Nuvens. \*\* Kappa Global.

**Tabela 14:** Matriz de confusão referente ao ano de 1995, em número de *pixels*, para a classificação submetida a filtro e os índices Kappa pertinentes a cada classe

Classe	FL	PA	AU	SE	CH	AR	N	SN	Kappa
<b>FL</b>	<b>654300</b>	0	0	0	0	0	0	0	1,000
<b>PA</b>	11700	<b>451800</b>	27000	5400	0	0	0	0	0,886
<b>AU</b>	0	28800	<b>524700</b>	0	0	0	0	0	0,931
<b>SE</b>	0	0	0	<b>126000</b>	0	0	0	0	1,000
<b>CH</b>	0	0	0	0	<b>158400</b>	0	0	0	1,000
<b>AR</b>	0	0	0	0	0	<b>27000</b>	0	0	1,000
<b>N</b>	0	0	0	0	0	0	<b>120600</b>	0	1,000
<b>SN</b>	5400	3600	0	0	0	0	0	<b>106200</b>	0,918
<b>Total</b>	671400	484200	551700	131400	158400	27000	120600	106200	<b>0,954**</b>

\*FL – Florestas; PA – Pastagens e Agricultura; AU – Áreas Urbanas; SE – Solo Exposto; CH – Corpos Hídricos; AR – Afloramentos Rochosos; N – Nuvens; SN – Sombra de Nuvens. \*\* Kappa Global.

As confusões realizadas pelo classificador se devem ao efeito da reflectância emanada pelos corpos presentes na superfície da terra e interpretadas com características de cores semelhantes de acordo com a banda utilizada através do *software*, como exemplo, o ano de 1985, quando a classe Florestas confunde-se com as classes Corpos Hídricos e Sombras de Nuvens (Figura 5). Esse fato se deve a parte da

cobertura florestal estar sujeita ao efeito de sombreamento devido ao relevo, compartilhando o efeito esverdeado similar onde parte da floresta é interceptada por sombras de nuvens. Essa característica também é próxima ao padrão escurecido compreendido pelos corpos hídricos, que por sua vez tendem ao azulado, entretanto a alguns *pixels* são atribuídas a colocação tão escura que tornam-se facilmente confundíveis.

Já a assinatura espectral originada pela reflectância de áreas urbanas gera um padrão reticulado, desforme, com várias tonalidades de rosa, inclusive colorações características a de agriculturas e pastagens. Vale ressaltar que tanto as áreas urbanas, como pastagens, encontram-se relacionadas principalmente em planícies fluviais e flúvio-marinhas, onde o efeito da reflectância entre as duas classes encontra-se intimamente ligados devido à retirada da espessa cobertura vegetal que recobre o solo.

Da mesma forma ocorre entre Áreas Urbanas e Solo Exposto também havendo a retirada da cobertura vegetal, principalmente devido à implantação de edificações em que parte da vegetação é totalmente retirada.

A confusão gerada entre as classes Pastagens e Agricultura e Corpos Hídricos é explicada pela inserção dessas atividades em calhas de rios, refletindo juntamente a radiação emitida pelos corpos hídricos.

## **5.2. Análise Quantitativa dos Dados**

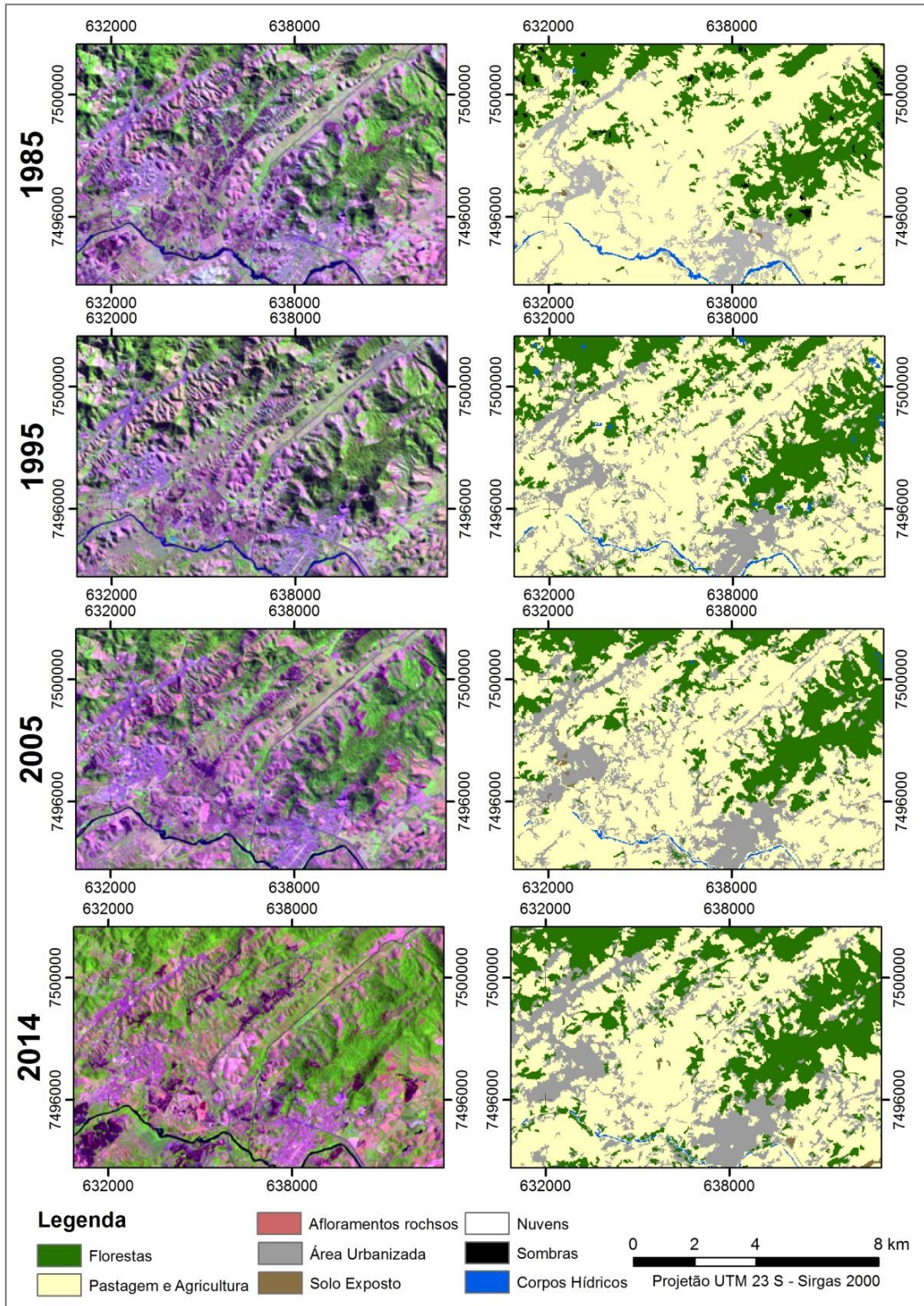
A partir do processamento digital e classificação das imagens foi possível mapear os tipos e mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo, ocorridas ao longo de aproximadamente trinta anos da área estudada correspondente à bacia hidrográfica do Rio Guandu, da Guarda e Guandu Mirim. Essas mudanças podem ser observadas através da Tabela 14.

**Tabela 15:** Extensão territorial de cada classe em unidade de área e porcentagem

Classes	Área							
	1985		1995		2005		2014	
	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%	km <sup>2</sup>	%
<b>Florestas</b>	1275,7	35,8	1297,5	36,4	1324,3	37,2	1443,4	40,5
<b>Pastagens e Agricultura</b>	1721,8	48,3	1550,7	43,5	1468,7	41,2	1249,8	35,1
<b>Área Urbana</b>	346,4	9,7	544,8	15,3	581,3	16,3	670,0	18,8
<b>Solo Exposto</b>	14,0	0,4	2,9	0,1	20,3	0,6	28,1	0,8
<b>Corpos d'água</b>	157,4	4,4	166,3	4,7	167,5	4,7	156,5	4,4
<b>Afloramentos Rochosos</b>	0,5	0,0	0,3	0,0	0,8	0,0	0,7	0,0
<b>Nuvem</b>	2,5	0,1	-	-	-	-	7,1	0,2
<b>Sombra de Nuvem</b>	44,6	1,3	-	-	-	-	7,5	0,2
<b>TOTAL</b>	3562,8	100,0	3562,6	100,0	3563,0	100,0	3563,1	100,0

A Figura 7 representa o recorte de uma área localizada no limite da bacia, utilizada como exemplo para demonstrar o comportamento das classes estudadas ao longo dos anos, podendo-se observar claramente que, enquanto florestas e áreas urbanas aumentam gradativamente, pastagens e agricultura sofrem decréscimo de sua extensão.

