

Trabalho de Graduação

Curso de Graduação em Geografia

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE INDICADORES GEOAMBIENTAIS COMO
SUBSÍDIO AO PLANO DE GESTÃO AMBIENTAL – FLORESTA NACIONAL DE
IPANEMA-SP

DANIELLE BOCARDE

Prof. Dr. José Eduardo Zaine

Rio Claro (SP)
2012

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

DANIELLE BOCARDE

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE INDICADORES
GEOAMBIENTAIS COMO SUBSÍDIO AO PLANO DE GESTÃO
AMBIENTAL – FLORESTA NACIONAL DE IPANEMA – SP

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Rio Claro - SP
2012

DANIELLE BOCARDE

ANÁLISE MULTITEMPORAL DE INDICADORES
GEOAMBIENTAIS COMO SUBSÍDIO AO PLANO DE GESTÃO
AMBIENTAL – FLORESTA NACIONAL DE IPANEMA – SP

Trabalho de Graduação apresentado ao
Instituto de Geociências e Ciências Exatas -
Câmpus de Rio Claro, da Universidade
Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, para
obtenção do grau de Bacharel em Geografia.

Comissão Examinadora

José Eduardo Zaine (orientador)

Andréia Medinilha Pancher

Cristina Ap. Beneditti

Rio Claro, 07 de Dezembro de 2012.

Assinatura do(a) aluno(a)

Assinatura do(a) orientador(a)

DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, por todo carinho,
amizade e por parte de suas vidas dedicadas
à minha formação pessoal e profissional.*

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Neusa e Nilson, pelo amor incondicional, por toda dedicação e por acreditarem e apoiarem todos os meus sonhos e anseios, e por jamais me deixarem desistir.

Aos meus irmãos, Silvia e Flávio, por serem exemplos para eu seguir, e mesmo à distância, por estarem sempre ao meu lado, me dando forças para continuar.

Ao meu namorado Danilo, pelo apoio, amizade, paciência, amor, cumplicidade, dedicação e por me entender em todos os momentos. Sem tua ajuda nada disso seria realidade.

À minha querida amiga, Pâmella, por compreender minha ausência e compartilhar os momentos de alegria.

À toda minha família, pelo carinho e pela torcida.

Ao Prof. Dr. José Eduardo Zaine, pela amizade, orientação e correção deste trabalho.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho, aos órgãos e instituições, agradeço pela atenção e ajuda a mim dedicadas.

A Deus, agradeço pela vida.

“Um homem precisa viajar. Por sua conta, não por meio de histórias, imagens, livros ou TV. Precisa viajar por si, com seus olhos e pés, para entender o que é seu. Para um dia plantar as suas próprias árvores e dar-lhes valor. Conhecer o frio para desfrutar o calor. E o oposto. Sentir a distância e o desabrigo para estar bem sob o próprio teto. Um homem precisa viajar para lugares que não conhece para quebrar essa arrogância que nos faz ver o mundo como o imaginamos, e não simplesmente como é ou pode ser. Que nos faz professores e doutores do que não vimos, quando deveríamos ser alunos, e simplesmente ir ver”
(Amyr Klink)

RESUMO

O objetivo da presente pesquisa foi realizar uma análise multitemporal da paisagem da Floresta Nacional de Ipanema, localizada nos municípios de Iperó, Capela do Alto e Araçoiaba da Serra – SP, considerando os cenários de 1965, 2007 e 2011. A análise multitemporal, por meio de fotografias aéreas e de imagens orbitais, contribuiu para a contextualização e espacialização da evolução paisagística da área. Através da análise interpretativa das imagens, realizada por meio da classificação supervisionada, foram obtidos mapas temáticos da área, equivalente, aproximadamente, a 53 km². Por meio das técnicas de geoprocessamento, principalmente Sistemas de Informações Geográficas, foi possível a integração e manipulação dos dados, tanto espaciais quanto estatísticos, permitindo a análise integrada dos dados de toda a área da Floresta Nacional de Ipanema. Como resultado principal, verificou-se que a Floresta Nacional de Ipanema encontra-se em evolução da paisagem positiva, apresentando no período de 46 anos, o incremento de áreas de vegetação densa nativa. Aumentando de 7,1 km² da área total de vegetação densa em 1965, para 35,9 km² em 2011. De modo geral, foi possível perceber um cenário da paisagem bastante otimista em relação à evolução florestal da Unidade de Conservação.

Palavras Chaves: Análise Multitemporal. Floresta Nacional de Ipanema. Geoprocessamento. Sistemas de Informações Geográficas.

ABSTRACT

The objective of this research was to conduct an analysis of multitemporal landscape Ipanema National Forest, located in the municipalities of Iperó, Capela do Alto and Araçoiaba da Serra – São Paulo estate, Brazil, considering the scenarios of 1965, 2007 and 2011. The multitemporal analysis, using aerial photographs and satellite images, contributed to the contextualization and spatialization of the evolution of the landscape area. Through analysis interpretation of the images, performed by means of supervised classification were obtained thematic maps of the area, equivalent to approximately 53 km². Through geoprocessing techniques, especially Geographic Information Systems, it was possible the integration and manipulation of data, both spatial and statistical, allowing integrated analysis of data from the entire area of the National Forest of Ipanema. As the main result, we found that the Ipanema National Forest is in landscape evolution positive, with those 46 years examined the increase of native heavy foliage areas. Increasing from 7.1 km² of the total area of dense vegetation in 1965 to 35.9 km² in 2011. Overall, it was possible to realize a scenario landscape quite optimistic about the evolution of forest conservation area.

Key Words: Multitemporal analysis. Ipanema National Forest. Geoprocessing. Geographic Information Systems.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Estrutura geral de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)	25
FIGURA 2. Localização e vias de acesso - Floresta Nacional de Ipanema.	27
FIGURA 3. (A) Feição Geomorfológica Serra de Araçoiaba; (B) Foto panorâmica Serra de Araçoiaba.....	29
FIGURA 4. Mapa hipsométrico da Floresta Nacional de Ipanema – SP.....	30
FIGURA 5. (A) Contexto geológico; (B) Mapa geológico da Floresta Nacional de Ipanema.	31
FIGURA 6. Localização da área de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba.....	33
FIGURA 7. Fluxograma de etapas de trabalho.	35
FIGURA 8. Ajuste de realce de contraste. (A) Imagem sem realce e seu respectivo histograma. (B) Imagem realçada e seu respectivo histograma.	39
FIGURA 9. (A) Imagem pancromática CBERS-2B, sensor HRC. (B) Composição RGB (342) CBERS-2B, sensor CCD. (C) Fusão das imagens pancromática (HRC) e composição colorida (CCD).	40
FIGURA 10. Esquema de análise para definição das classes temáticas.....	42
FIGURA 11. Mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal - 1965	45
FIGURA 12. Mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal - 2007.	48
FIGURA 13. Mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal - 2011.	50
FIGURA 14. Distribuição das classes temáticas em relação à área total da Floresta Nacional de Ipanema.....	51
FIGURA 15. Mapa comparativo de uso da terra e cobertura vegetal - 1965 a 2011.	53
FIGURA 16. Mapa de declividade.	54
FIGURA 17. Mapa de distribuição espacial de áreas de vegetação densa para o período de 1965 a 2011.	56
FIGURA 18. Mapa de distribuição espacial de áreas agrícolas, pastagens e vegetação rasteira, período de 1965 a 2011.....	57

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Características de impactos ambientais.	18
TABELA 2. Características dos sensores a bordo do satélite CBERS-2B.....	21
TABELA 3. Características dos sensores a bordo do satélite GeoEye-1.....	22
TABELA 4. Dados climatológicos do clima Cwa	28
TABELA 5. Classes Hipsométricas e características de relevo	29
TABELA 6. Folha topográfica utilizada.	36
TABELA 7. Imagens utilizadas para a elaboração do trabalho.	36
TABELA 8. Classes de uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 1965.....	44
TABELA 9. Classes de uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 2007.....	47
TABELA 10. Classes de uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 2011.....	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASP	American Society of Photogrammetry
CBERS	Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres
CCD	High Resolution CCD Camera
CNUC	Cadastro Nacional de Unidades de Conservação
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DGI	Divisão de Geração de Imagens
FLONA	Floresta Nacional
GIS	Geographic Information System
HRC	High Resolution Camera
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Maxver	Máxima Verossimilhança
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MS	Multiespectral
PAN	Pancromática
PDI	Processamento Digital de Imagens
RGB	Red, Green and Blue
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
UC	Unidade de Conservação
UGRHI	Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos
UNESP	Universidade Estadual Paulista
USAF	United States Air Force
UTM	Universal Transverso de Mercator
WFI	Wide Field Imager

SUMÁRIO

1. Introdução	13
2. Problemática e justificativa	15
3. Objetivos.....	17
4. Revisão bibliográfica	17
4.1. Impactos ambientais	17
4.2. Sensoriamento remoto, fotogrametria e os satélites CBERS e GeoEye	19
4.2.1. Sensoriamento remoto.....	19
4.2.2. Satélite CBERS.....	20
4.2.3. Satélite GeoEye	21
4.2.4. Fotogrametria e fotointerpretação	22
4.3. Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográficas (SIG).....	23
4.4. Análise multitemporal	25
5. Caracterização da área de estudo.....	26
5.1. Localização e vias de acesso	27
5.2. Meio físico	28
5.2.1. Clima	28
5.2.2. Relevo e geomorfologia	28
5.2.3. Geologia	31
5.2.4. Pedologia.....	32
5.2.5. Hidrografia	32
5.3. Meio biótico	33
5.3.1. Vegetação.....	33
5.3.2. Reflorestamento.....	34
6. Metodologia.....	34
6.1. Levantamento cartográfico	35
6.2. Uso das técnicas de geoprocessamento	37
6.2.1. Pré-processamento das imagens.....	38
6.2.1.1. Georreferenciamento	38
6.2.1.2. Realce de contraste	38
6.2.1.3. Composição de bandas espectrais e fusão.....	40
6.2.2. Processamento das imagens	41
6.2.2.1. Classificação supervisionada.....	41
6.3. Confecção dos mapas temáticos.....	42

7. Resultados e discussões.....	43
7.1. Resultados da análise interpretativa dos mapeamentos.....	43
7.1.1. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal - 1965	43
7.1.2. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal - 2007	46
7.1.3. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal - 2011	48
7.2. Análise comparativa	50
8. Considerações finais	58
9. Referências bibliográficas.....	60

1. Introdução

Desde a Revolução Industrial, tinha-se um modelo, tanto social como econômico, fundamentado na transformação da natureza para subsidiar obras humanas, e consequentemente gerar lucros imediatos a sociedade.

Tendo em vista o acelerado desenvolvimento socioeconômico, a degradação dos recursos naturais se intensificou. Assim, o uso, ou melhor, a exploração dos recursos naturais reflete, hoje, em intensas degradações ao meio físico natural. Por meio de ações antrópicas, fenômenos como erosão, inundações, assoreamento de corpos d'água, entre outros desequilíbrios, podem atingir proporções consideráveis, fugindo do controle do próprio ser humano.

Devido a estes acontecimentos, na atualidade, é de extrema importância analisar essa dinâmica da sociedade no espaço e com o espaço geográfico, pois servirá de base para estudos de planejamento e monitoramento do meio, a fim de melhorar o espaço em que se vive.

Diante do exposto, justifica-se a mescla de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento na busca por informações sobre o espaço geográfico. Moura (2003) ressalta que:

O desafio, nos estudos geográficos, está em realizar um corte espaço-temporal para as análises, mas, ao mesmo tempo, não perder a noção de que a realidade é sistêmica e que está em constante mudança. Uma realidade percebida aqui e agora não é mais percebida em um momento seguinte ou em um outro espaço [...] E o sentido nos estudos geográficos está em caracterizar uma realidade espacial de modo a gerar subsídios para estudos de predições: as alterações e as implicações dessas intervenções. Uma metodologia para a realização desses estudos está na construção de modelos que, devidamente calibrados, podem chegar bem próximos da representação da realidade. O desafio é a construção de modelos que espelhem a dinâmica das mudanças, as relações sistêmicas e o papel dos diferentes componentes da teia ou rede de inter-relações. (MOURA, 2003, p. 35)

Tendo em vista a importância da preservação dos recursos naturais, a pesquisa propôs analisar uma área definida por lei como Unidade de Conservação (UC), a fim de verificar a preocupação efetiva com os recursos do meio.

Como medida de controle ao avanço frenético e desorganizado da ação antrópica, a Constituição Brasileira de 1988, no artigo 225, determina competência ao Poder Público, a definição das Unidades de Conservação, e entre estas estão as

Florestas Nacionais. Segundo a Lei Nº 9.985, de 18 de Julho de 2000 – Unidade de Conservação (UC) é o

espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção

Assim, Florestas Nacionais (FLONAS) são Unidades de Conservação de Uso Sustentável (BRASIL, 2000), que segundo a Constituição da República Federativa do Brasil, é uma área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas e tem como objetivo básico o uso múltiplo sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica, com ênfase em métodos para exploração sustentável de florestas nativas. É permitida a permanência de populações tradicionais que habitam a área, quando de sua criação, conforme determina o plano de manejo da unidade. A visitação pública é permitida, mas condicionada às normas especificadas no plano de manejo. (BRASIL, 2000).

A partir dessas considerações, neste estudo foi realizada uma análise multitemporal de geoindicadores. A análise de imagens orbitais e aerofotogramétricas de diferentes períodos é de extrema importância, uma vez que, contribui para a compreensão da evolução e dinâmica paisagística da área em questão. As informações dos geoindicadores tornam-se, também, de extremo mérito na construção dos planos de manejo e projetos de gestão e planejamento ambiental. Tem-se, portanto, a integração de técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto, através dos GIS (*Geographic Information System*) ou Sistemas de Informações Geográficas (SIG's), os quais se tornam ferramentas importantes na pesquisa, “pois permitem, por meio da análise de imagens de satélites e da modelagem de dados geográficos, a obtenção de informações rápidas e precisas em diferentes escalas de observação do espaço.” (KALISKI; FERRER; LAHM, 2010, p. 48).

O conceito de geoindicadores tem sido usado desde a década de 1970, quando era, principalmente, voltado à avaliação de recursos minerais. No entanto, atualmente, tem sido dada uma atenção especial, por estes serem de extrema importância aos estudos de impactos ambientais e também à pesquisas de riscos geológico-geomorfológicos.

De maneira geral, pode-se afirmar que os geoindicadores representam aspectos do ambiente, ou em outras palavras, resumem aspectos do estado do ambiente, e ainda a relação entre a ação antrópica e os recursos naturais. Portanto,

O reconhecimento e caracterização dos eventos responsáveis pelas mudanças na paisagem e nos processos naturais que podem resultar em degradação ambiental dependem do ambiente em estudo. Sendo assim, os geoindicadores a serem utilizados variam de caso a caso não só em função do interesse específico do estudo em desenvolvimento, mas também em função das características do ambiente avaliado e da dinâmica de seus processos. (TAVARES, *et al.*, 2007, p. 45)

Para a presente pesquisa, foram analisados geoindicadores de áreas de remoção da cobertura vegetal e/ou incremento das áreas de vegetação, uso e ocupação do solo, e os reflexos da progressão antrópica.

Além da contribuição para a compreensão da evolução e dinâmica paisagística da área, a análise multitemporal fornece, também, suporte para apontar possíveis planos de gestão, ou propostas de manejo, para a Unidade de Conservação (UC) em questão. (GIOTTO, 1981 *apud* KLEINPAUL *et. al*, 2009, p. 174).

2. Problemática e justificativa

Esta pesquisa focaliza a área da Floresta Nacional de Ipanema, instituída pelo Decreto n. 530 de 20 de maio de 1992. A Floresta Nacional abrange áreas dos municípios de Araçoiaba da Serra, Iperó e Capela do Alto, ambos no Estado de São Paulo, e que apresenta evidências de interferências humanas em seu meio natural, mesmo apresentando proteção a preservação dos recursos naturais sob a forma de Floresta Nacional.

Além de sua importância, tanto arqueológica como histórica, a FLONA de Ipanema conta com a cobertura de um dos principais remanescentes de Mata Atlântica do estado. No entanto, incêndios florestais têm ocorrido com relativa frequência e periodicidade, isso por estar em uma área considerada de risco, devido ao período de estiagem bem demarcado. Foram registrados 239 casos de incêndio entre os anos de 1993 e 2006, com 14% dos casos por consequência de limpeza de áreas para renovação de pastagem ou plantio agrícola, 2 % como consequência de

caça ilegal na Unidade de Conservação, e os 84% restantes das ocorrências de incêndio não tiveram suas causas determinadas (BRASIL, 2008).

Os principais problemas existentes hoje na área da Unidade de Conservação, segundo o Plano de Manejo elaborado em 2003, no geral, são decorrentes de obras realizadas na Unidade, sendo de destaque:

- Os gasodutos, que provocaram a movimentação de terra, causando a alteração do curso do rio Ipanema, e também erosões e assoreamento do leito;
- Os aceiros, que por finalidade útil são implantados a fim de impedir a propagação de incêndios, propiciando a formação de sulcos erosivos;
- As estradas internas, sendo que em algumas, podem ser verificadas a formação de sulcos erosivos; e
- As áreas de mineração, ativas ou não, que deram origem a passivos ambientais. Dentre estes destacam-se os escorregamentos num bota-fora da área pertencente à Holdercim afetando o Ribeirão do Ferro, e causando o estrangulamento de seu leito com conseqüente acúmulo de água e formação de lagoa.

Além destes passivos ambientais, a Floresta Nacional de Ipanema sofre, ao longo do tempo, com interferências antrópicas diretas, como o desmatamento para a implantação de agriculturas e pastagens.

Pensando a Geografia, como uma ciência que tem por objetivo o estudo do espaço, a distribuição espacial dos fenômenos e a interação homem – meio, o sensoriamento remoto, que pode ser definido, de uma maneira ampla, como o meio pelo qual se obtém informações e dados de um objeto ou alvo remotamente, contribui amplamente com a problemática encontrada na Unidade de Conservação.

Dentro deste contexto, a Análise multitemporal por meio de fotografias aéreas e imagens orbitais contribui com a contextualização e espacialização da evolução paisagística da área, além de fornecer apoio teórico na confecção de planos de manejo sustentável para as áreas de preservação, no caso, a Floresta Nacional de Ipanema.

A presente pesquisa se faz necessária, também, perante a deficiência encontrada na bibliografia de estudos referentes ao tema, e da inexistência desse tipo de mapeamento na região, ressaltando-se também, a oportunidade de avaliar a aplicabilidade da metodologia escolhida.

3. Objetivos

A presente pesquisa teve como objetivo fundamental analisar a evolução e a dinâmica paisagística da Floresta Nacional de Ipanema – SP, por meio da análise multitemporal de imagens, realizada através da identificação de mudanças em indicadores geoambientais, tais como: cobertura vegetal, uso e ocupação do solo, e corpos d'água.

O trabalho pode fornecer subsídios para a confecção de planos de gestão ambiental para a área em questão.

4. Revisão Bibliográfica

Neste capítulo foi realizado o levantamento bibliográfico sobre conceitos utilizados para a elaboração do trabalho, os quais são:

- Impactos ambientais;
- Sensoriamento remoto, satélites CBERS e GeoEye, fotogrametria e fotointerpretação;
- Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica, e
- Análise Multitemporal.

4.1. Impactos ambientais

Para compreender a abrangência do termo impactos ambientais, é, importante antes, conhecermos o significado do conceito de ambiente, pois é nele em que os impactos, sejam positivos ou negativos, ocorrem (MIRANDOLA-AVELINO, 2006, p. 17).

Moreira (1992) define meio ambiente em

o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica que permitem abrigar e reger a vida em todas as suas formas, ao analisar o meio ambiente depara-se com sua evolução natural que está sujeita às constantes transformações, podendo ser causadas por fenômenos naturais ou pela ação antrópica. As transformações e/ou alterações naturais se processam em escalas temporais que variam desde milhares de anos (os ciclos geológicos), centenas de anos (os processos erosivos e deposição de sedimentos), dezenas de anos (mudança de uso e ocupação de solo) até a poucos dias (as catástrofes naturais)” (MOREIRA, 1992)

Adotando o conceito de que meio ambiente é a interação entre os meios físico, biológico e sócio-econômico, pode-se, então, abordar o termo impacto ambiental, discutida pelo mesmo autor, como qualquer alteração provocada pela ação antrópica (MOREIRA, 1992). As alterações que podem ocorrer no meio ambiente, podem ser quantificadas e qualificadas, pois apresentam variações, positivas ou negativas, em diversas escalas, podendo ser diretas ou indiretas, temporárias ou permanentes, reversíveis ou irreversíveis.

Segundo o Artigo 1º da Resolução n.º 001/86 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), Impacto Ambiental é

"qualquer alteração das propriedades físicas, químicas, biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que afetem diretamente ou indiretamente:

- A saúde, a segurança, e o bem estar da população;
- As atividades sociais e econômicas;
- A biota;
- As condições estéticas e sanitárias ambientais;
- A qualidade dos recursos ambientais" (CONAMA, 1986)

A tabela 1 resume de maneira breve as possíveis características dos impactos ambientais.

TABELA 1. Características de impactos ambientais. Fonte: REIS, 2001.

Características de valor	
Positivas	Impacto benéfico, quando a ação resulta em melhorias ambientais.
Negativas	Impacto adverso, quando a ação resulta em danos à qualidade ambiental.
Características de ordem	
Impacto local	Quando a ação afeta apenas a área onde se realiza e suas imediações.
Impacto regional	Quando o efeito se propaga além das imediações onde se dá a ação.
Impacto estratégico	Quando o efeito afeta todo o sistema, sendo possível alcançar inúmeras outras áreas.
Características temporárias ou dinâmicas	
Impacto imediato	No instante em que se dá a ação.
Impacto a médio ou longo prazo	Decorrido certo tempo após a ação.
Impacto temporário	Permanece por um tempo determinado.
Impacto permanente	Os efeitos não cessam.

“Os impactos causados por fenômenos da natureza ocorrem, por exemplo, quando um raio cai em floresta e provoca um incêndio, contudo os mais graves impactos ambientais são aqueles causados por ação do homem” (MIRANDOLA-AVELINO, 2006), os impactos ambientais por ação antrópica mais expressivos atualmente são os de erosão, desmatamento, queimadas e poluição do ar.

4.2. Sensoriamento remoto, fotogrametria e os satélites CBERS e GeoEye

4.2.1. Sensoriamento remoto

Dentre as diversas definições existentes, Moraes (2002) define sensoriamento remoto “como um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com os mesmos”, ou seja, a aquisição dos dados reais dos objetos em superfície é obtida por meio de sensores remotos. O registro feito a partir dos sensores remotos se dá por atividades que envolvem detecção, aquisição e análise da energia eletromagnética (emitida ou refletida) pelos objetos, também denominada radiação eletromagnética (MORAES, 2002). Assim, pode-se incluir desde fotografias aéreas (bem como terrestres) até imagens geradas por meio de satélites orbitais.

A energia eletromagnética refletida e emitida pelos objetos resulta de propriedades físico-químicas e biológicas, sendo, portanto, “a base de dados para todo o processo de sua identificação, pois ela permite quantificar a energia espectral refletida e/ou emitida por estes, e assim avaliar suas principais características” (MORAES, 2002). Cada objeto, então, apresenta uma resposta espectral diferente de acordo com suas características.

Com o avanço tecnológico na área de sensores e o desenvolvimento e melhoria de técnicas computacionais, as imagens coletadas passam a ter mais qualidade, maior resolução espectral e temporal, somando, com isso, o interesse por parte de vários segmentos científicos. Na Geografia, as aplicações do sensoriamento remoto estão relacionadas ao estudo das modificações impostas ao meio pela atividade humana (MIRANDOLA-AVELINO, 2006), já que a análise visual de fotografias aéreas e imagens de satélite viabiliza soluções de complexos problemas ambientais (NEVES, 2007).

Apesar de o sensoriamento remoto ser uma atividade que permite a aquisição dos dados sem a necessidade de contato, o conhecimento da área de estudo é de suma importância, pois permite ao fotointérprete a vivência adequada para facilitar a identificação dos geoindicadores (NEVES, 2007)

Dois são os conjuntos utilizados como método para a análise das informações das imagens: a análise digital e a análise visual. Neste trabalho os dois métodos foram empregados.

4.2.2. Satélite CBERS

O satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres – CBERS, provém de uma parceria entre Brasil e China no setor técnico-científico espacial. O Programa CBERS contemplou, num primeiro momento, apenas dois satélites de sensoriamento remoto, CBERS-1 e 2, porém com o sucesso do lançamento e o perfeito funcionamento, ambos os governos decidiram expandir o acordo e incluir outros três satélites, CBERS 2B, CBERS-3 e 4, sendo que o CBERS-3 terá seu lançamento previsto para o fim de 2012 (INPE, 2012).

Para a presente pesquisa, foi utilizada imagem do satélite CBERS-2B lançado no dia 19 de setembro de 2007 e com operação até o começo do ano de 2010. O satélite CBERS-2B é composto por dois módulos. O primeiro acomoda os sistemas ópticos de três sensores:

- CCD – High Resolution CCD Camera, ou Câmera Imageadora de Alta Resolução;
- HRC - High Resolution Camera, ou Câmera Pancromática de Alta Resolução, e
- WFI – Wide Field Imager, ou Câmera Imageadora de Amplo Campo de Visada.

O outro módulo acomoda os equipamentos que asseguram o suprimento de energia, os controles, as telecomunicações e demais funções necessárias à operação do satélite (INPE, 2012).

A órbita do CBERS é heliossíncrona a uma altitude de 778 km com 14 revoluções por dia. O satélite cobre todo o globo terrestre em 26 dias, que é o tempo gasto para cobrir uma vez a Terra pelo sensor CCD. O WFI leva 5 dias para obter uma cobertura completa do globo e o sensor HRC, com uma sistemática especial de

imageamento, completaria apenas a cobertura de nosso país em cinco ciclos de 26 dias, ou seja, a cada 130 dias.

O sensor CCD gera imagens de 113 km de largura e resolução de 20 m, opera em cinco faixas espectrais, incluindo uma faixa pancromática. O sensor WFI fornece imagens com uma faixa de 890 km de largura com resolução espacial de 260m. Já o sensor utilizado neste trabalho, o HRC, opera numa única faixa espectral que cobre o visível e parte do infravermelho próximo, gera imagens de 27 km de largura com uma resolução espacial de 2,7 m, que permite a visualização de mais detalhes dos objetos da superfície.

A tabela 2 resume as principais características técnicas dos sensores do CBERS-2B.

TABELA 2. Características dos sensores a bordo do satélite CBERS-2B

Especificações	WFI	CCD	HRC
Bandas espectrais (μm)	0,63-0,69 (vermelho) 0,77-0,89 (infravermelho)	0,51-0,73 (pan) 0,45-0,52 (azul) 0,52-0,59 (verde) 0,63-0,69 (vermelho) 0,77-0,89 (infravermelho próximo)	0,50-0,80(pan)
Resolução espacial (m)	260	20	2,7
Largura da faixa imageada (km)	890	113	27
Resolução temporal	5 dias	26 dias com visada vertical	130 dias na operação proposta

4.2.3. Satélite GeoEye

O satélite GeoEye representa a evolução dos satélites OrbView, originalmente era de responsabilidade da empresa americana Orbimage. Em 2006, o controle dos satélites OrbView passou a ser feito pela Empresa GeoEye, com sede localizada na Virgínia (Estados Unidos). O satélite GeoEye-1 foi lançado em setembro de 2008 e ainda encontra-se em operação, com fornecimento de imagens direcionado aos serviços Google Earth e Google Maps. Está previsto para lançamento em 2013 o satélite GeoEye-2, o qual promete se tornar o satélite de maior resolução no mercado.

A órbita do GeoEye-1 é heliossíncrona a uma altitude de 684 km com tempo de duração de cada órbita de 98 min. O satélite cobre todo o globo terrestre em 3 dias (no máximo) tanto pelo sensor PAN quanto para o sensor MS. Ambos os sensores apresentam área imageada de 15,2 km de largura. Alcança 41 cm de resolução espacial no sensor pancromático (PAN) e 1,6 metros no sensor multiespectral (MS).

As principais características dos sensores do GeoEye-1 estão sintetizadas na tabela 3.

TABELA 3. Características dos sensores a bordo do satélite GeoEye-1

Especificações	PAN	MS
Bandas espectrais (μm)	0,45-0,80(pan)	0,45-0,51 0,51-0,58 0,65-0,69 0,78-0,92
Resolução espacial (m)	0,41	1,65
Largura da faixa imageada (km)	15,2	15,2
Resolução temporal	3 dias (no máximo)	3 dias (no máximo)

O satélite GeoEye-1, por meio de sua alta resolução espacial, é utilizado para mapeamentos, monitoramento e medição da Terra com alto nível de detalhes.

4.2.4. Fotogrametria e fotointerpretação

Segundo American Society of Photogrammetry – ASP

fotogrametria é a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes (ASP, 1979)

Assim, a aerofotogrametria (ou fotografia aérea) representa as fotografias do terreno que são tomadas por uma câmara de precisão montada em uma aeronave (TOMMASELLI, 2009).

Adjunta à fotogrametria está a fotointerpretação que objetiva principalmente “o reconhecimento e identificação de objetos e o julgamento do seu significado, a partir

de uma análise sistemática e cuidadosa de fotografias” (TEMBA, 2000). Ou seja, por meio de métodos e técnicas de análise de imagens é possível detectar, identificar e classificar elementos de interesse.