Augusto & Seabra (2013) realizaram a classificação da mesma área de estudo não incluindo área de *buffer*, através da análise não supervisionada, pelo algoritmo Isoseg para duas cenas de 1973 e 2011. Ao contrário dos resultados obtidos, os autores constataram que há o decréscimo de aproximadamente 7% da extensão de áreas florestadas ao passo que os valores obtidos para a classe desde 1983 a 2014, correspondem ao aumento de aproximadamente 5%.



**Figura 7:** Figura comparativa entre a imagem de satélite e a imagem classificada, demonstrando áreas em que houve acréscimo de vegetação.

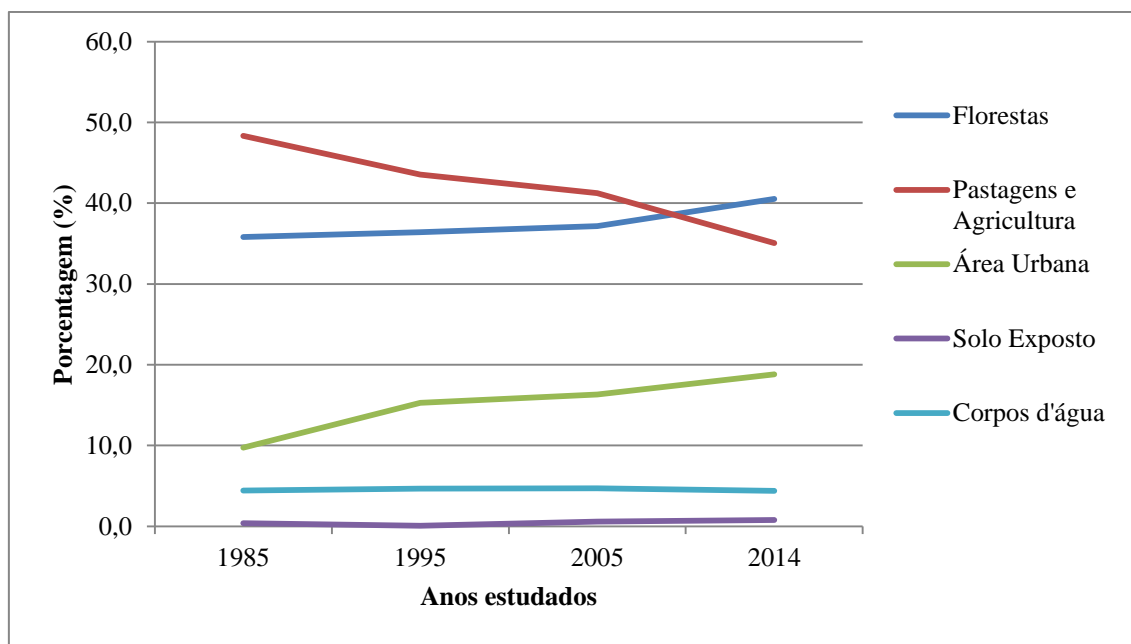
No tocante à classe Florestas, verifica-se que desde 1985 há o aumento progressivo da vegetação, chegando a 2014 com 4,7% a mais do que em 1985. Acredita-se que parte dessa modificação da cobertura vegetal, em detrimento de pastos e outras possíveis classes, se deva à mudanças na legislação e o aumento da fiscalização ambiental. Outro fator importante que pode explicar o aumento da vegetação é a criação de Unidades de Conservação (UC) na extensão da bacia.

Ainda em relação à análise de Florestas, chama atenção o crescimento entre os anos de 2005 a 2014 de 3,3%. Ou seja, maior do que a taxa de crescimento das duas décadas anteriores somadas. Embora, alguns projetos para a recuperação da mata já tenham sido desenvolvidos, muitos não levam em consideração fatores imprescindíveis para o desenvolvimento da planta (SALAMENE, 2007), o que muitas das vezes ocasiona baixo índice de sobrevivência. Entretanto ao se observar imagens de satélites podem ser notadas áreas recobertas por reflorestamento.

Como exemplo, o Projeto Produtores de Águas e Florestas que teve início em 2009, na cidade de Rio Claro, Estado do Rio de Janeiro, em parceria com Unidade Gestora do Projeto (UGP), que agrega representações da Secretaria Estadual do Ambiente/Instituto Estadual do Ambiente, Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio Guandu, Município de Rio Claro, a The Nature Conservancy e o Instituto Terra de Preservação Ambiental. Tem como objetivo o pagamento de serviços ambientais aos produtores pela recuperação de áreas degradadas e conservação da Mata Atlântica dentro de suas propriedades (PAGIOLA et al., 2013).

Durante as três primeiras décadas, as áreas referentes a Pastagens e Agricultura prevaleceram sobre a paisagem (Figura 8). Todavia, a partir 1985 começaram a apresentar tendência de queda. Através da Figura 8, pode ser observado que a taxa de decréscimo acompanha o crescimento de Florestas e a Áreas Urbanas. Entre os anos de 1985 para 2014, aproximadamente 13% das áreas equivalentes a agriculturas, pastagens e queimadas foram substituídas por outras ocupações. Entre 2005 e 2014 a redução dessas áreas foi consideravelmente maior que o decréscimo observado nas décadas antecessoras.

Segundo Pfaltzgraff (1994), a primeiro registro de ocupação dessa área, se deu através de colonos que ocuparam a região na tentativa de utilizar o solo em atividades agrícolas e pecuária, entretanto devido às dificuldades impostas pelos cursos das águas, que tornavam alagadiços os terrenos de baixada, acabaram por se limitarem às áreas de encosta.



**Figura 8:** Gráfico referente à evolução do uso e cobertura na área estudada ao longo dos anos de 1985-2014.

As Classes Solo Exposto e Áreas Urbanas são intimamente relacionadas entre si. Esse fato pode ser constatado através dos mapas classificados (disponíveis no apêndice), em que se observa a maior parte da ocorrência de solo exposto em regiões vizinhas as de áreas urbanas em desenvolvimento, causado pela supressão vegetal para a construção de edificações. Embora devido às constantes inundações face à topografia plana da região, a maioria dos rios contribuintes da Baía de Sepetiba sofreram modificações em seu baixo curso (PLANAGUA, 2001), propiciando a maior pressão de uso urbano nas áreas de planície.

Em 1985 as áreas urbanas ocupavam uma extensão de 346 Km<sup>2</sup>, contribuindo com 9,7% da extensão total da imagem. Na década de 90 a população do estado do Rio de Janeiro cresceu em uma média de 1,3% ao ano, o que representou a interrupção na tendência de queda das taxas demográficas recorrentes nos últimos quarenta anos. Em conjunto com a Baía de Ilha Grande, a região das Baixadas Litorâneas foi uma das regiões onde o dinamismo do aumento populacional pode ser evidenciado. Tal ritmo de crescimento, certamente está ligado aos efeitos da demanda de mão-de-obra nos serviços pessoais e domésticos e construção civil, induzidos pela especulação imobiliária nestas regiões (LAMEIRA et al, 2010), além de mão-de-obra necessária aos distritos industriais em crescente desenvolvimento. Tendo em vista essa ocorrência, pode-se observar que no período entre 1985 a 1995, porcentagem de ocupação aumentou em 5,6%. Embora o crescimento de áreas urbanas seja progressivo, esse período foi o que mais contribuiu com essa expansão. Em 2014, as áreas urbanas contabilizavam cerca de 20 % do território.