A fotogrametria associada à fotointerpretação é considerada por muitos estudiosos como um dos produtos mais importantes do sensoriamento remoto, pois apresentam melhor nível de detalhes registrando o momento e possibilitando atingir inúmeras finalidades (NEVES, 2007).

No processo de análise das imagens aéreas é imprescindível a percepção dos elementos de reconhecimento, que podem ser segundo Temba (2000):

- A forma, aliada ao reconhecimento de configurações e margens em geral;
- O tamanho dos objetos;
- O padrão, referente à combinação de detalhes ou à forma que são características de muitos objetos;
- A textura, frequência de mudança da rugosidade dentro de uma imagem,e
- A tonalidade, medida da quantidade relativa de luz refletida.

4.3. Geoprocessamento e Sistemas de Informação Geográfica (SIG)

Com o desenvolvimento da informática na segunda metade do século XX, armazenar e representar informações sobre a distribuição geográfica em ambiente computacional abre espaço para o surgimento do conceito de geoprocessamento, que pode ser entendido

como o conjunto de tecnologias que utilizam técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação espacial, sendo estas tecnologias categorizadas em: coleta (cartografia, sensoriamento remoto, GPS, topografia convencional, fotogrametria, levantamento de dados alfanuméricos), armazenamento (bancos de dados) e análise dos objetos e fenômenos onde a posição geográfica é importante e muitas vezes crítica (ARONOFF, 1989 apud IBGE, 2007).

O geoprocessamento é um campo moderno do conhecimento, e engloba áreas da cartografia digital, sensoriamento remoto, estatística ambiental e os chamados Sistemas de Informação Geográfica – SIG. Este último serve como ferramenta para o geoprocessamento e permite “análises complexas, ao integrar

dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados geo-referenciados” (CÂMARA et al., 2001).

Segundo o Câmara et al. (2001) resumidamente, o emprego do termo SIG

é aplicado para sistemas que realizam o tratamento computacional de dados geográficos e recuperam informações não apenas com base em suas características alfanuméricas, mas também através de sua localização espacial

No entanto, o termo SIG apresenta inúmeras definições, apresentadas à seguir:

- “Um conjunto manual ou computacional de procedimentos utilizados para armazenar e manipular dados georreferenciados” (ARONOFF, 1989 apud CÂMARA et al., 2001);
- “Conjunto poderoso de ferramentas para coletar, armazenar, recuperar, transformar e visualizar dados sobre o mundo real” (BURROUGH, 1986 apud CÂMARA et al., 2001);
- “Um sistema de suporte à decisão que integra dados referenciados espacialmente num ambiente de respostas a problemas” (COWEN, 1988 apud CÂMARA et al., 2001);
- “Um banco de dados indexados espacialmente, sobre o qual opera um conjunto de procedimentos para responder a consultas sobre entidades espaciais” (SMITH et al., 1987 apud CÂMARA et al., 2001).

Com base nessas definições, pode-se notar a variedade de visões e usos possíveis dos Sistemas de Informação Geográfica, denotando o caráter multidisciplinar desta tecnologia. Com base nos conceitos abordados, é possível destacar as principais características dos SIG's que segundo CÂMARA et al. (2001):

- Permitem inserir e integrar, numa única base de dados, informações espaciais provenientes de dados cartográficos, dados censitários e cadastro urbano e rural, imagens de satélite, redes e modelos numéricos de terreno;
- Oferecem mecanismos para combinar as várias informações, através de algoritmos de manipulação e análise, bem como para consultar, recuperar, visualizar e plotar o conteúdo da base de dados georreferenciados.

A figura 1 mostra de maneira sucinta os principais componentes de um ambiente SIG.

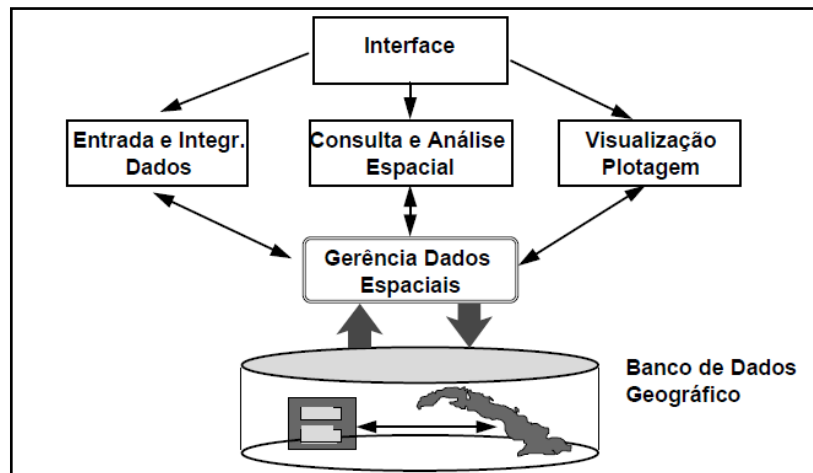


FIGURA 1. Estrutura geral de Sistemas de Informação Geográfica (SIG)
Fonte: CÂMARA et al., 2001.

Novamente parafraseando Moura (2003)

O desafio, nos estudos geográficos, está em realizar um corte espaço-temporal para as análises, mas, ao mesmo tempo, não perder a noção de que a realidade é sistêmica e que está em constante mudança. [...] E o sentido nos estudos geográficos está em caracterizar uma realidade espacial de modo a gerar subsídios para estudos de predições (MOURA, 2003, p. 35)

Assim, os SIG's vêm auxiliar o campo da Geografia, pois

Constituem-se em um instrumento eficaz para o gerenciamento de recursos naturais, uma vez que incorporam elementos fundamentais ao manuseio de informações espaciais. As operações com entidades geográficas, realizadas pelos SIG, envolvem desde complexas funções de interligação de dados espaciais a seus atributos, até simples operações [...] Por intermédio deste manuseio, os SIGs aumentam as prioridades do planejador ambiental, umas das funções da pesquisa geográfica, que consistem em traçar caminhos e eleger prioridades factíveis com a visão holística e sistêmica do meio, proporcionando um desenvolvimento ecologicamente equilibrado (FONTES; SOUZA, 1997)

4.4. Análise Multitemporal

O termo temporal em seu sentido amplo é conceituado como “qualidade do que é provisório”, ou seja, a análise multitemporal pode ser definida como a investigação da evolução de determinado(s) objeto(s) em diferentes períodos de tempo, como por exemplo, o monitoramento da evolução dos desmatamentos, crescimento urbano, monitoramento agrícola, e outras aplicações.

A análise de imagens de satélite e aerofotos trabalhadas por técnicas de geoprocessamento e apresentadas sob formato de mapas temáticos, permitem avaliar as mudanças ocorridas nas áreas analisadas e, portanto,

a obtenção destes mapas temporais da cobertura da terra nos permite identificar a dinâmica da paisagem, bem como avaliar os rumos tomados pela sociedade no que diz respeito ao crescimento econômico e à exploração dos recursos naturais (TORRES, 2011)

A análise multitemporal contribui, então, para a compreensão do histórico de evolução da paisagem, além de fornecer suporte ao manejo da área analisada (TORRES, 2011).

5. Caracterização da área de estudo

Em 1810 foi criada a Real Fábrica de Ferro de São João de Ipanema, às margens do Rio Ipanema, dando origem a então chamada Fazenda Ipanema. Mais tarde esse seria o nome adotado para a Floresta Nacional de Ipanema.

Com uma área de aproximadamente 5.069,73 ha, a Floresta Nacional de Ipanema abrange os municípios de Iperó, Capela do Alto e Araçoiaba da Serra (todos no Estado de São Paulo).

A FLONA de Ipanema é uma das poucas áreas, do interior paulista, de expressiva cobertura florestal, e mesmo com notáveis perturbações ao longo de sua história, a Floresta conta hoje com a maior biodiversidade da região. A área da floresta é composta por ambientes fragmentados, que podem variar de acordo com o tipo de solo, altitudes, regiões aluviais, afloramentos rochosos e intervenções humanas.

De acordo com o Plano de Manejo da Floresta Nacional de Ipanema (2003), o uso do solo pode ser dividido em:

- 2800 ha de Floresta Estacional Semidecidual em estágio de regeneração do inicial ao tardio;
- 295,16 ha de capoeira alta (grotões) e cerrado;
- 242,93 ha de capoeira baixa;
- 250 ha de várzea, açudes e represas;
- 221,50 ha de reflorestamento com espécies de crescimento rápido e nativas;
- 1210,14 ha de assentamentos rurais;
- 50 ha para sede administrativa, vilas, residências e sítios históricos.

5.1. Localização e vias de acesso

A área compreendida pelo presente trabalho abrange a Floresta Nacional de Ipanema, localiza-se na região sudeste do Estado de São Paulo. A maior parte da FLONA encontra-se no município de Iperó (na Região Administrativa de Sorocaba), e apenas uma pequena parcela, a sudoeste, no município de Capela do Alto, e ao sul, no município de Araçoiaba da Serra, também inseridos na Região Administrativa de Sorocaba.

A área abrange a parte inferior central da Folha Topográfica de Boituva (SF-23-Y-C-I-4), na escala 1:50.000, do IBGE, entre as coordenadas geográficas 23°25' e 23°28' S e 47°33' e 47°40' W.

Conforme o Cadastro Nacional de Unidades de Conservação (CNUC) do Ministério do Meio Ambiente (MMA), a FLONA abrange uma área territorial de aproximadamente 53,85 km², com altitudes compreendidas entre 550 e 971 metros acima do nível do mar, e a Serra de Araçoiaba como o grande destaque na paisagem da região.

Está cerca de 120 km da capital Paulista, e aproximadamente 20 km de Sorocaba, o maior centro urbano próximo a área. Tem como principais vias de acesso duas rodovias, a Rodovia Presidente Castello Branco (SP-280) e a Rodovia Raposo Tavares (SP-270).

A Figura 2 apresenta a localização e vias de acesso da Floresta Nacional de Ipanema – SP.

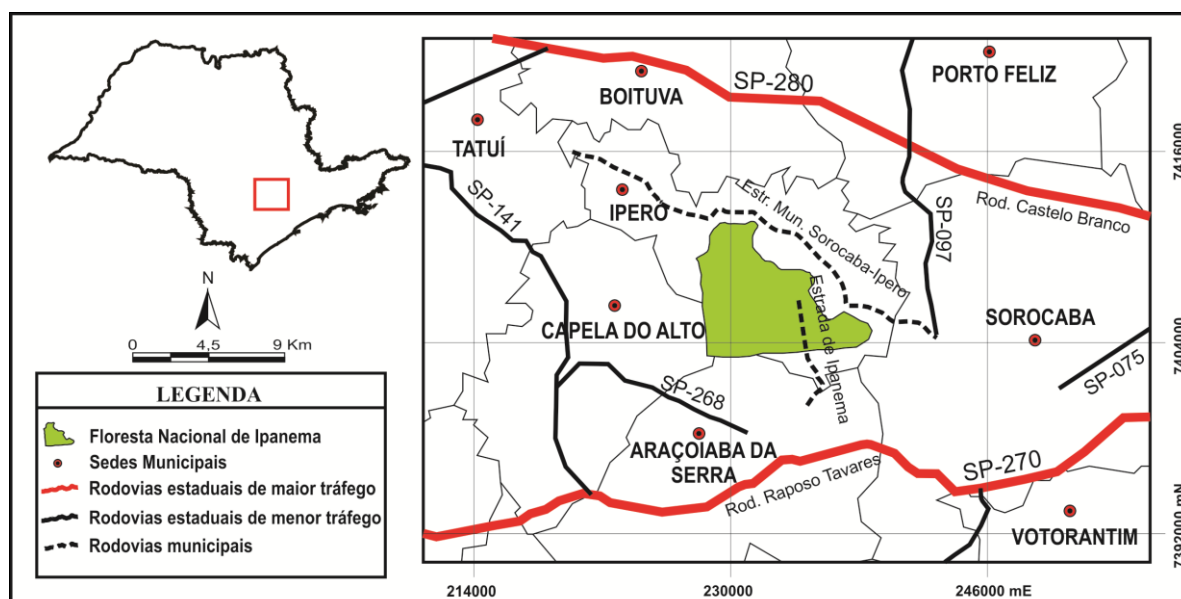


FIGURA 2. Localização e vias de acesso - Floresta Nacional de Ipanema.

5.2. Meio Físico

5.2.1. Clima

A Floresta Nacional de Ipanema é cortada, ao sul de sua área, pelo Trópico de Capricórnio, ou seja, uma zona de transição de clima tropical para clima temperado. Apresenta precipitação média anual de 1.400 mm, com mínimo de 800 mm e máximo de 2.200 mm.

O clima da região, segundo a classificação de Köppen, apresenta condições do tipo Cfa (ao sul) e Cwa (ao norte), onde:

- Cfa: é caracterizado pelo clima subtropical quente e, constantemente úmido, com ocorrência de precipitação em todos os meses do ano, e com inverno menos seco. As temperaturas estão entre máximas superiores a 22°C e mínimas inferiores a 18°C;
- Cwa: é caracterizado pelo clima tropical de altitude, com inverno mais seco e chuvas no verão. A temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C. Na tabela 4, a distribuição mensal das temperaturas médias e precipitação.

TABELA 4. Dados climatológicos do clima Cwa

Dados climatológicos													
Mês	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Ano
Temperatura Máxima Média (°C)	29,9	30,0	29,6	27,6	25,5	24,3	24,5	26,5	27,3	28,1	28,9	29,0	27,6
Temperatura Mínima Média (°C)	18,6	18,8	18,0	15,3	12,6	11,0	10,4	11,7	13,7	15,4	16,4	17,8	15,0
Precipitação (mm)	226,4	165,0	141,0	58,8	69,5	56,1	39,2	36,0	74,0	116,0	116,3	190,3	1288,6

Fonte: Cepagri.

5.2.2. Relevo e Geomorfologia

Inserida dentro da região da Depressão Periférica Paulista, a área da Floresta Nacional de Ipanema encontra-se na Zona do Médio Tietê, onde predominam colinas médias com morrotes alongados e espigões (BRASIL, 2003).

As altitudes predominantes na área estão entre 500 e 650 m, com declividade entre 5 e 10 %. A exceção é a Serra de Araçoiaba, que alcança altitudes de até 971 m acima do nível do mar (Figura 3). A serra está a mais de 300 m acima das áreas adjacentes, formando relevo de Morros com Serras Restritas (BRASIL, 2003).