Ao se observar o percentual de solo exposto, nota-se que há grande inconstância entre o comportamento de sua área ao longo do tempo. Essa variável é dotada de grande flexibilidade, visto que depende das condições em que o solo se encontrava no dia da passagem do satélite. Não é de grande impacto na análise, uma vez que esse valor é sujeito incontáveis variações ao longo do tempo. Também é vinculado a pastos, entretanto boa parte das áreas de solo exposto pode ser facilmente colonizada por espécies ruderais, qualificando-se como pastos. Vale ressaltar que as cenas correspondentes a 2005 apresentaram pequenos erros classificados como solos expostos que subestimaram essa área. Não foi possível realizar a correção.

O pequeno acréscimo até 2005, de área referente à classe Corpos Hídrico pode ser originado devido à extração de areia na região de estudo. O resultado da extração das camadas sedimentares superficiais provoca o afloramento de lençóis freáticos, gerando lagoas artificiais. O aumento de Corpos Hídricos é entendido como o aumento de escavações.

Em virtude da demanda ocasionada pelo crescente aumento da construção civil na região metropolitana do Rio de Janeiro, já na década de 60, atividades extrativas mineiras foram atraídas à região localizada entre os municípios de Itaguaí e Seropédica

graças à ocorrência de areia, argila, caulim e rocha com potencial para manufatura de brita. Consequentemente, essas atividades fizeram dessa localidade um dos principais distritos areiros do Brasil, suprindo atualmente, cerca de 70 % da areia para a construção civil na região metropolitana do estado (MARQUES et al., 2008).

Através das tabelas, pode ser observado o acréscimo de 0,3% dessa classe no período de 1985 a 1995. Entretanto, Em 1996, a Comissão Estadual de Controle Ambiental, por meio da Deliberação CECA n.º 3.554, de 2 de outubro de 1996, procurou estabelecer diretrizes disciplinadoras da extração de areia na região, também vetando novas licenças. Espera-se que, apesar da extração ilegal e falta de fiscalização, a imposição dessas diretrizes tenham influenciado o decréscimo na extensão de corpos hídricos. Como as escavações são responsáveis pela retirada da camada superficial do solo, os padrões das bordas dos lagos são combinados com a classe de Solo Exposto.

Acredita-se que a diferença, em área, de afloramentos rochosos ao longo dos trinta anos se deva à pequena quantidade dessa classe presente em toda a área de estudo. A resolução 30 x 30 limitou o número de amostras de treinamento e validação demarcadas para a produção do mapa classificado. Essa classe obteve os menores índices Kappa nos anos de 1985 e 1995.

**Tabela 16:** Diferença da extensão, territorial, em porcentagem, entre os respectivos intervalos de anos

Classes	Cobertura do Solo (%)			
	1985-1995	1995-2005	2005-2014	1985-2014
<b>FL</b>	0,6	0,7	3,3	4,7
<b>PA</b>	-4,8	-2,3	-6,1	-13,3
<b>AU</b>	5,6	1,0	2,5	9,1
<b>SE</b>	-0,3	0,5	0,2	0,4
<b>CH</b>	0,3	0,0	-0,3	0,0
<b>AR</b>	0,0	0,0	0,0	0,0

\*FL – Florestas; PA – Pastagens e Agricultura; AU – Áreas Urbanas; SE – Solo Exposto; CH – Corpos Hídricos; AR – Afloramentos Rochosos.



## 6. CONCLUSÕES

A classificação submetida ao filtro de área mínima demonstrou melhores índices Kappa condicionais na maioria dos casos.

Observou-se a preservação das áreas de florestas, tendo em vista que a cobertura vegetal (matas, capoeiras e reflorestamento) representam mais de 40% da área total da bacia hidrográfica, aumentando progressivamente ao longo dos anos. Também houve o acréscimo de áreas urbanas.

Apesar do decréscimo das áreas de pastos, uso agrícola e pastagem ocorrem de forma relevante na bacia hidrográfica, tendo em vista que ocupam cerca de 30% da área, demonstrando a importância da agropecuária na região estudada.

## 7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

AGEVAP (Agência da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul). **Plano associativo de combate às queimadas e incêndios florestais na bacia hidrográfica dos rios guandu, guandu-mirim e da guarda**. Relatório Final. Resende: AGEVAP, 2012. 436p.

ALBUQUERQUE, A. W. et al. Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, n. 1, p.136-141, 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v6n1/v6n1a24.pdf>>. Acesso em: 11 Dez. 2015.

ANA (Agência Nacional de Águas, Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos). **HidroWeb: Sistemas de Informações Hidrológicas - banco de dados online**. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br>>. Acesso em: 14 dez. 2015.

ANTUNES, M. A. H. et al. Correções Atmosféricas de Imagens de Satélites utilizando o Modelo 6S. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CARTOGRAFIA, 21, 2003, Belo Horizonte. **Anais...** Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Cartografia, 2003. Disponível em: <<https://www.researchgate.net>>. Acesso em: 16 dez. 2015.

AUGUSTO, R.C.; SEABRA, V.S. Uso do SIG no mapeamento das mudanças de uso e cobertura da terra: o caso das bacias hidrográficas dos rios Guandu, Guarda e Guandu Mirim- RJ. **Caderno de Estudos Geoambientais-CADEGEO**, v. 4, n. 1, p.05-22, 2014.

BATISTA, G. T.; SHIMABUKURO, Y. E.; LAWRENCE, W. T. Monitoramento da cobertura vegetal através de índices de vegetação do NOAA-AVHRR. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7, 1993, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, p. 30-37, 1993.

CALIL, P.M. et al. Caracterização geomorfométrica e do uso do solo da Bacia Hidrográfica do Alto Meia Ponte, Goiás. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p.433-442, 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v16n4/v16n04a14.pdf>>. Acesso em: 11 Dez. 2015.

CAMPO, J.D.; **Cobrança pelo uso da água nas transposições da bacia do Rio Paraíba do Sul envolvendo o setor elétrico**. 2001. 192f. Dissertação (Mestrado em Ciências em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.

CARVALHO, G. B. B.; THOMAS, P. T.; GONTIJO, W. C. Cobrança pelo uso de recursos hídricos na transposição da bacia hidrográfica do Rio Paraíba do Sul para a bacia hidrográfica do Rio Guandu. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 17, 2007, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ABRH, 2007. Disponível em: <<http://arquivos.ana.gov.br/institucional/sag/CobrancaUso/BaciaPBS/Textos/ArtigoABRHHIIFinal.pdf> > Acesso em: 11 Dez. 2015.

CBDB (Comitê Brasileiro de Barragens). **A história das barragens no Brasil, Séculos XIX, XX e XXI**: cinquenta anos do Comitê Brasileiro de Barragens. Rio de Janeiro: CBDB, 2011. 524 p.

CEDAE (Companhia Estadual de Águas e Esgotos). **Informativo anual sobre a qualidade da água distribuída para a população do Estado do Rio de Janeiro**. Janeiro a dezembro de 2013. Rio de Janeiro, 2013. 2 p. Disponível em: <<http://www.cedae.com.br> > Acesso em: 5 Dez. 2015.

COBRAPE (Companhia Brasileira de Projetos e Empreendimentos). **Elaboração do Plano Diretor de Aproveitamento de Recursos Hídricos para a Macrometrópole Paulista**: Relatório Final . São Paulo, 2013. 214 p.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: Principles and Practices**. New York: Lewis Publishers, 1998. 137p.

COPPETEC (Fundação Coordenação de Projetos, Pesquisas e Estudos Tecnológicos). **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: INEA (Instituto Estadual do Ambiente), mai. 2014. 125 p.

CRÓSTA, A.P. **Processamento digital de imagens de sensoriamento remoto**. Campinas: IG/UNICAMP, 1992. 170 p.

CUNHA, J. E. B. L. et al . Dinâmica da cobertura vegetal para a Bacia de São João do Rio do Peixe, PB, utilizando-se sensoriamento remoto. **Revista brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 5, p.539–548, mai. 2012.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). Zona Oeste do Município do Rio de Janeiro: mapa de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001.

EIPHANIO, J. C. N.; ALMEIDA JR, A. C.; FORMAGGIO, A. R. Desenvolvimento do trigo avaliado com dois Índices de Vegetação. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO,8., 1996. **Anais...**: Salvador: INPE, 1996, v. 8, p. 19-24. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.01.11.34/doc/T158.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2015.

FERREIRA, W. A. **Avaliação preliminar de indicadores de qualidade de água da Bacia Hidrográfica formadora do Rio Guandu**. 2007. 117f. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

FIGUEIREDO, D. Conceitos básicos de sensoriamento remoto. **Companhia Nacional de Abastecimento-CONAB**. Brasília, set. 2005. 30 p. Disponível em: [http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos\\_sm.pdf](http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf). Acesso em: 16 dez. 2015.

FRANÇA, M. M. Análise do uso da terra no município de Viçosa-MG mediado por classificações supervisionadas com redes neurais artificiais e Maxver. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 2, n. 3, p. 92-109, set./ dez. 2009.

FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. M. Avaliação de desempenho de atributos estatísticos e texturais em uma classificação de cobertura da terra baseada em objeto. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 18, n. 2, abr./jun 2012.

FRARE, I. et. al. **Nova CEDAE**: Um caso de sucesso na administração pública. Rio de Janeiro: FGV Projetos (Fundação Getúlio Vargas).

GANAN, J. R. et al. Mapeamento da cultura da soja com imagens Landsat 5/TM utilizando algoritmos de classificação supervisionada. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12, 2005, Goiânia: **Anais...** São Jose dos Campos: INPE, p. 549-555, 2005.

GOES, M. H. B.; SILVA, J.X.; MARINO, T.B. Um sistema de geoinformação ambiental para a bacia do Guandu como apoio à gestão territorial. In: FILHO, D.T.; ANTUNES, J.C.O; VETTORAZZI, J. S. (Orgs.). **Bacia Hidrográfica dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu-Mirim**: Experiências para a gestão dos recursos hídricos. Rio de Janeiro: INEA, 2012. P. 293- 324.

INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). **Spring**: Tutorial de Geoprocessamento; Classificação de Imagens. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/classific.html>>. Acesso em 15 dez. 2012.

JENSEN, R. K. Estimation of the biomechanical properties of three body types using a photogrammetric method. **Journal of biomechanics**, v. 11, n. 8, p. 349-358, 1978.

LABHID/COPPE/UFRJ (Laboratório de Hidrologia e Estudos de Meio Ambiente do Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal Do Rio De Janeiro). **Projeto preparatório para o gerenciamento dos recursos hídricos do Paraíba do Sul**: relatório final. Rio de Janeiro: SRH/MMA-CEIVAP-BIRD/Governo do Japão - UNESCO, fev. 2000.

LAMEIRA, A. B. et al. Diagnóstico e alternativas para a recuperação ambiental da Bacia Hidrográfica do Rio Guandu (BHRG)-RJ. **Embrapa Solos. Documentos**, 122, Rio de Janeiro, Dez. 2010. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/881979/4/documentos122.pdf>>. Acesso em: 12 Dez. 2015.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, 33, p. 671-679, 1977.

LIMA, G. C. et al. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Revista Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 8, n. 2, p. 204-214, ago. 2013.

LIMA, J.M. **Relação entre erosão, teor de ferro, parâmetros físicos e mineralógicos de solos da região de Lavras (MG)**. 1987. 86f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas)-Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1987.

LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. 2. ed. São Paulo: ESALQ/USP (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz), 2008. Disponível em: <<http://www.ipef.br/hidrologia/hidrologia.pdf>>. Acesso em: 5 Dez. 2015. 245p.

LIMA, W. P. ; Zakia, M.J.B. Hidrologia de matas ciliares. In: Rodrigues, R.R.; Leitão-Filho, H.F. (eds.). **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP (Editora da Universidade de São Paulo), 2000. P 33- 44.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. 2 ed. Campo Grande: UNIDERP, 2006. 908 p.

MARQUES, Eduardo D.; TUBBS, Décio; SILVA-FILHO, Emmanoel V. Influência das variações do nível freático na química da água subterrânea, Aquífero Piranema–Bacia de Sepetiba, RJ. **Geochimica Brasiliensis**, v. 22, n. 3, 2012.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto. Brasília: CNPq, 2012. v. 1. 256 p .

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2007. 320p.

MOREIRA, M. A.; SHIMABUKURO, Y. E. Cálculo do índice de vegetação a partir do sensor AVHRR. In: Ferreira, N. J. (Cord.). **Aplicações Ambientais Brasileiras dos Satélites NOAA e TIRO-N**. São Paulo: Oficina de Textos, 2004. Cap. 4, p.79-101.

NAMIKAWA, L. M. Imagens Landsat 8 para monitoramento de volume de água em reservatórios: estudo de caso nas barragens Jaguari e Jacareí do sistema Cantareira. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 17. **Anais...** João Pessoa: INPE, abr. 2015. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2015/files/p0942.pdf>>. Acesso em: 16 dez. 2015.

NOBRE, P.J.L. Eletricidade, Engenharia e defesa ambiental: mudança de rumo no desenvolvimento brasileiro (1900-1934). In: GLOBALIZACIÓN, INNOVACIÓN Y CONSTRUCCIÓN DE REDES TÉCNICAS URBANAS EN AMÉRICA Y EUROPA, 1890-1930. BRAZILIAN TRACTION, BARCELONA TRACTION Y OTROS CONGLOMERADOS FINANCIEROS Y TÉCNICOS, 2012, Barcelona. **Anais...** Barcelona: Universidad de Barcelona, 2012. Disponível em: <[http://www.ub.edu/geocrit/Simposio/cNobre\\_Eletricidade.pdf](http://www.ub.edu/geocrit/Simposio/cNobre_Eletricidade.pdf)>. Acesso em: 15 dez. 2015

OLIVEIRA, A. H. et al. Caracterização ambiental e predição dos teores de matéria orgânica do solo na Sub-Bacia do Salto, Extrema, MG. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.33, n.1, p. 143-154, jan./mar. 2012. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/view/5914>>. Acesso em: 05 Dez. 2015.

PAGIOLA, S; VON GLEHN, H.C.V; TAFFARELLO, D. **Experiências de pagamentos por serviços ambientais no Brasil**. São Paulo: SMA/CBRN, 2013. 336p.

PFALTZGRAFF, P.A.S. **Aspectos ambientais da lavra de areia, exemplo da área produtora do Rio São João**. Dissertação (Mestrado em Ciências)– Universidade Federal do Rio de Janeiro, São Paulo, 1994.

PISSARRA, T.C.T. **Avaliação quantitativa das características geomórficas de microbacias hidrográficas de 1ª ordem de magnitude em quatro posições do sistema de drenagem**. 1998. 124 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 1998.

RABELO, C. G. et al. Influência do uso do solo na qualidade da água no bioma Cerrado: um estudo comparativo entre bacias hidrográficas no estado de Goiás, Brasil. **Revista Ambiente & Água – An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubate , v.4, n. 2, p. 172- 187, 2009 . Disponível em: <<http://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/428020>>. Acesso em: 11 Dez. 2015.

REIS FILHO, N. R. **A gestão participativa no comitê de bacias hidrográficas do guandu**. Rio de Janeiro: OMA-BRASIL (Associação Organização da Sociedade Civil de Interesse Público Mobilidade e Ambiente Brasil), set. 2013. Disponível em: <<http://www.comiteguandu.org.br/conteudo/Gestao-Participativa-RHII309.pdf>> . Acesso em: 5 dez. 2015. 107p.

RODRIGUES, M. Introdução ao Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOPROCESSAMENTO, 1990, São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 1990, 1-26p.

ROSA, R. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 7º ed., Uberlândia: EDUFU, 2009.136 p.

ROUSE, J.W. et al. **Monitoring the Vernal Advancement and retrogradation (Green Wave Effect) of Natural vegetation**. Greenbelt : Texas A & M University, Remote Sensing Center, 1973. Disponível em: <<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19730017588.pdf>>. Acesso em: 11 Dez. 2015.

SAES, A. M. Light versus CBEE: capital nacional e estrangeiro na modernização da cidade do rio de janeiro (1905-1915). **Territórios e Fronteiras**, Cuiabá, v. 1, n. 2, jul. / dez., 2008.