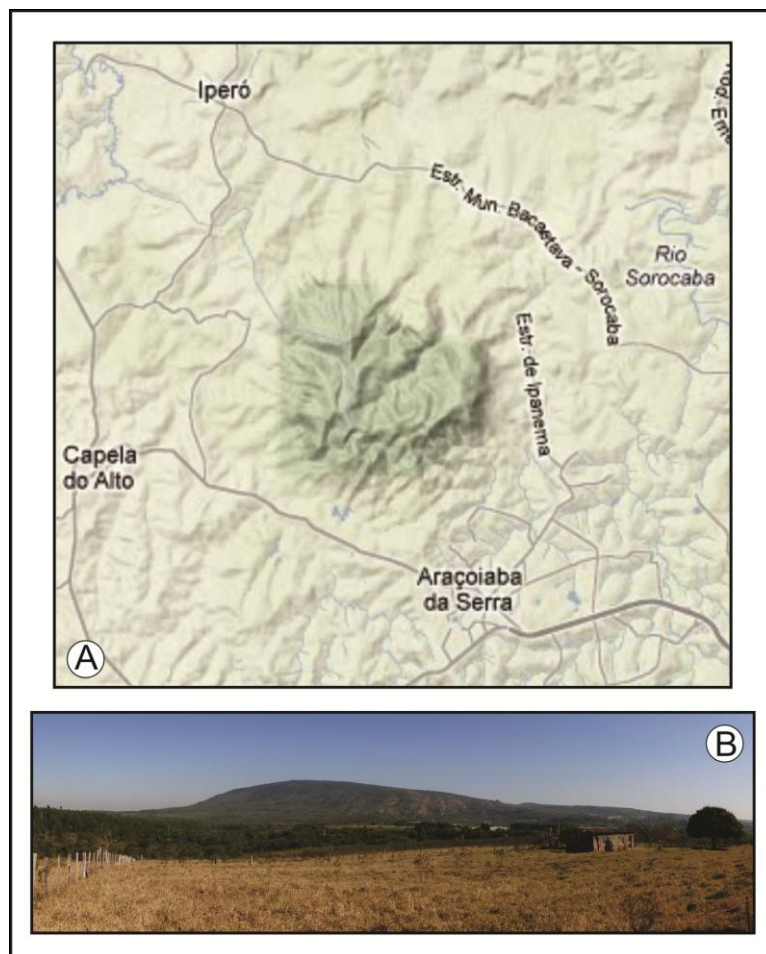


FIGURA 3. (A) Feição Geomorfológica Serra de Araçoiaba; (B) Foto panorâmica Serra de Araçoiaba.

O relevo da Unidade de Conservação pode ser dividido em quatro classes hipsométricas como mostra a Tabela 5, e verificado no mapa hipsométrico (Figura 4).

TABELA 5. Classes Hipsométricas e características de relevo

Classes Hipsométricas	Característica
Até 600 m	Várzea dos principais rios (como o Verde e Ipanema) e onde os declives são mais suaves.
600 a 725 m	Base das serras, com declives mais acentuados (medianos) e onde se encontram várias nascentes de rios, principalmente os intermitentes.
725 a 875 m	Próxima ao topo dos morros, onde ocorrem declives mais acentuados e onde se encontram rios encaixados entre as vertentes (como o Ribeirão do Ferro).
Acima de 875 m	Topo da Serra Araçoiaba, geralmente com platôs e declives suaves / medianos.

Fonte: BRASIL, 2003.

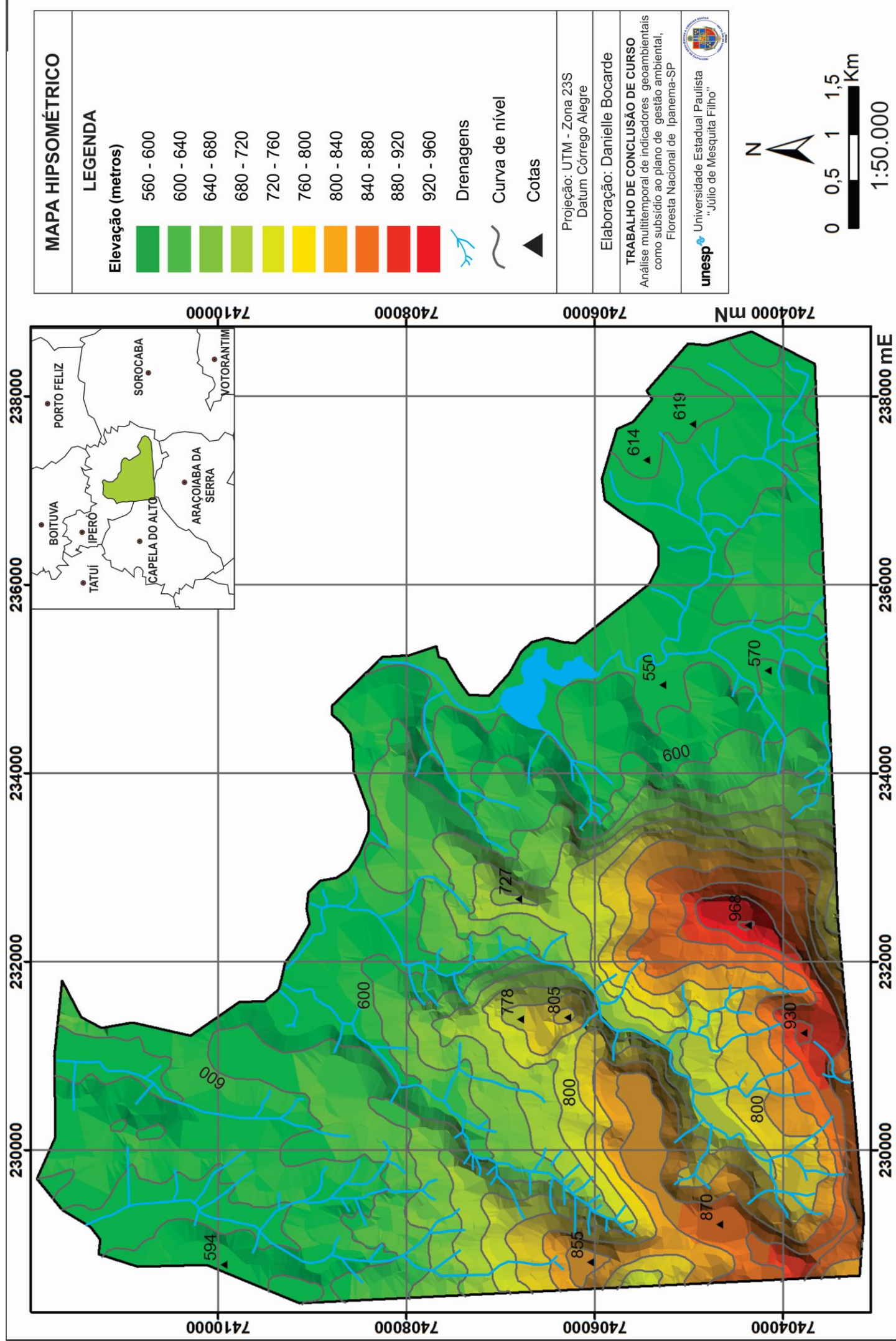


FIGURA 4. Mapa hipsométrico da Floresta Nacional de Ipanema – SP.

5.2.3. Geologia

A área de estudo está inserida na borda leste da Bacia Sedimentar do Paraná, aflorando rochas do Grupo Tubarão, que circundam a área de estudo, caracterizada pelo relevo suave gerado por ambientes de rochas sedimentares, e contraposto pelo relevo acentuado modelado por um evento de intrusão alcalina (130 +/- 9,5 m.a.) (SONOKI; GARDA, 1988), que expõe rochas pré-cambrianas do embasamento cristalino como metassedimentos do Grupo São Roque, anfibolitos e granitos, gerando estrutura dômica (Figura 5) marcante, denominado “Domo de Araçoiaba”, feições geológicas anômalas que se destacam na paisagem.

Segundo Davino (1975) os litotipos mapeados na área se dividem em dois contextos geológicos, sendo: Bacia do Paraná e Embasamento cristalino. O primeiro é caracterizado por arenitos arcossianos e tilitos com intercalações conglomeráticas e silto-argiloso dentro do Grupo Tubarão, seguido por intrusões alcalinas compostas por glimeritos e shonkinitos (TOLEDO; SOUZA, 1991). O embasamento é composto por filitos prateados, quartzitos e micaxistos do Grupo São Roque, além de granitos e anfibolitos (DAVINO, 1975).

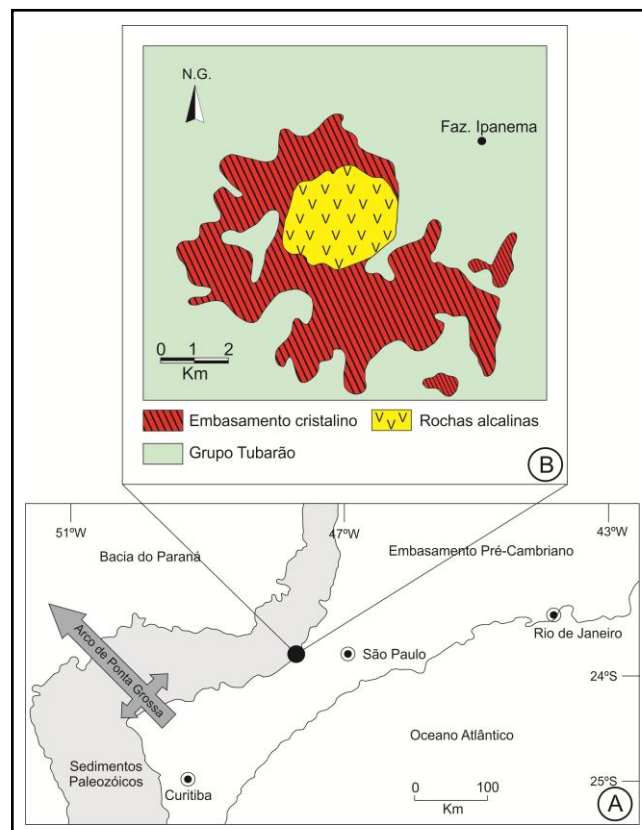


FIGURA 5. (A) Contexto geológico; (B) Mapa geológico da Floresta Nacional de Ipanema.

5.2.4. Pedologia

O desenvolvimento do solo é produto da interação entre o substrato rochoso, processos intempéricos (clima), padrões de relevo e cobertura vegetal. Fávero *et al.* (2004) constata que na área de estudo existem, basicamente, quatro ordens de solo: latossolo vermelho escuro, solo podzólico amarelo, litossolo e solos aluviais e hidromórfico, e que são caracterizados, pelo mesmo autor, como segue:

- a) Latossolo vermelho escuro: oriundos de gnaisses e outras rochas metamórficas, além de granitos; abrangem 23% da área da Flona; é caracterizado pela textura média e argilosa, com drenagem variando de moderada a boa, geralmente são profundos e com transição suave entre horizontes.
- b) Solo podzólico amarelo: originado pela alteração de arenitos; abrange 22% da área de pesquisa; é caracterizado pela textura média a arenosa, perfil de alteração profundo e transição suave entre horizontes.
- c) Litossolo: possui horizonte A diretamente sobre a rocha sã, gerando perfis de alteração pouco espessos, associados a exposições rochosas. Este fator se deve a maior declividade da área (serra) que movimenta o produto de alteração onde o perfil se instalaria. Compõe cerca de 38% dos solos da FLONA.
- d) Solos aluviais e hidromórficos: solos de origem fluvial, depositados sob bacias de acumulação ao longo dos rios, normalmente apresentando excesso de água e ocupando cerca de 15% da área de estudo.

5.2.5. Hidrografia

A Floresta Nacional de Ipanema está inserida na bacia hidrográfica do rio Sorocaba (Figura 6), e, portanto, na Unidade de Gerenciamento dos Recursos Hídricos (UGRHI) nº 10 – Sorocaba/Médio Tietê, mais precisamente nas sub-bacias do rio Ipanema e ribeirões Iperó e do Ferro.

O rio Ipanema, afluente do rio Sorocaba, nasce dos contrafortes do Morro de Ipanema, também conhecido como Morro de Araçoiaba. Deste mesmo morro, em sua parte central, nascem alguns riachos, sendo o mais significativo o Ribeirão do Ferro, afluente do rio Ipanema (FÁVERO *et al.*, 2004).

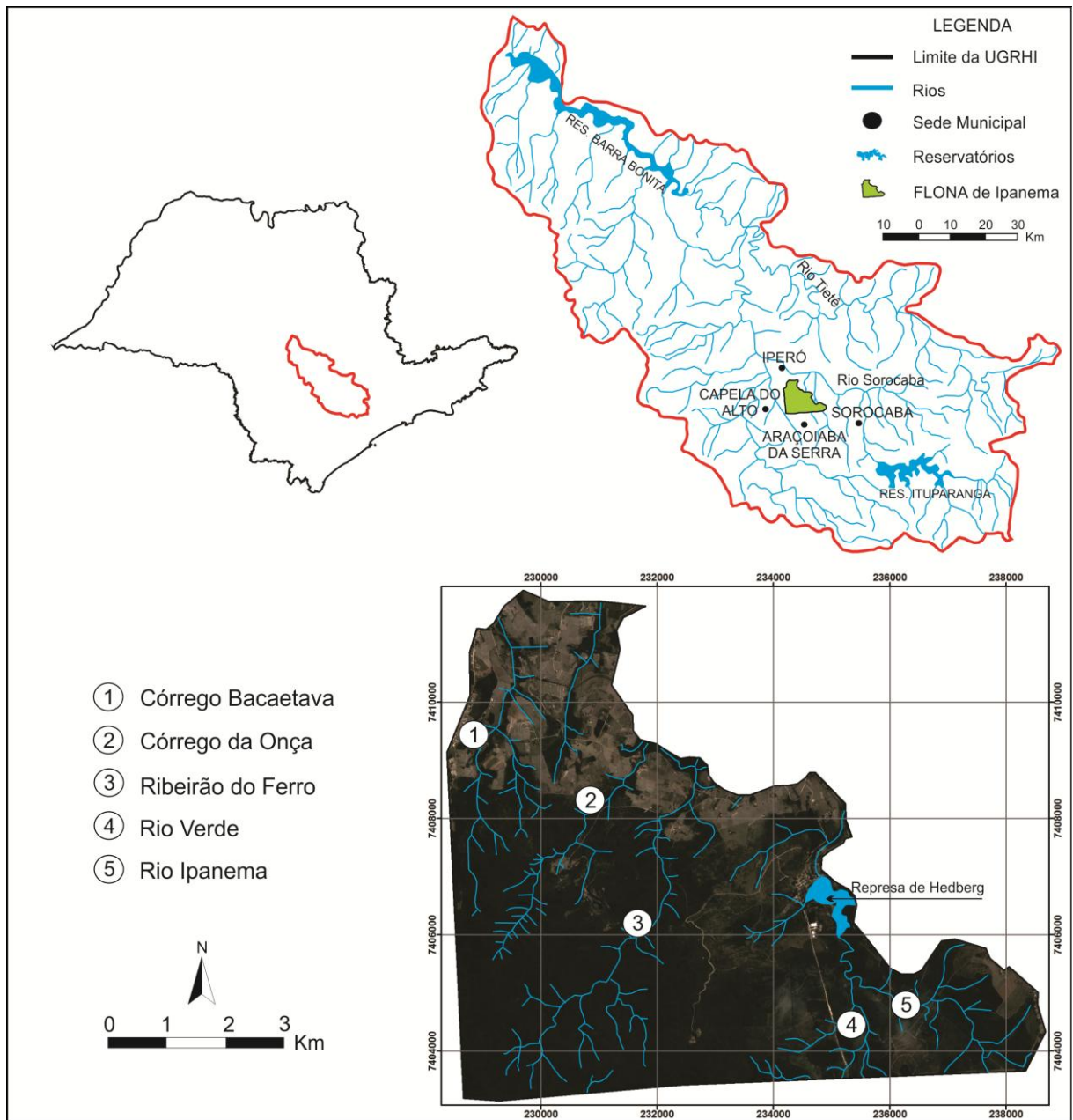


FIGURA 6. Localização da área de estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Sorocaba.