SALAMENE, S. **Estratificação e caracterização ambiental da Área de Preservação Permanente do rio Guandu, RJ**. 83f . Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

SANCHES, I. D.; ANDRADE, R. G.; QUARTAROLI, C. F.; RODRIGUES, C. A. G.; Análise comparativa de três métodos de correção atmosférica de imagens Landsat 5 – TM para obtenção de reflectância de superfície e NDVI. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO , 05, 2011, Curitiba. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2011, p. 7564-757. Disponível em: <<http://www.cnpm.embrapa.br/projetos/mapastore/download/PDF10.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2015.

SEMADS (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável). **Bacias Hidrográficas e Rios Fluminenses – Síntese Informativa por Macrorregião Ambiental.** Rio de Janeiro: SEMADS, 2001a. 73 p.

SEMADS (Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável). **Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião Ambiental 2 - Bacia da Baía de Sepetiba.** Rio de Janeiro: SEMADS, 2001b, 79p.

SILVA, A. C. L. et al. Avaliação de mananciais usados em sistemas de abastecimento de água: estudos de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AMBIENTAL E SANITÁRIA, 21. , 2001, João Pessoa. **Anais...** Rio de Janeiro: ABES (Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental), 2001. P. 1-8.

SILVA, A. P.; DE OLIVEIRA, E. F.; CONSOLI, M. A. F. Aspectos críticos da poluição da bacia do rio guandu: sua influência sobre a ETA Guandu e o abastecimento da população da cidade do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 18, 2009, Campo Grande. **Anais...** Porto Alegre, ABRH (Associação Brasileira de Recursos Hídricos), 2009. Disponível em: <<http://www.abrh.org.br> >. Acesso em: 11 Dez. 2015.

SONDOTÉCNICA (2007). **Plano estratégico de recursos hídricos das bacias hidrográficas dos Rios Guandu, da Guarda e Guandu Mirim:** relatório gerencial. Brasília : Agência Nacional de Águas – Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. 63 p.

SONG, C. et al. Classification and change detection using Landsat TM data: when and how to correct atmospheric effects? **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 75, n. 2, p. 230-244, 2001.

TEODORO, V. L. I. et al. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, Araraquara, n.20, 2007. Disponível em: <[http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20\\_11.pdf](http://www.uniara.com.br/legado/revistauniara/pdf/20/RevUniara20_11.pdf)>. Acesso em: 11 Dez. 2015.

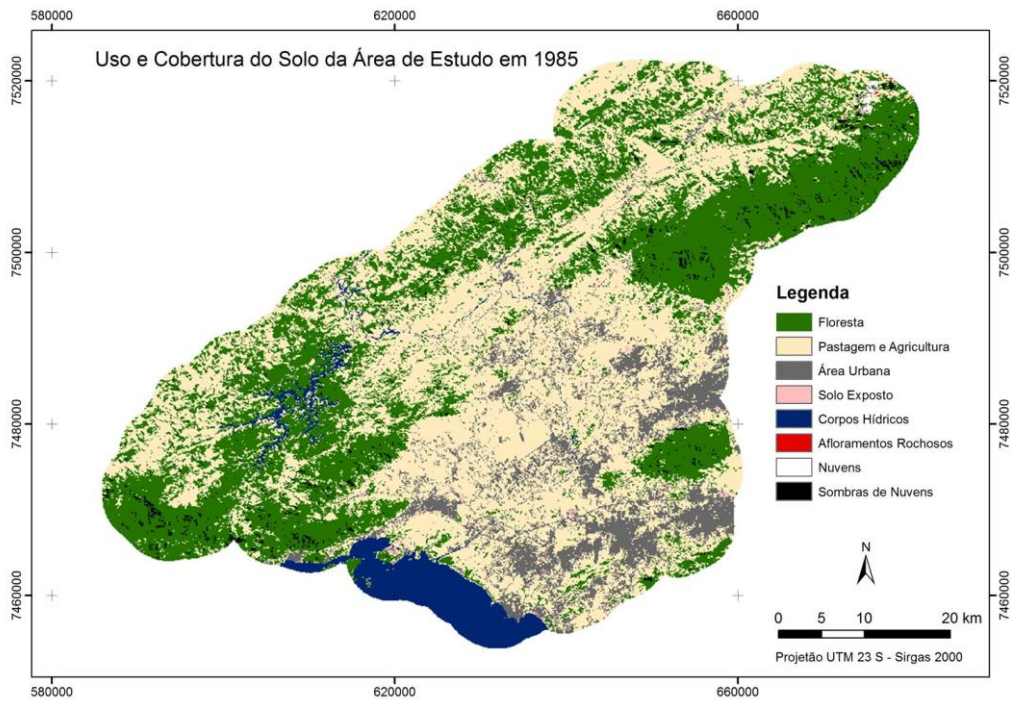
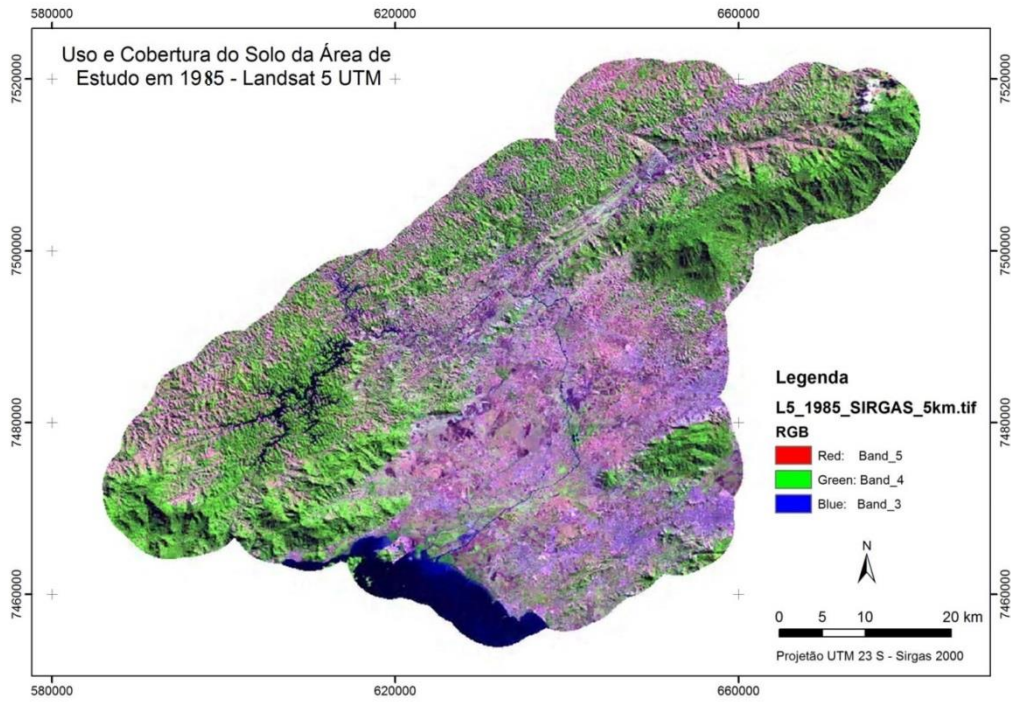
TORRES, J. L. R. et al. Diagnostico ambiental e análise morfométrica da microbacia do Córrego Lanhoso em Uberaba–MG. **Caminhos de Geografia**, Uberlândia, v. 9, n. 25, p. 1 – 11, mar. 2008. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/caminhosdegeografia/article/view/15577/8817>>. Acesso em: 11 Dez. 2015.

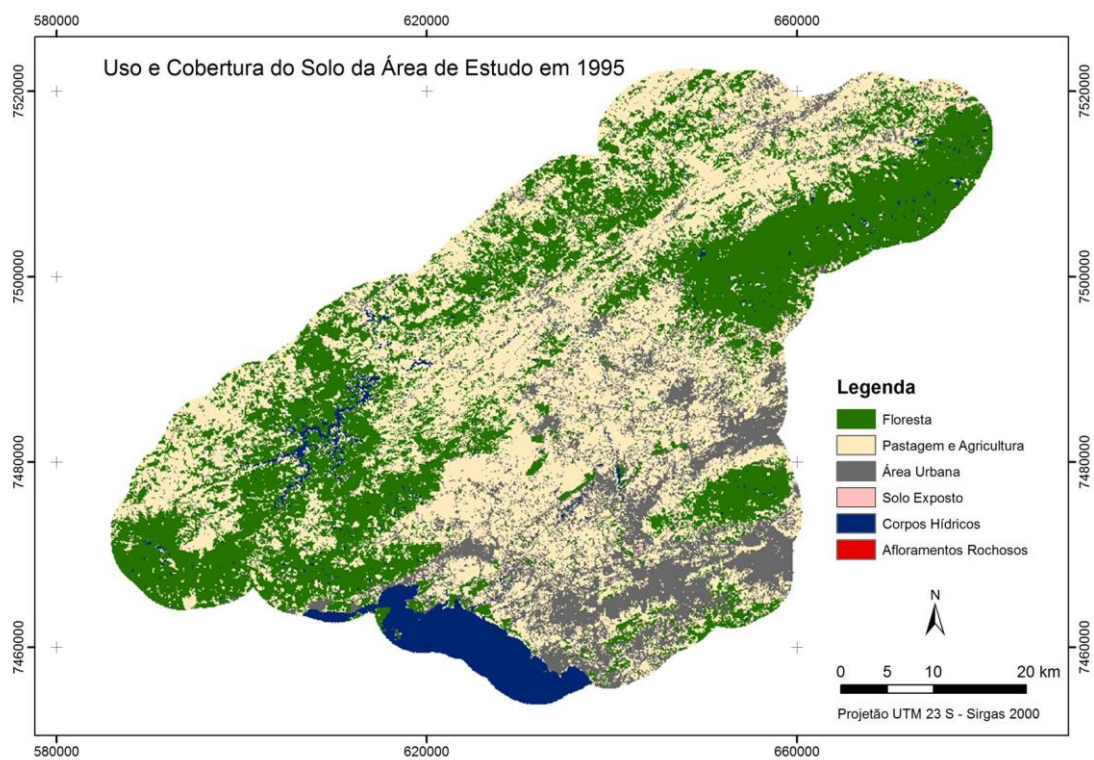
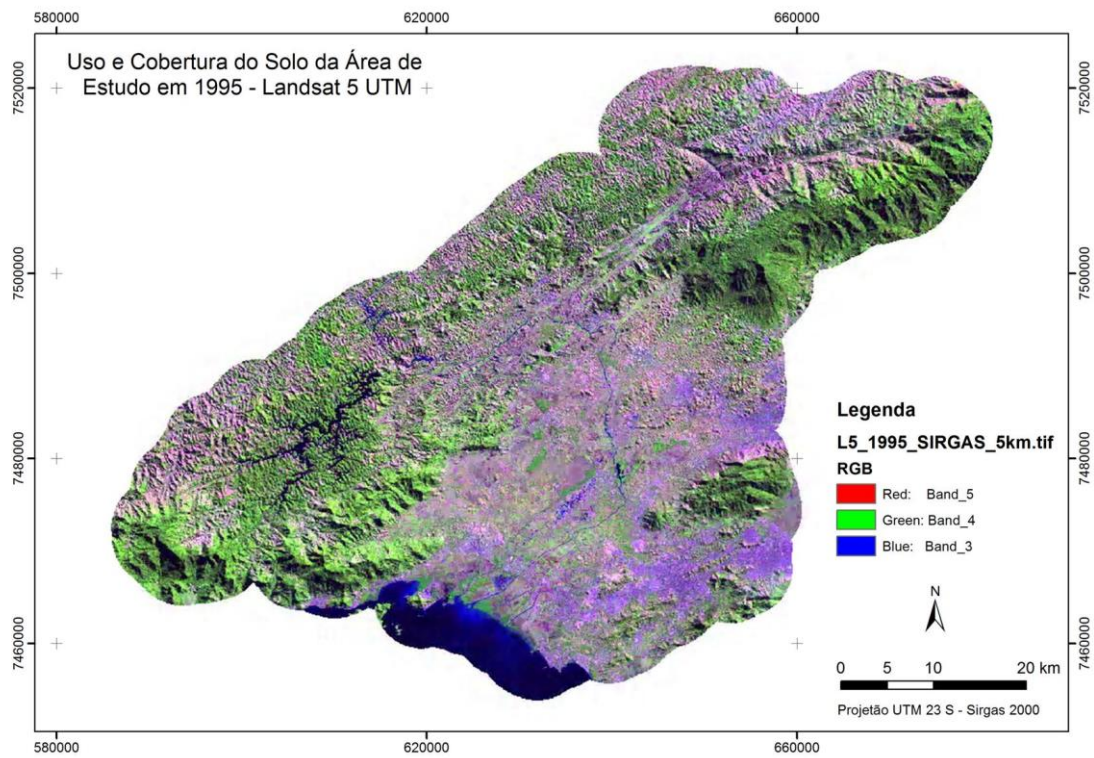
USGS. United States Geological Survey. Disponível em: <<http://www.usgs.gov>>. Acesso em: 17 Dez. 2015.