5.3. Meio Biótico

5.3.1. Vegetação

Segundo Fávero et al., (2004), a área da Floresta Nacional de Ipanema localiza-se em uma Área de Tensão Ecológica, onde apresenta contatos entre Savana e Floresta Ombrófila.

Albuquerque e Rodrigues (2000), assim como Fávero et al., (2004), caracterizam a região da Floresta Nacional de Ipanema “como uma região

fitogeograficamente ecotonal, com influência das florestas Estacionais, ao Norte e Sul, das florestas Ombrófilas (Densa e Mista) ao Leste e ao Sul e das formações savânicas a Oeste” (ALBUQUERQUE; RODRIGUES, 2000, p. 152).

Tem como matriz a floresta Estacional Semidecidual, mas recebe influência do Cerrado, “na forma de manchas na região, nas áreas de interflúvio e também de floresta Ombrófila Densa e Mista em micro-habitats bem definidos” (ALBUQUERQUE; RODRIGUES, 2000, p. 154).

A vegetação da Floresta Nacional de Ipanema apresenta áreas com características fitofisionômicas distintas, com a vegetação de sopé e vegetação do topo do morro diferindo entre si, “possivelmente pelas diferentes intensidades de perturbações e pelo microclima que deve ser gerado pela própria formação do Morro, assim como pela sua disposição” (ALBUQUERQUE; RODRIGUES, 2000, p. 156).

Existem, ainda, áreas extensas exibindo fisionomias diferentes devido, principalmente, a incêndios florestais esporádicos. Essas áreas apresentam estágios de sucessão variados que vão desde a abundância de plantas herbáceas, gramíneas, um considerável elenco de lianas, algumas árvores que resistiram à ação do fogo até a ocorrência de algumas espécies arbóreas com característica de pioneirismo (BRASIL, 2003).

5.3.2. Reflorestamento

Existem 14 talhões que totalizam 203,3 ha reflorestados com diversas espécies de *Eucalyptus* (*E. camaldulensis*, *E. urophylla*, *E. citriodora*) e 1 talhão de 18,2 ha com a finalidade de implantar porta sementes de espécies nativas (Pau Brasil, Ipê Amarelo e Jequitibá Vermelho). Há ainda, pequenas áreas reflorestadas com espécies nativas, fruto das atividades de educação ambiental (BRASIL, 2003).

6. Metodologia

Durante toda a pesquisa, foi realizado tanto levantamentos bibliográficos, como de dados estatísticos e cartográficos, que serviram de base para responder aos questionamentos levantados durante todo o processo de estudo. Tais dados foram consultados junto aos órgãos e entidades públicas.

A metodologia aplicada neste trabalho é fundamentada em técnicas de geoprocessamento de imagens, que constantemente são aperfeiçoadas e amplamente utilizadas em meio científico. Portanto, para a análise multitemporal foram desenvolvidas atividades teóricas e práticas, no que diz respeito à ciência de sensoriamento remoto e outros temas correlacionados.

As técnicas aplicadas vão desde a criação de um banco de dados georreferenciado até a elaboração de mapas temáticos como produtos finais, os quais foram originados a partir da análise e da integração dos dados em um ambiente SIG. Como mostrado na Figura 7, o fluxograma apresenta, resumidamente, as etapas para a elaboração dos mapas finais.

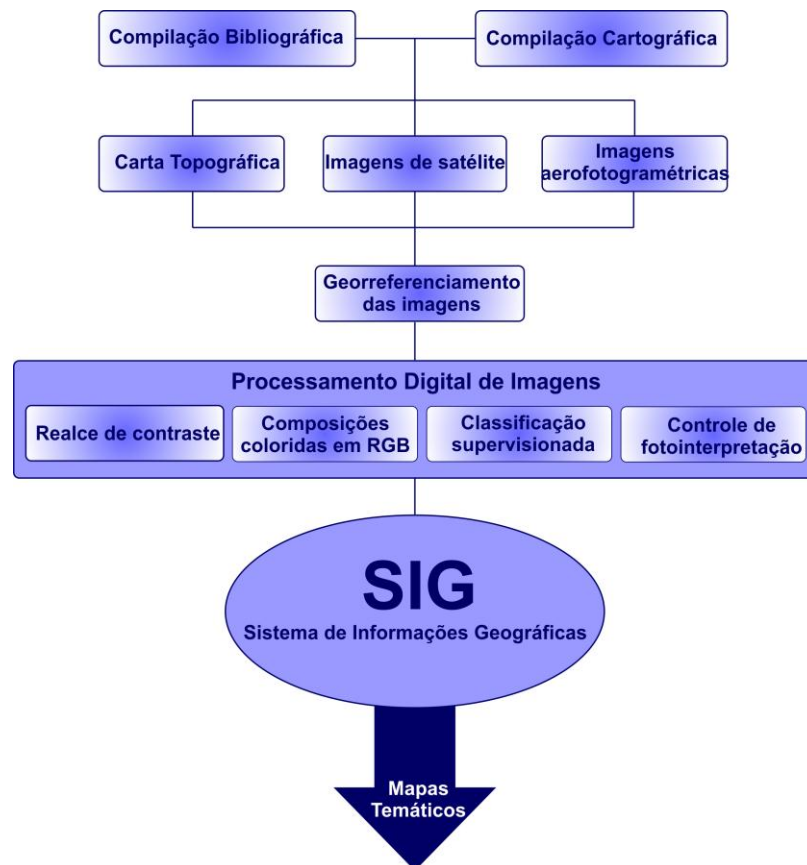


FIGURA 7. Fluxograma de etapas de trabalho.

6.1. Levantamento Cartográfico

Para a organização e elaboração do Banco de Dados digital foi utilizado, basicamente o software *ArcGis 9.3*.

O sistema de projeção adotado para o georreferenciamento foi o sistema de coordenadas Universal Transverso de Mercator (UTM), zona 23S, datum Córrego Alegre.

A base cartográfica foi elaborada a partir de carta topográfica do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, na escala 1:50.000. Na tabela 6 estão os detalhes da folha utilizada.

TABELA 6. Folha topográfica utilizada.

Folha	Nomenclatura	Ano
Boituva	SF-23-Y-C-I-4	1979

Já em formato digital, a carta topográfica foi georreferenciada, corrigindo as incoerências relativas a posicionamento. Da carta foram extraídos:

- Limite da área da Unidade de Conservação;
- Malha viária;
- Malha ferroviária;
- Rede de drenagem: córregos, rios, lagos e represas; e
- Curvas de nível.

Para a elaboração da pesquisa foram utilizadas, tanto imagens aerofotogramétricas, como imagens orbitais. Resumidamente, a tabela 7 apresenta as características das imagens utilizadas.

TABELA 7. Imagens utilizadas para a elaboração do trabalho.

Ano	Tipo	Informações
1965	Aerofotogrametria	Levantamento aéreo USAF – 1964 a 1967. Fotos 39311 e 39312 (rolo 311 e linha 107C) datam de 29 de maio de 1965; foto 49468 (rolo 364 e linha 106E) de 13 de julho de 1965.
2007	Orbital	Satélite CBERS 2B, e sensor HRC (câmera pancromática de alta resolução)
2011	Orbital	Satélite GeoEye-1, e sensor MS (multiespectral)

O aerolevantamento referente ao ano de 1965, na escala 1:60.000, foi adquirido junto ao Laboratório de Fotogeologia, da Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Campus de Rio Claro, e convertido para ambiente digital por meio de scanner com resolução de 600 *pixels* por polegada. Para a área da Floresta Nacional de Ipanema foram utilizadas três imagens aerofotogramétricas, correspondentes ao levantamento aéreo da *United States Air Force* – USAF, de 1965 a 1967, projeto AF-63-22. As fotografias aéreas utilizadas foram: 39311, 39312 e 45468, sendo as duas primeiras do rolo 311, linha 107C da foto índice 5266, e por último, a foto 49468 pertence ao rolo 364, linha 106E, também da foto índice 5266.

As imagens referentes aos anos de 2007 e 2011 são do tipo orbital e foram adquiridas, respectivamente, junto ao catálogo de imagens da Divisão de Geração de Imagens (DGI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e por meio do *Software Google Earth*.

A primeira imagem, do ano de 2007, corresponde ao sensor HRC -Câmera Pancromática de Alta Resolução, do satélite CBERS-2B, lançado em setembro de 2007, na China. A imagem de 2011 corresponde ao sensor Multiespectral (MS) do satélite GeoEye-1, lançado em setembro de 2008.

6.2. Uso das técnicas de geoprocessamento

A segunda etapa corresponde ao emprego das técnicas de geoprocessamento que permitiu a análise dos geoindicadores em etapa posterior. Nesta etapa foram utilizadas ferramentas de Sistema de Informação Geográfica (SIG) e processamento digital de imagens (PDI).

As imagens selecionadas foram submetidas a um pré-processamento, que corresponde às técnicas de georreferenciamento, realce de contraste e composição de bandas espectrais (no caso das imagens CBERS), e em seguida submetidas ao processamento digital (PDI) propriamente dito.

6.2.1. Pré-processamento das imagens

6.2.1.1. Georrefenciamento

O processo de georreferenciamento, tanto das fotografias aéreas, carta topográfica e imagens orbitais, foram realizados por meio do *software ArcGis 9.3*. A ferramenta utilizada para o processo de georreferenciamento das imagens foi “Georeferencing tools”, onde foram selecionados pontos de controle ao longo de toda a área de cada imagem e ajustados às coordenadas reais.

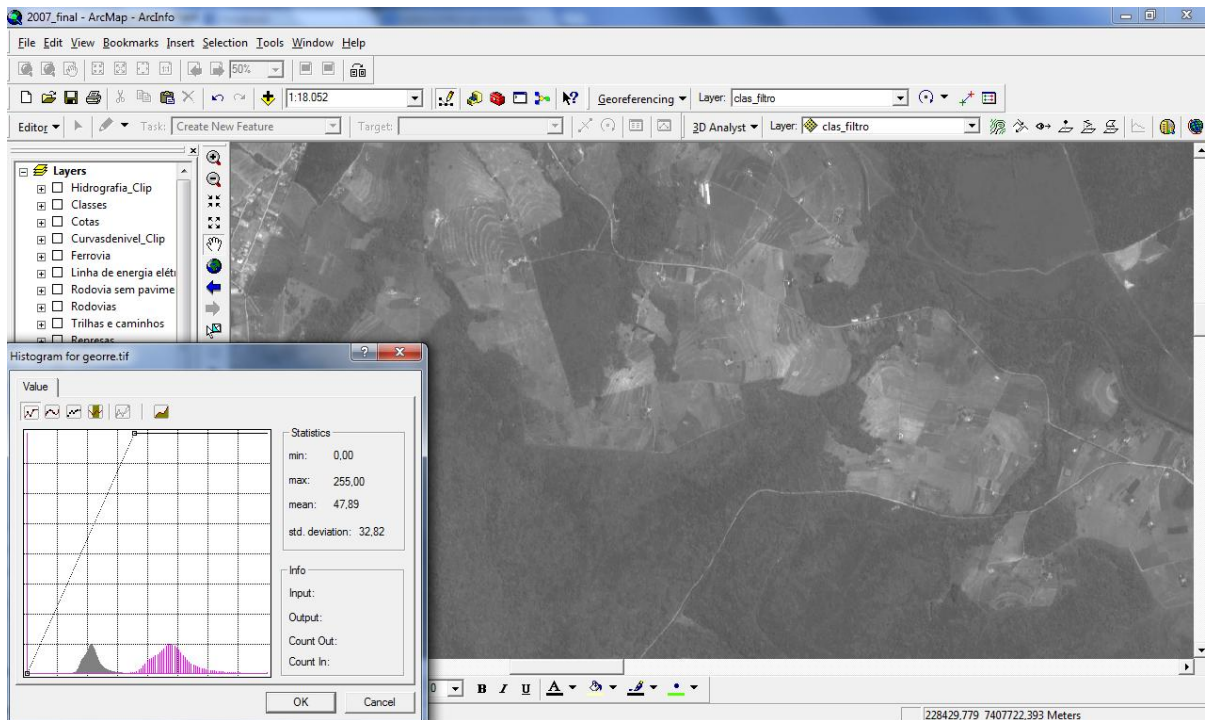
Foram selecionados no mínimo 10 pontos de controle em cada imagem, fazendo com que os erros obtidos nos ajustes fossem reduzidos. A base para o georreferenciamento das imagens foi a folha topográfica Boituva na escala 1:50.000.