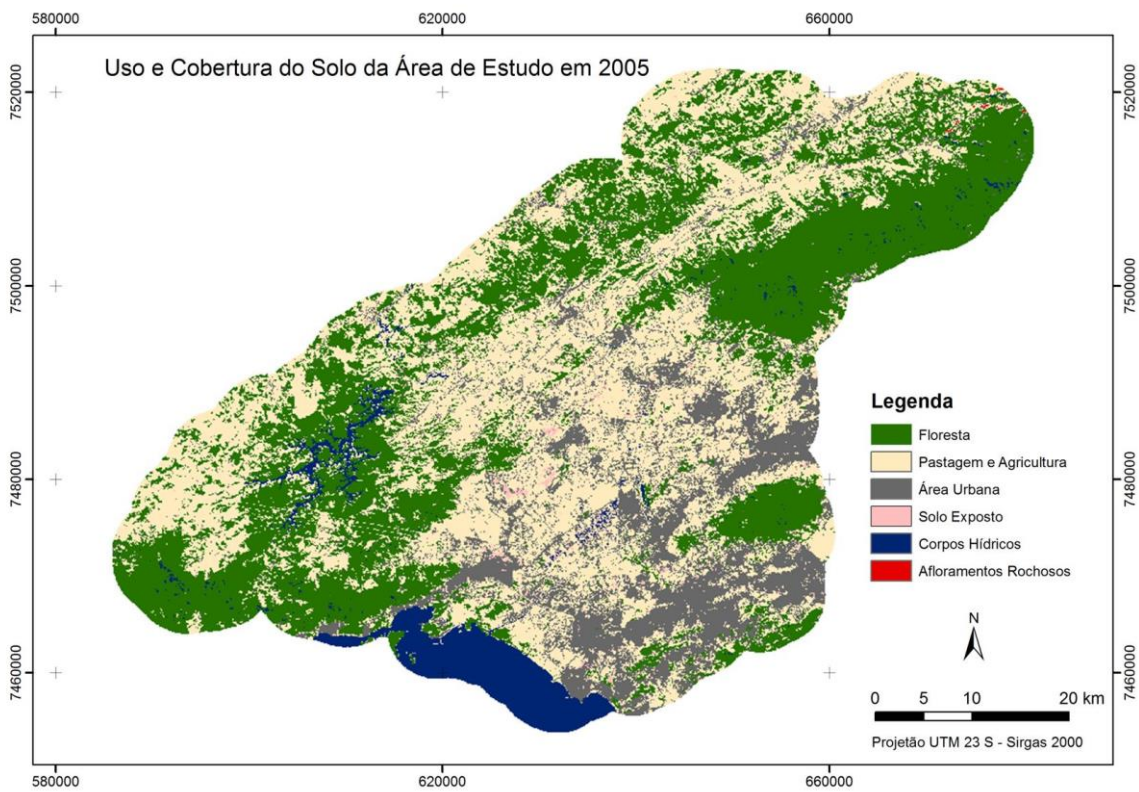
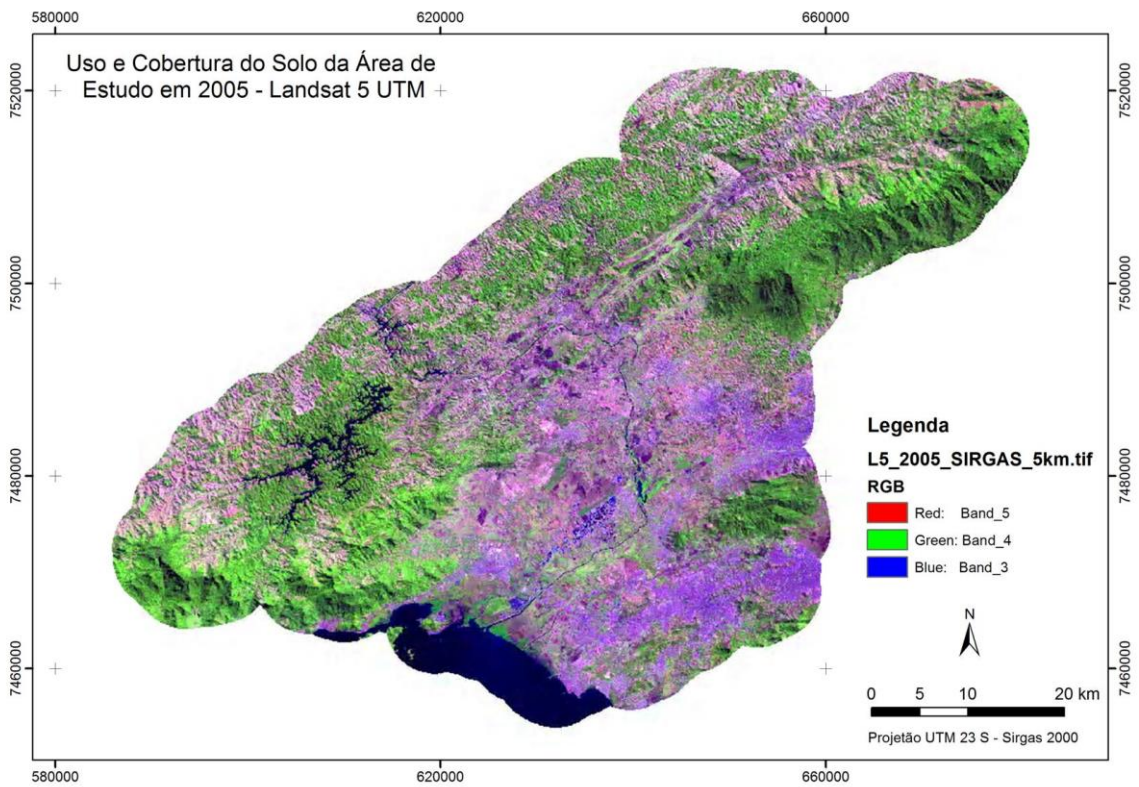
VICENS, R. S.; CRUZ, C. B. M.; RIZZINI, C. M. Utilização de Técnicas de Sensoriamento Remoto na Análise da Cobertura Vegetal da Reserva Florestal de Linhares, ES, Brasil. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 9, 1998, Belo Horizonte. **Anais...**Santos: INPE, 1998. Disponível em: <[http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.10.01/doc/2\\_47o.pdf](http://marte.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/deise/1999/02.09.10.01/doc/2_47o.pdf)>. Acesso em: 5 Dez. 2015.

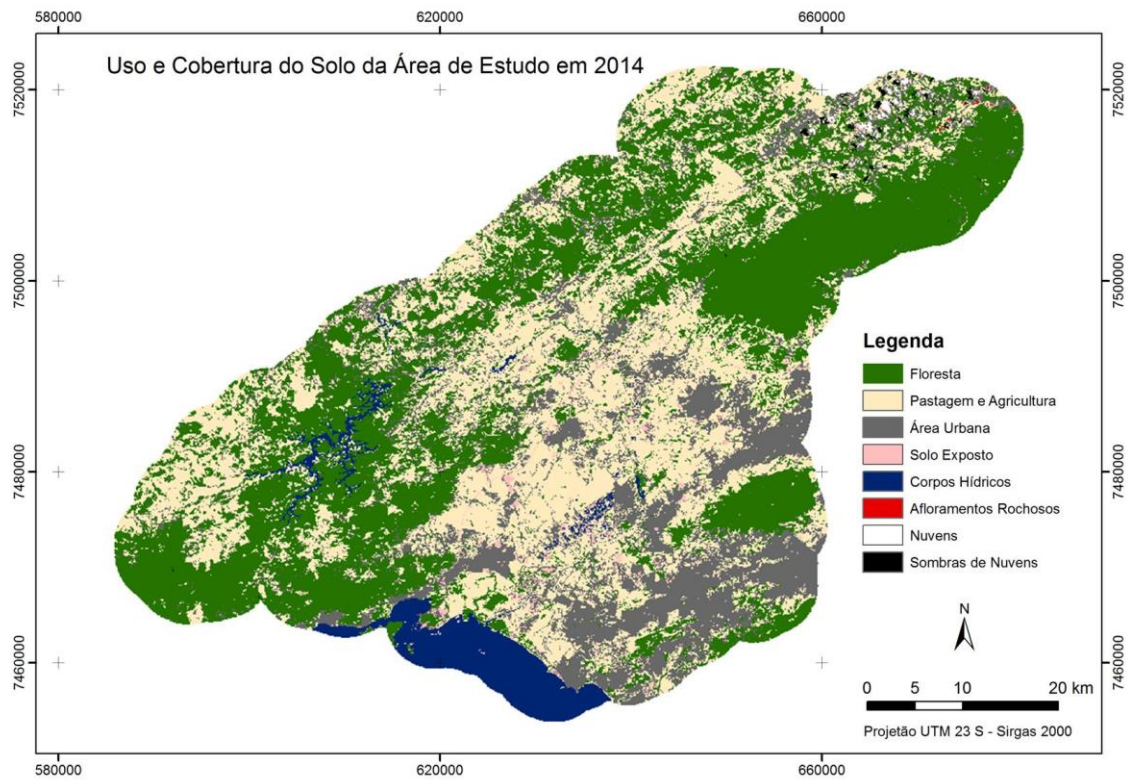
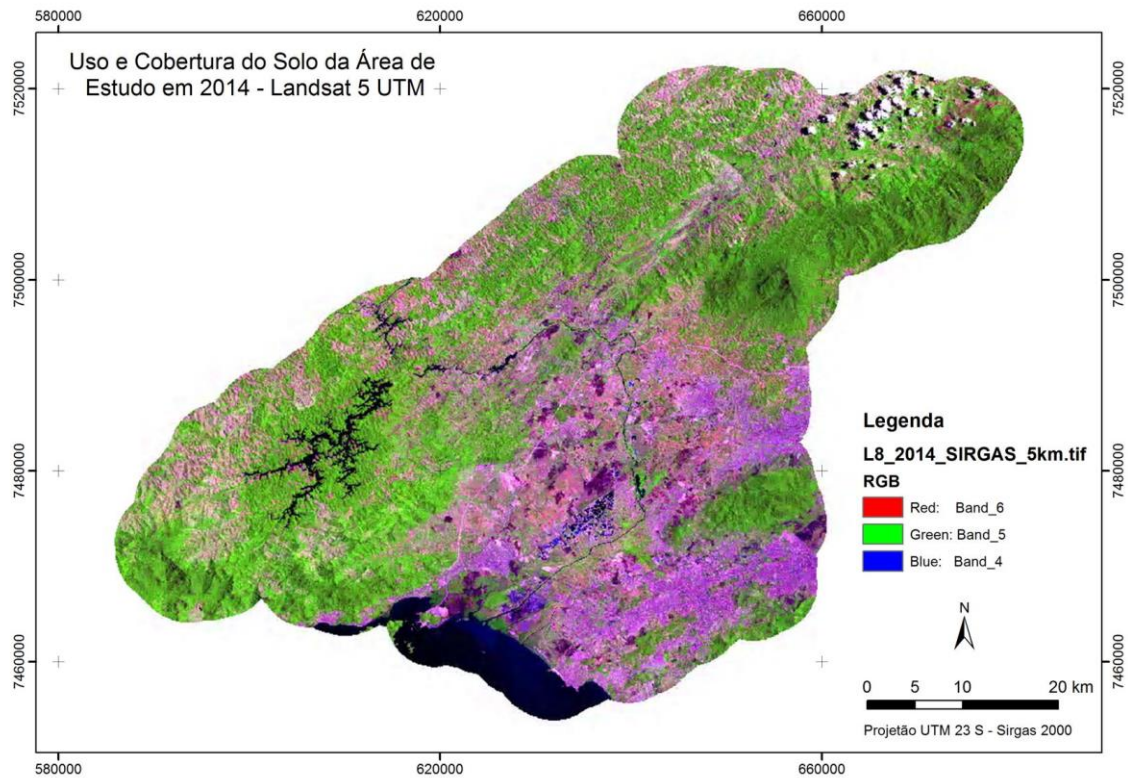


## 8. APÊNDICES









## 9. ANEXOS

ANEXO A – Exemplos de Leis, no âmbito Federal, referentes aos aspectos ambientais.

<b>Lei</b>	<b>Data</b>	<b>Descrição</b>
4.771	15/09/1965	Institui o Código Florestal
6.938	31/08/1981	Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências.
7.797	10/07/1989	Cria o Fundo Nacional de Meio Ambiente e dá outras providências
8.625	12/02/1993	Institui a Lei Orgânica Nacional do Ministério Público, dispõe sobre normas gerais para a organização do Ministério Público dos Estados e dá outras providências.
6.902	27/04/1981	Dispõe sobre a criação de Estações Ecológicas, Áreas de Proteção Ambiental e dá outras providências.
9.605	12/02/1998	Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.

ANEXO B – Exemplos de Decretos de Lei, no âmbito Federal, referentes aos aspectos ambientais.

<b>Decreto Lei</b>	<b>Data</b>	<b>Descrição</b>
97.632	10/04/1989	Dispõe sobre a regulamentação do Artigo 2º, inciso VIII, da Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, e dá outras providências.
99.274	06/06/1990	Regulamenta a Lei nº 6.902, de 27 de abril de 1981, e a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981, que dispõem, respectivamente sobre a criação de Estações Ecológicas e Áreas de Proteção Ambiental e sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, e dá outras providências.
3.179	21/08/1999	Dispõe sobre a especificação das sanções aplicáveis às condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências (revogado pelo Decreto nº 6.514, de 2008).

ANEXO C – Descrição dos principais Decretos Lei, no âmbito Estadual, referentes aos aspectos ambientais.

Decreto Lei	Data	Descrição
2.330	08/01/1979	Regulamenta, em parte, os Decretos Leis nº 39 de 21/03/1975 e 134 de 16/06/1975, pela instituição do Sistema de Proteção dos Lagos e Cursos d'água do estado do Rio de Janeiro.
9.991	05/06/1987	Cria o Conselho Estadual de Meio Ambiente, CONEMA.
21.287	23/01/1995	Reestrutura a Política Ambiental Estadual
31.178	03/03/2002	Institui o Comitê do Guandu
CONAMA 303	20/03/2002	Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação .

ANEXO D – Descrição das principais Leis, no âmbito Estadual, referentes aos aspectos ambientais.

Lei	Data	Descrição
650	11/01/1983	Dispõe sobre a Política Estadual de defesa e proteção das bacias fluviais e lacustres do Rio de Janeiro
1.060	10/11/1986	Institui o Fundo Estadual de Conservação Ambiental - FECAM e dá outras providências
2.575	19/06/1996	Acrescenta dispositivos à Lei nº 1.060 de 10/11/1986
3.239	02/08/1999	Institui a Política Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta a Constituição Estadual em seu Art. 261, § 1º, inciso VII e dá outras providências.
3.467	14/09/2000	Dispõe sobre sanções administrativas de condutas lesivas ao meio ambiente no estado do Rio de Janeiro e dá outras providências.

ANEXO E – Reservas Particulares do Patrimônio Natural de Tutela Federal na RH II.

<b>Nome</b>	<b>Município</b>
Reserva Porangaba	Itaguaí
Sítio Angaba	Itaguaí
Sítio Poranga	Itaguaí
Jornalista Antenor Novaes	Engenheiro Paulo de Frontein
Fazenda Cachoeirinha	Mangaratiba
Fazenda santa Izabel	Mangaratiba
Vale do Sossego	Mendes
CEC/Tinguá	Nova Iguaçu
Sítio Paiquerê	Nova Iguaçu
Fazenda Roça Grande	Rio Claro
Fazenda são Benedito	Rio Claro
Reserva Nossa Senhora das Graças	Rio Claro
Sítio Fim da Picada	Rio Claro
Céu do Mar	Rio de Janeiro
Reserva Ecológica Metodista Ana Gonzaga - CEMAG	Rio de Janeiro
Sítio Granja São Jorge	Rio de Janeiro

**Fonte:** Ministério do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>>

ANEXO F – Reservas Particulares do Patrimônio Natural de Tutela Estadual na RH II.

<b>Nome</b>	<b>Município</b>
Gotas Azuis	Seropédica
Santa Clara	Engenheiro Paulo de Frontein
Sete Flechas	Engenheiro Paulo de Frontein
Sítio Picada	Engenheiro Paulo de Frontein
Monte Alegre 1A	Miguel Pereira
Pouso Alto	Miguel Pereira
Reserva Gargarullo	Miguel Pereira
Sítio Monte Alegre 1B	Miguel Pereira
São Carlos do Mato Dentro	Piraí
Alvorada do Itaverá	Rio Claro
Fazenda Sambaiba	Rio Claro
Bicho Preguiça	Rio de Janeiro

**Fonte:** Ministério do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>>

ANEXO G – Áreas de Proteção Ambiental de Tutela Estadual e Municipal na RH II.

<b>Tutela</b>	<b>Nome</b>	<b>Município</b>
Estadual	APA de Mangaratiba	Mangaratiba
Estadual	APA de Gericinó/Mendanha	Nova Iguaçu, Rio de Janeiro
Estadual	APA do Alto Iguaçu	Nova Iguaçu
Estadual	APA do Rio Guandu	Rio Claro, Seropédica, Queimados, Japeri, Miguel Pereira, Piraí
Estadual	APA da Bacia Do Rio dos Frades	Rio de Janeiro
Estadual	APA de Sepetiba II	Rio de Janeiro
Municipal	APA da Pedra Lisa	Japeri
Municipal	APA Morro Agudo	Nova Iguaçu
Municipal	APA Ambiental Posse/Guarita	Nova Iguaçu
Municipal	APA da Orla Marítima da Baía de Sepetiba	Rio de Janeiro
Municipal	APA da Pedra Branca	Rio de Janeiro
Municipal	APA das Brisas	Rio de Janeiro

**Fonte:** Ministério do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>>



ANEXO H – Unidades de Conservação Federais e Estaduais na RH II.

<b>Tutela</b>	<b>Nome</b>	<b>Município</b>
Federal	Floresta nacional de Mário Xavier	Seropédica
Federal	Reserva Biológica do Tinguá	Nova Iguaçu
Estadual	Reserva Biológica de Araras	Miguel Pereira
Estadual	Reserva Biológica Estadual de Guaratiba	Rio de Janeiro

**Fonte:** Ministério do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>>

ANEXO I – Parques na RHII

<b>Tutela</b>	<b>Nome</b>	<b>Município</b>
Estadual	Parque Estadual Cunhambebe	Itaguaí, Mangaratiba, Rio Claro
Estadual	Parque Estadual do Mendanha	Nova Iguaçu, Rio de Janeiro
Estadual	Parque Estadual da Pedra Branca	Rio de Janeiro
Municipal	Parque Natural Municipal da Serra do Mendanha	Rio de Janeiro
Federal	Parque Nacional da Tijuca	Rio de Janeiro

**Fonte:** Ministério do Meio Ambiente, 2015. Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/>>