6.2.1.2. Realce de Contraste

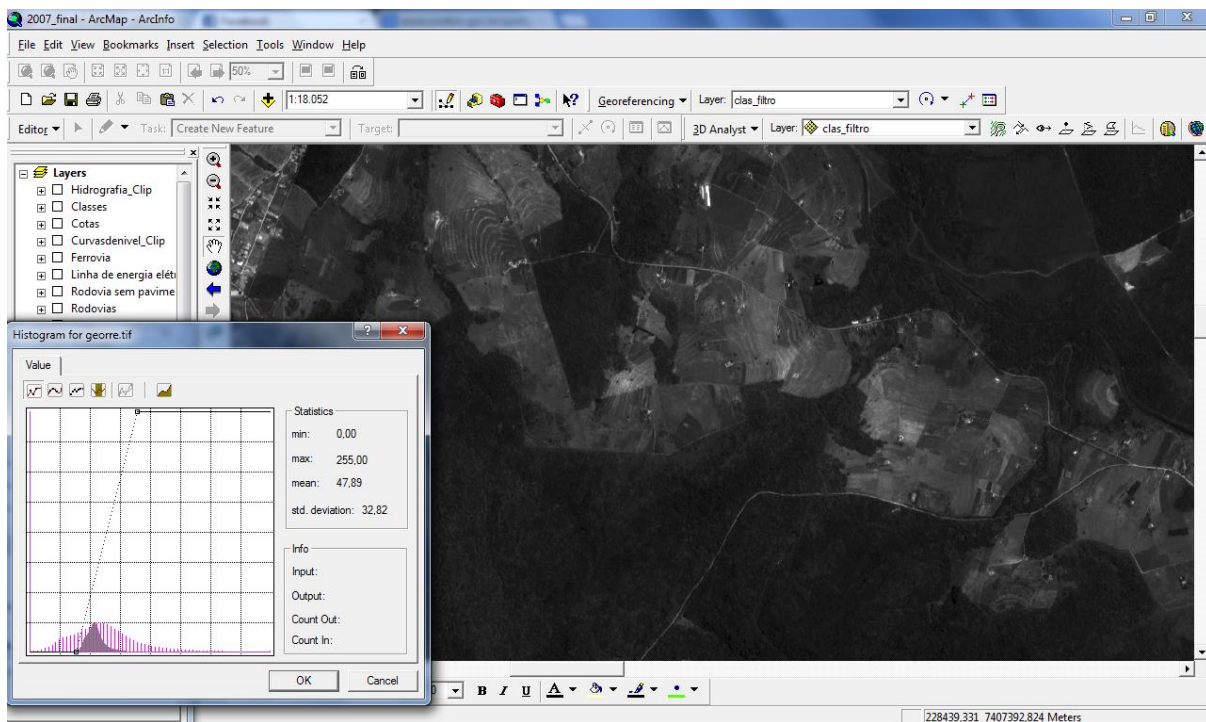
O realce de contrastes (Figura 8) foi utilizado para melhorar a visualização, melhorando a qualidade da extração das informações de interesse para o estudo. A técnica de realce de contraste baseia-se na melhoria da qualidade das imagens, ou seja, melhorar a discriminação visual entre os elementos da imagem. Assim, o processo de realce de contraste não acrescenta novas informações à imagem, mas deixa mais fácil a sua percepção.

O julgamento de uma boa imagem é realizado por meio da observação de seu histograma. A imagem que apresentar em seu histograma barras razoavelmente espalhadas ao longo de todo o intervalo da escala, terá um bom contraste e consequentemente será uma imagem de boa qualidade visual.

A partir do exposto, o ajuste do contraste por meio da opção linear foi considerado a melhor opção, pois permitiu o ajuste na inclinação da reta do histograma, realçando os elementos da imagem.



(A) Imagem de referência.



(B) Imagem realçada.

FIGURA 8. Ajuste de realce de contraste. (A) Imagem sem realce e seu respectivo histograma. (B) Imagem realçada e seu respectivo histograma.

6.2.1.3. Composição de Bandas Espectrais e fusão de imagens

Com a imagem orbital, CBERS-2B de sensor HRC, visando simplificar o processo de identificação dos componentes relevantes ao estudo, foi efetuada a fusão com a composição colorida em RGB (*Red, Green and Blue*), que consiste na combinação de três bandas espectrais, da imagem CBERS-2B e sensor CCD (Figura 9). As imagens selecionadas seguiram o mesmo ano da imagem pancromática HRC.

Foi aplicada uma composição colorida do tipo “falsa cor” com as bandas espectrais 3, 4 e 2 (CCD) com os filtros vermelho, verde e azul respectivamente. Nesta composição a vegetação assume tons esverdeados, os corpos d’água tons mais escuros e as áreas antropizadas por tons avermelhados ou esbranquiçados.

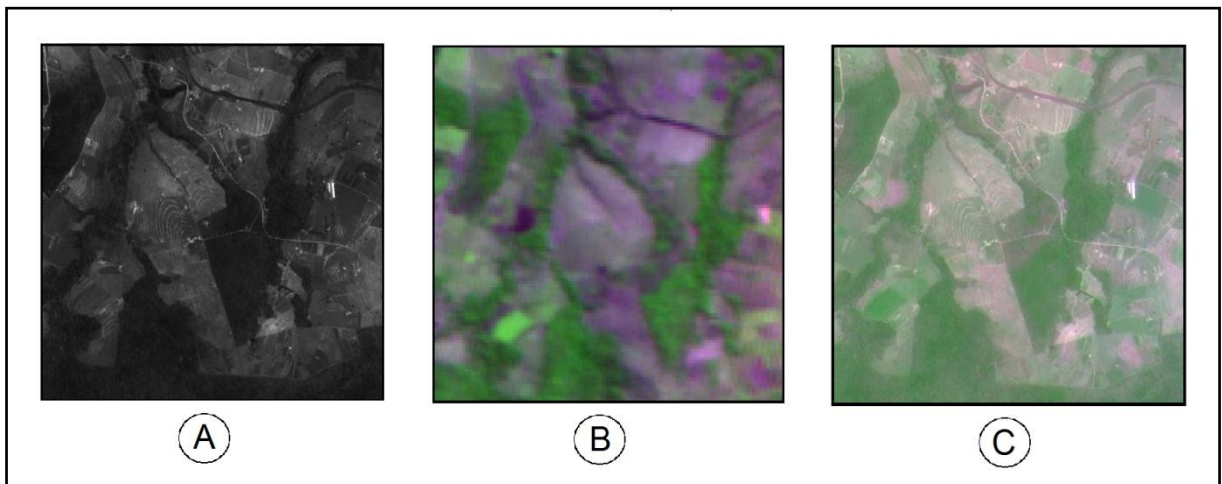


FIGURA 9. (A) Imagem pancromática CBERS-2B, sensor HRC. (B) Composição RGB (342) CBERS-2B, sensor CCD. (C) Fusão das imagens pacromática (HRC) e composição colorida (CCD).

6.2.2. Processamento das imagens

6.2.2.1. Classificação supervisionada

Esta etapa consiste em um processo decisivo, onde um conjunto de *pixels* é determinado a uma classe de interesse que retrata as características reais da área. Para a geração dos mapas temáticos foi realizada a classificação supervisionada baseada no método de Máxima Verossimilhança (Maxver). A classificação Maxver foi realizada no *software ArcGis 9.3*.

O método Maxver trata-se de uma classificação supervisionada, que, segundo Cunha (2009) “consiste em fornecer ao sistema um conjunto de *pixels*

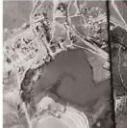
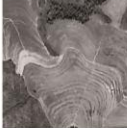
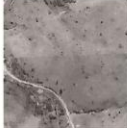
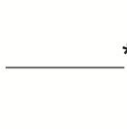
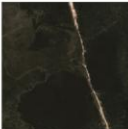
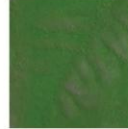
representativos de cada alvo no solo existentes na imagem a ser classificada”. A partir das classes fornecidas ao sistema, o método utilizando parâmetros estatísticos, classifica a imagem ponto a ponto sob o critério de máxima verossimilhança, considerando “a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes” (CUNHA, 2009, p. 49).

Em vista disso, foi feita a seleção e caracterização das feições das classes de interesse, baseando-se nos critérios de textura, tonalidade, cor, forma e contexto. Foram identificados padrões das feições atribuídos aos diferentes tipos de uso de solo e cobertura vegetal, seguindo a classificação:

- **Água:** corpos d’água em geral, tais como rios, lagos, represas e córregos;
- **Área agricultável:** áreas de plantio de culturas diversas;
- **Área antropizada:** basicamente áreas de ocupação humana;
- **Pasto e/ou vegetação rasteira:** áreas utilizadas para pecuária intensiva e extensiva, em sua maioria coberta por gramíneas, com raros arbustos e árvores esparsas; ou apenas áreas de vegetação rasteira;
- **Reflorestamento:** áreas de plantio de *Eucalyptus ssp.* e florestas plantadas de *Pinus ssp.*;
- **Solo exposto:** áreas onde o solo não apresenta cobertura vegetal;
- **Vegetação densa:** áreas ocupadas por formações florestais nativas e áreas onde foram realizados plantios de vegetação nativa;
- **Vegetação esparsa:** áreas ocupadas por formações florestais nativas e áreas onde foram realizados plantios de vegetação nativa, porém de pouca densidade, apresentando configuração esparsa.

Para alcançar o objetivo do trabalho, a análise multitemporal, as classes atribuídas nas imagens foi a mesma para os diferentes períodos analisados, possibilitando, portanto, o confronto entre os mapas gerados. Por meio de comparações visuais entre as imagens originais e as imagens classificadas, os erros que surgiram ao decorrer da classificação supervisionada, foram reparados pela edição vetorial do *ArcGis* 9.3.

As classes temáticas de mapeamento e suas características de fotointerpretação são indicadas na Figura 10.

Descrição	Representação fotográfica	Amostras utilizadas na classificação		
		Foto aérea	CBERS-2B	GeoEye-1
Água: corpos d'água em geral, tais como rios, lagos, represas e córregos				
Área agricultável: áreas de plantio de culturas diversas				
Área antropizada: basicamente áreas de ocupação humana				
Pasto e/ou Vegetação rasteira: áreas utilizadas para pecuária intensiva e extensiva, em sua maioria coberta por gramíneas, com raros arbusto e árvores esparsas; ou apenas áreas de vegetação rasteira				
Reflorestamento: áreas de plantio de <i>Eucalyptus ssp.</i> e florestas plantadas de <i>Pinus ssp.</i>				
Solo exposto: áreas onde o solo não apresenta cobertura vegetal				
Vegetação densa: áreas ocupadas por formações florestais nativas e áreas onde foram realizados plantios de vegetação nativa				
Vegetação esparsa: áreas ocupadas por formações florestais nativas e áreas onde foram realizados plantios de vegetação nativa, porém de pouca densidade, apresentando configuração esparsa				

* — Feição não identificada.

FIGURA 10. Esquema de análise para definição das classes temáticas

6.3. Confeção dos mapas temáticos

A partir do pré-processamento e processamento das imagens, baseando-se em uma legenda, dita, universal, pois deve atender aos diferentes públicos e de diferentes países, foram elaborados os mapas temáticos de uso da terra e cobertura vegetal para cada ano observado. A confecção desses mapas foi feita em ambiente

SIG por meio do software *ArcMap* versão 9.3, onde, tanto dados vetoriais, raster e alfanuméricos, foram organizados num banco de dados.

Primeiramente, foi elaborado o mapa base a partir da carta topográfica, sendo trabalhadas as informações de curvas de nível, drenagens, rede viária, rede ferroviária e áreas de povoamento.

Para a elaboração dos mapas temáticos de uso da terra e vegetação foram utilizadas imagens aerofotogramétricas e orbitais (CBERS 2B e GeoEye), que por meio de técnicas de processamento digital de imagens (PDI) foram realçadas a diferenciação dos elementos pertinentes ao processo de construção dos mapas.

Por fim, também foi gerado um produto final onde é possível se ter uma análise comparativa, tanto temporal como espacialmente do uso da terra e da cobertura vegetal.

7. Resultados e Discussões

7.1. Resultados da análise interpretativa dos mapeamentos

Tanto as imagens orbitais quanto as fotografias aéreas georreferenciadas, permitiram a elaboração dos mapas temáticos para futuras análises comparativas. Os mapas temáticos produzidos e as respectivas análises e discussões são apresentadas, em seguida.

7.1.1. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal – 1965

A partir do mapa elaborado por meio de fotografias aéreas de 1965, pode-se observar que as áreas de pastagem e/ou vegetação rasteira caracterizavam-se como a classe de maior expressividade, com 37,9% (aproximadamente 19,4 km²) da área total da Floresta Nacional de Ipanema. Já as áreas de vegetação densa nativa correspondia, apenas, 14%, e as áreas de vegetação esparsa, que pode ser considerada também como vegetação em crescimento, correspondia a 37% do total da área, lembrando que apenas 27 anos depois (1992) seria implantada a Unidade de Conservação da Floresta Nacional de Ipanema, cujo objetivo principal foi compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos seus recursos naturais. As áreas agricultáveis correspondiam a uma parcela de

aproximadamente 4,8 km² da área, ou seja, 9,5%, e encontravam-se ao norte e leste da FLONA.

A distribuição espacial das classes mapeadas pode ser observada na Figura 11.

Por meio do mapeamento das classes de uso da terra e cobertura vegetal, foram extraídos os dados quantitativos representativos de suas áreas de ocorrência, e podem ser visualizados na tabela 8.

TABELA 8. Classes de uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 1965.

Uso da terra e cobertura vegetal	Área	
	(km ²)	(%)
Área agricultável	4,8426	9,5
Área antropizada	0,1805	0,3
Pasto e/ou vegetação rasteira	19,3621	37,9
Solo exposto	0,4405	0,9
Vegetação densa	7,1256	14
Vegetação esparsa	18,8907	37

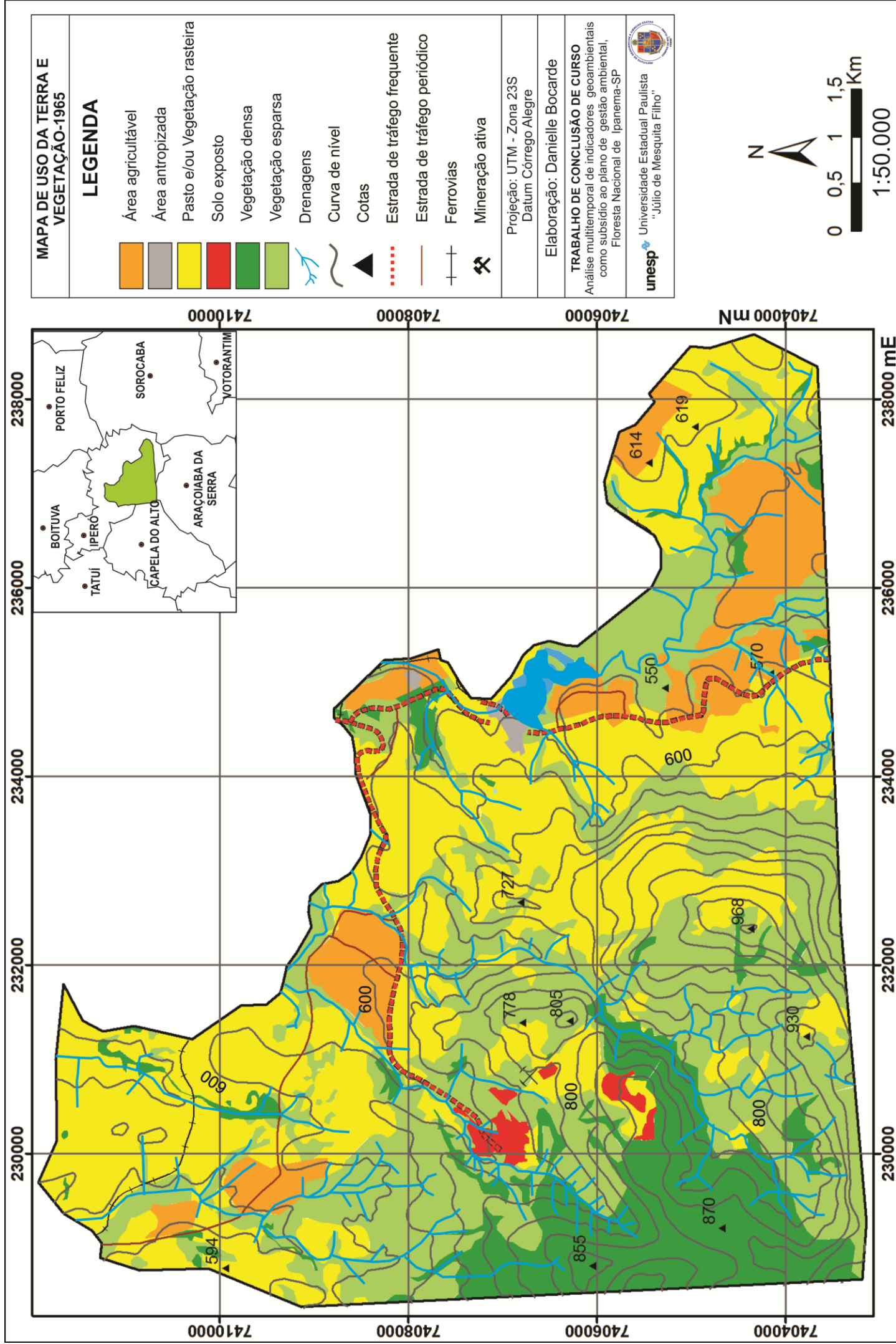


FIGURA 1.1. Mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal - 1965

7.1.2. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal – 2007

A partir do mapa elaborado com imagens orbitais do satélite CBERS-2B e sensor HRC, pode-se observar que as áreas de vegetação densa, representadas pela vegetação nativa, caracterizavam-se como a classe de maior expressividade, com aproximadamente 34,2 km² (66,9%) da área total da Floresta Nacional de Ipanema, uma vez que a Unidade de Conservação já se encontrava em funcionamento.

Pode-se observar expressiva redução nas áreas de pastagem e/ou vegetação rasteira, contando com apenas 7% da área total da FLONA. As áreas agricultáveis se mantiveram praticamente com a mesma área, ocupando aproximadamente 4,4 km². No entanto, as áreas agricultáveis que antes estavam presentes ao leste da área, em 2007 ocupavam praticamente e, somente, o norte da Floresta Nacional de Ipanema. Também se observou um maior parcelamento das áreas de agricultura.

Neste ano, verificou-se o aparecimento de uma nova classe, correspondente as áreas de reflorestamento, com 2,8%, ou 1,4 km² do total da área.

A distribuição espacial das classes mapeadas pode ser observada na Figura 12.

Como no mapeamento da cena anterior (1965), por meio das classes de uso da terra e cobertura vegetal, foram extraídos os dados quantitativos representativos de cada classe, da cena de 2007, de suas áreas de ocorrência, e podem ser visualizados na tabela 9.

TABELA 9. Classes de uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 2007.

Uso da terra e cobertura vegetal	Área	
	(km ²)	(%)
Área agricultável	4,3588	8,5
Área antropizada	0,29	0,6
Pasto e/ou vegetação rasteira	3,5365	7
Reflorestamento	1,4361	2,8
Solo exposto	0,1475	0,3
Vegetação densa	34,1999	66,9
Vegetação esparsa	6,8228	13,3

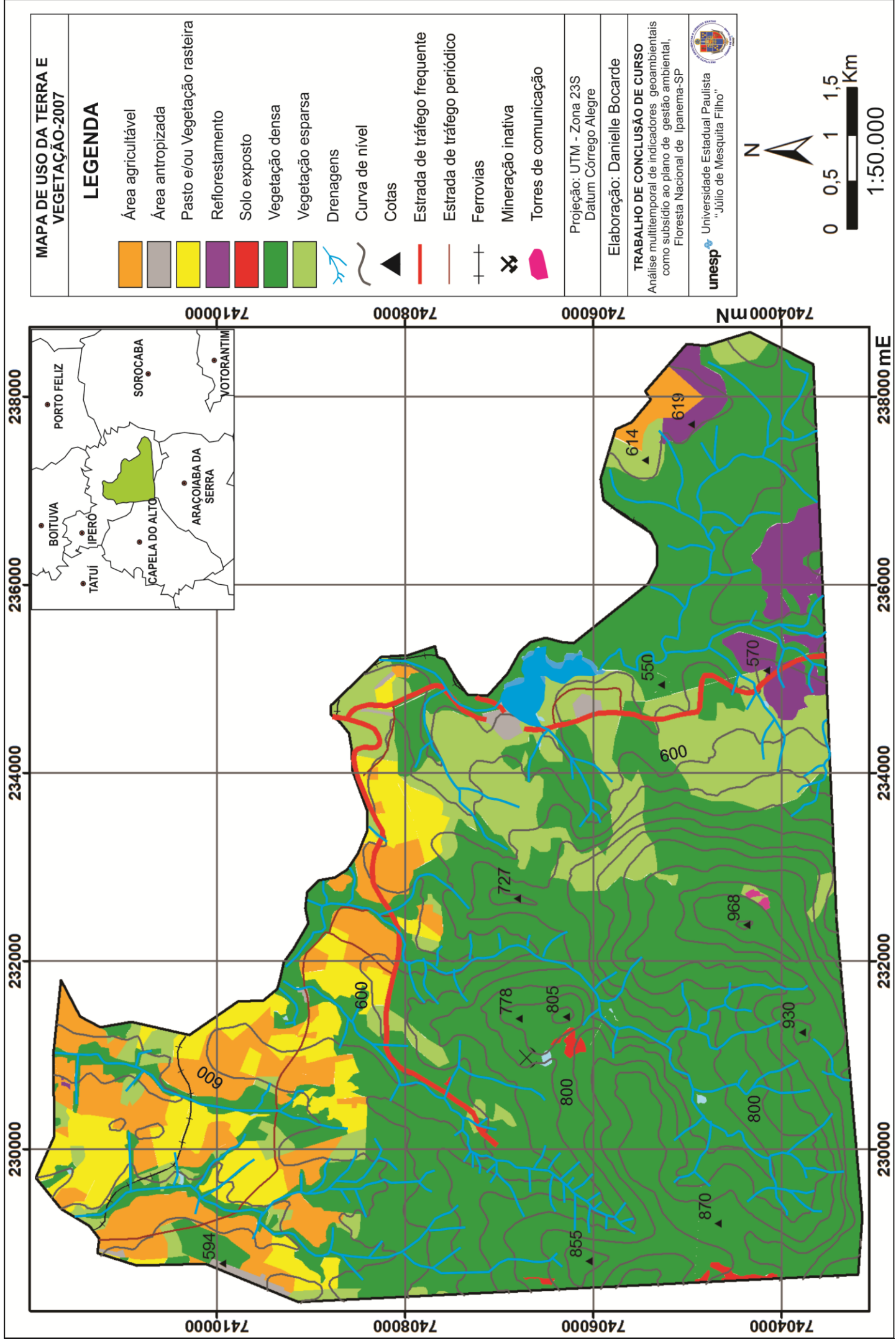


FIGURA 12. Mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal - 2007.

7.1.3. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal – 2011

O último e mais recente mapa, elaborado por meio de imagens orbitais do satélite GeoEye-1 e sensor MS, apresenta maior expressão na classe de vegetação densa, com 70,1% (35,9 km²) do total da área. Seguida pela classe de vegetação esparsa (e/ou vegetação em crescimento) com 9,7% da área total da Floresta Nacional de Ipanema. As áreas de vegetação esparsa apresentaram uma redução comparada aos anos anteriores.

Como no mapa anterior, a classe áreas agricultáveis se mantiveram com 8,1% da área total, e se concentram ao norte da Unidade de Conservação. Estas áreas apresentam, ainda, um maior parcelamento quando comparada com os mapas apresentados anteriormente.

Pode-se observar também, que além do processo de fragmentação das áreas agricultáveis, outras classes de uso da terra também estão se fragmentando, como é o caso das áreas de pasto e/ou vegetação rasteira, que apresentou considerável parcelamento de suas áreas.

A distribuição espacial das classes mapeadas pode ser observada na Figura 13.

Por meio do mapeamento das classes de uso da terra e cobertura vegetal, foram extraídos os dados quantitativos representativos de suas áreas de ocorrência, e podem ser visualizados na tabela 10.

TABELA 10. Classes de uso da terra e cobertura vegetal para o ano de 2011.

Uso da terra e cobertura vegetal	Área	
	(km ²)	(%)
Área agricultável	4,1424	8,1
Área antropizada	0,414	0,8
Pasto e/ou vegetação rasteira	4,4656	8,7
Reflorestamento	0,8116	1,6
Solo exposto	0,1014	0,2
Vegetação densa	35,8977	70,1
Vegetação esparsa	4,981	9,7

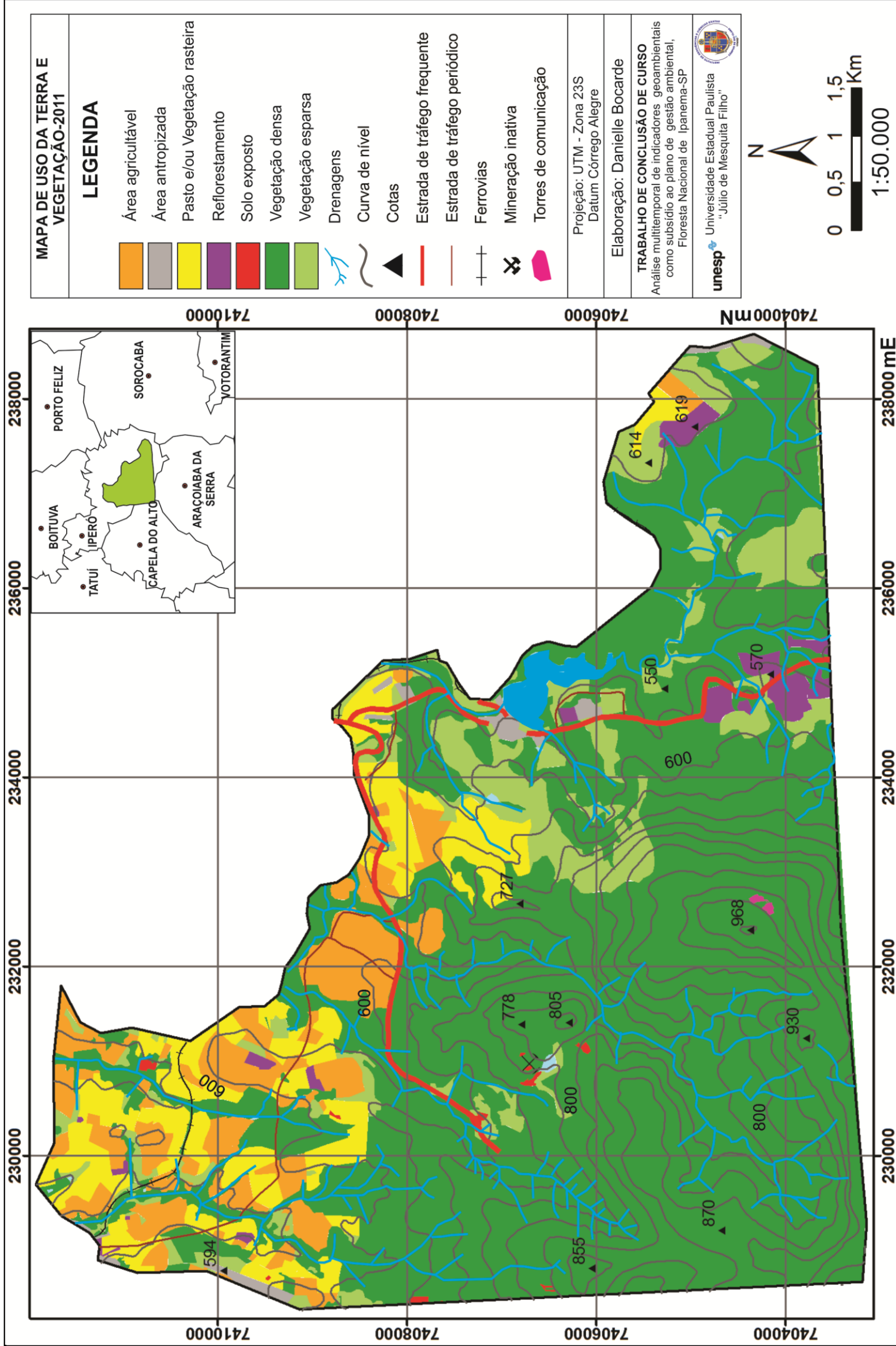


FIGURA 13. Mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal - 2011.

7.2. Análise comparativa entre os cenários de Uso da Terra de 1965, 2007 e 2011

Para os cenários analisados, 1965, 2007 e 2011, as áreas da classe água não sofreram muitas variações. A classe se manteve praticamente constante, apresentando um pequeno acréscimo destas áreas de 0,3% em 2011, quando comparadas ao ano de 1965.

Assim como as áreas de lâminas d'água, a classe de áreas agricultáveis apresentou pouca variação, 1,4% de decréscimo nas áreas de cultivo agrícola para os anos analisados. As áreas de agricultura não apresentaram expressivas oscilações, no entanto, estas tiveram grande fragmentação na configuração espacial. Em 1965 eram concentradas a leste e norte da área; já em 2007 e 2011 passaram a ser encontradas ao norte da área da Floresta Nacional de Ipanema, e, configuradas em parcelas cada vez menores quando comparadas ano a ano.

Para as áreas antropizadas, representadas principalmente pelas vilas de moradores locais, a variação alcançou 0,5% de incremento, perfazendo um total de 0,4 km² do total da área em 2011.

As áreas de pastagem e/ou vegetação rasteira, foram as que mais sofreram alterações ao longo do período estudado. Entre 1965 e 2007, as áreas de pastagem caíram 30,9% quando comparadas a área total da FLONA, equivalente, aproximadamente, a quinta parte da área ocupada no ano anterior (1965). No período de 2007 a 2011, o decréscimo não se prolongou, houve, na verdade, o aumento de 1,7% quando comparadas ao período anterior. No entanto, para o período total de análise, as áreas de pastagem tiveram uma redução de 29,2% das áreas entre 1965 e 2011. Assim como as áreas agricultáveis, as áreas de pasto e/ou vegetação rasteira, também apresentaram fragmentação nas parcelas observadas em toda a área da FLONA.

Para os anos de 2007 e 2011, uma nova classe de uso da terra foi adicionada, não sendo verificada, portanto, na classificação do ano de 1965. A classe representa áreas de reflorestamento de *Eucalyptus ssp.* e *Pinus ssp.* perfazendo 2,8% da área total em 2007, e 1,6% em 2011.

As áreas de solo exposto, na maior parte de sua ocorrência, estão associadas às atividades de mineração presentes na área da FLONA de Ipanema. Em 1965, apresentava maior área de ocorrência de solos expostos, uma vez que, a mineração

encontrava-se em atividade. Para os anos de 2007 e 2011, essas áreas tiveram redução de 0,6% e 0,7%, respectivamente, comparadas ao ano de 1965. A redução nas áreas de solo exposto, devido à atividade de exploração mineral, está relacionada ao fato destas minerações estarem inativas, e podem, também, estar relacionada à criação e ao gerenciamento da área como Unidade de Conservação, justificando a recuperação destas áreas e, assim, minimizando possíveis danos ambientais que por ventura poderiam ocorrer.

No período de 1965 a 2011, pode-se observar uma grande alteração no percentual das áreas de vegetação densa, apresentando um significativo aumento de aproximadamente 400%, ou quatro vezes mais, em relação à área correspondente em 1965. Foram 56,1% da área total da UC de significativo aumento das áreas de vegetação densa.

As áreas de vegetação esparsa para o período diminuíram gradativamente. De 1965 a 2011, as áreas de vegetação esparsa, tiveram redução de 27,3% da área total da Floresta Nacional de Ipanema, e redução de, aproximadamente, 75% comparando as áreas observadas em 1965, com as áreas de vegetação esparsa em 2011.

A fim de facilitar o entendimento das mudanças ocorridas no período de 1965 a 2011, a figura 14 apresenta os dados equivalentes a cada classe de uso da terra e vegetação sob forma de porcentagens em relação à área total da Floresta de Ipanema.

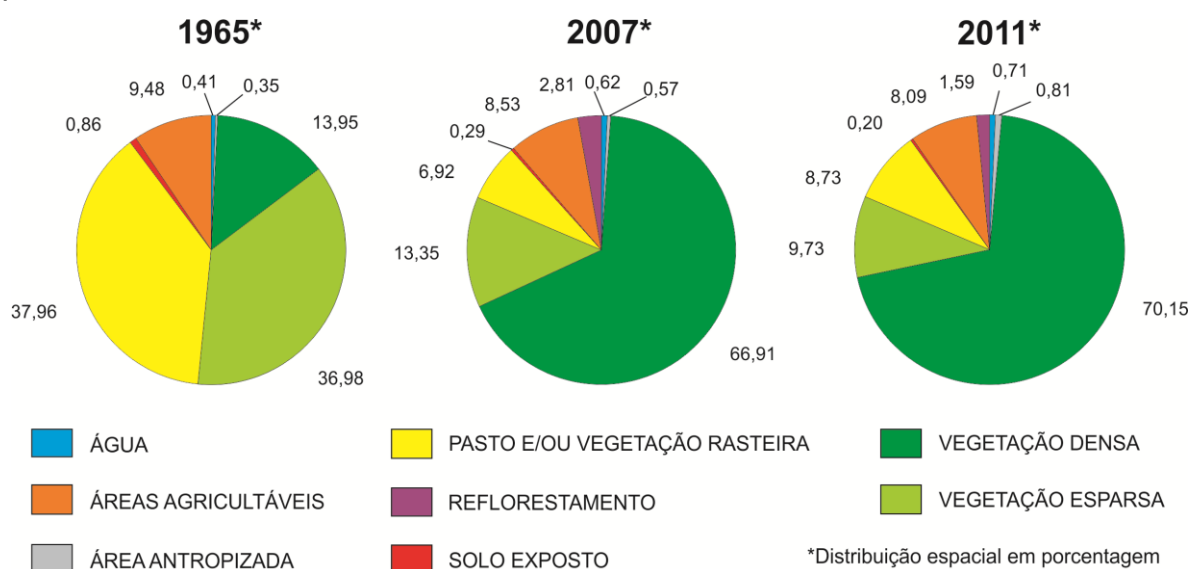


FIGURA 14. Distribuição das classes temáticas em relação à área total da Floresta Nacional de Ipanema.

Os mapas de uso da terra e vegetação da Floresta Nacional de Ipanema, referentes aos anos de 1965, 2007 e 2011 podem ser observados na Figura 15.

Analisando a distribuição espacial das classes de uso da terra e vegetação e o mapa de declividade da área de estudo (Figura 16), é possível constatar que as áreas de agricultura se concentram ao norte da FLONA pelo fato das terras apresentarem menor declividade quando comparadas ao restante da área. O mesmo acontece com as áreas de pastagem. Consequentemente, o norte da área da Floresta Nacional de Ipanema caracteriza-se como a área de menor representatividade da classe de vegetação densa.

Nota-se que a preservação da vegetação densa se dá em áreas de declividade média, variando principalmente de 10° a 45° (Figura 16). Isto decorre do fato das áreas agricultáveis encontrarem barreiras em se desenvolver nestas áreas, sendo, portanto, facilitado o desenvolvimento e a preservação da vegetação nativa nestas áreas de maior declive.

Na cena de 1965, a classe de ocorrência de pastos e/ou vegetação rasteira, se apresenta ao norte, centro-sul e leste da área da FLONA de maneira bastante uniforme, estando presentes também em áreas de considerável declive. Isso se deve ao fato dessas áreas serem, mais precisamente, de vegetação rasteira e não somente para a criação de animais.

MAPA COMPARATIVO DE USO DA TERRA E VEGETAÇÃO

Mapa comparativo de uso da terra e vegetação para o ano de 1965. O mapa mostra a distribuição espacial de diferentes tipos de uso da terra e vegetação na região de Araçoiaba da Serra, SP, em 1965. A escala é de 1:100.000. O mapa está dividido em uma grade com coordenadas UTM (Zona 23S).

Mapa comparativo de uso da terra e vegetação para o ano de 2007. O mapa mostra a distribuição espacial de diferentes tipos de uso da terra e vegetação na região de Araçoiaba da Serra, SP, em 2007. A escala é de 1:100.000. O mapa está dividido em uma grade com coordenadas UTM (Zona 23S).

Mapa comparativo de uso da terra e vegetação para o ano de 2011. O mapa mostra a distribuição espacial de diferentes tipos de uso da terra e vegetação na região de Araçoiaba da Serra, SP, em 2011. A escala é de 1:100.000. O mapa está dividido em uma grade com coordenadas UTM (Zona 23S).

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS	
LEGENDA	
Drenagens	
Curva de nível	
Cotas	
Estrada de tráfego frequente	
Estrada de tráfego periódico	
Ferrovias	
Mineração ativa	
Mineração inativa	
Torres de comunicação	

MAPA COMPARATIVO DE USO DA TERRA E VEGETAÇÃO	
LEGENDA	
Área agricultável	
Área antropizada	
Pasto e/ou Vegetação rasteira	
Reflorestamento	
Solo exposto	
Vegetação densa	
Vegetação esparsa	

MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

Mapa de localização da área de estudo. O mapa mostra a localização da área de estudo (Araçoiaba da Serra) em relação a outras localidades da região, incluindo Boituva, Porto Feliz, Sorocaba, Votorantim, Capela do Alto, Araçoiaba da Serra, Iperó e Tatuí. A escala é de 1:100.000. O mapa está dividido em uma grade com coordenadas UTM (Zona 23S).

Projeção: UTM - Zona 23S
Datum Córrego Alegre

Elaboração: Danielle Bocarde

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
Análise multitemporal de indicadores geocombinais como subsídio ao plano de gestão ambiental, Floresta Nacional de Ipanema-SP

unesp Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

[illegible]

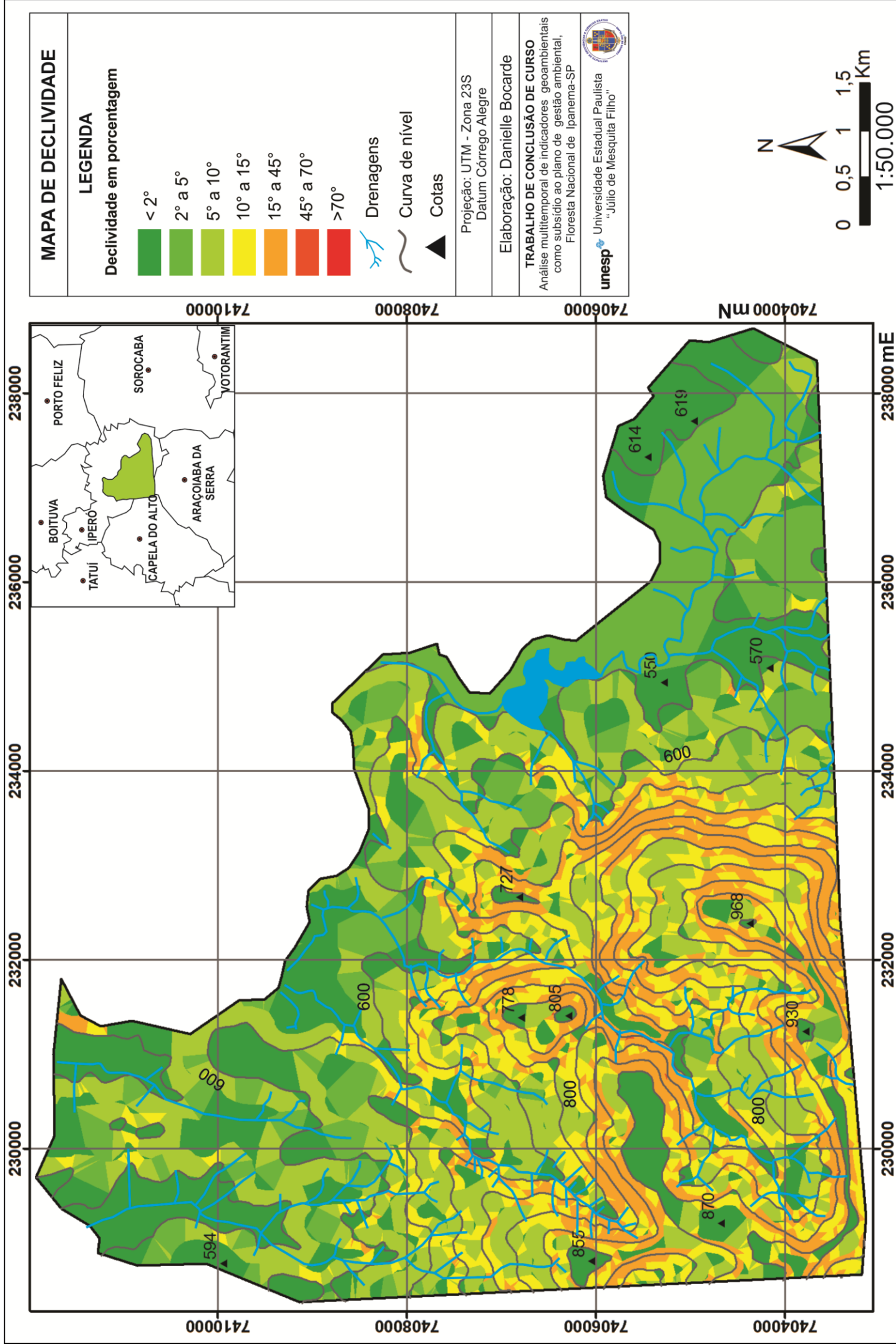


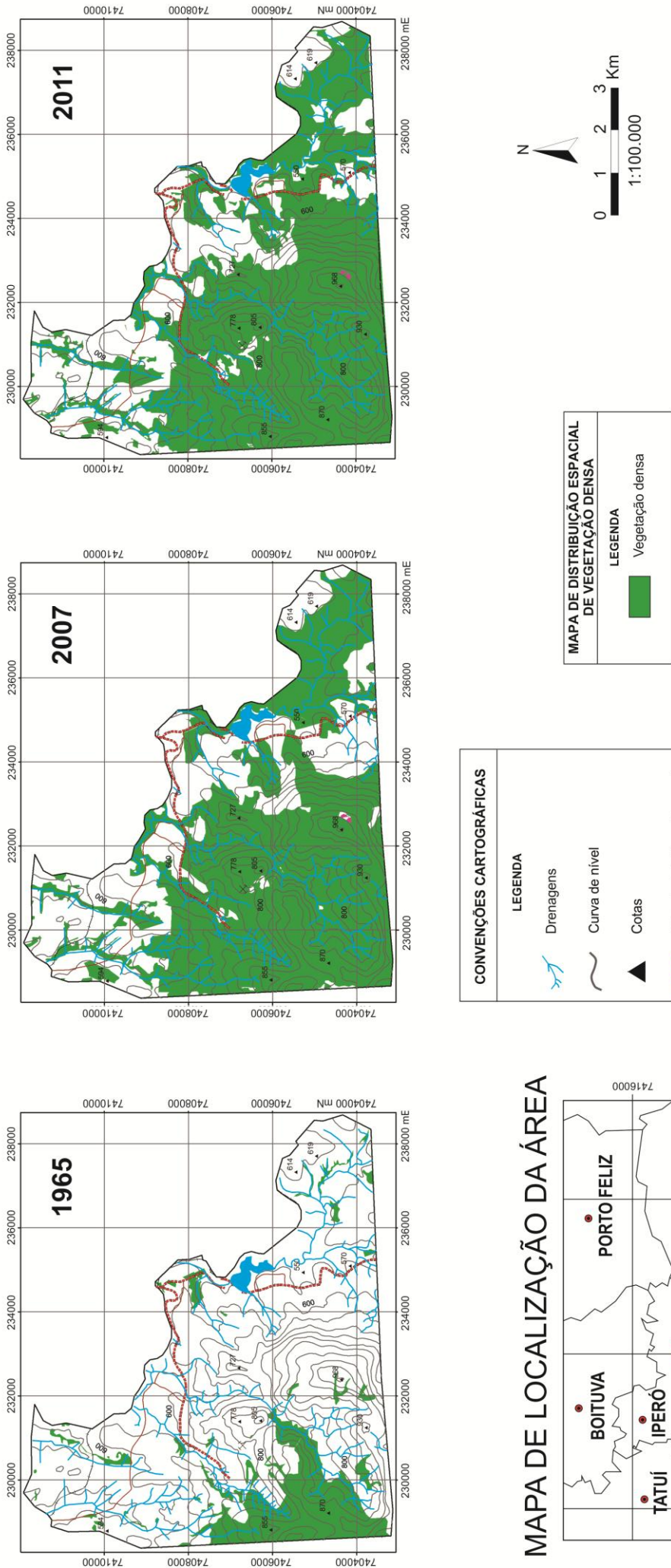
FIGURA 16. Mapa de declividade.

Com base nos resultados obtidos, a partir dos mapas de uso da terra e vegetação do período de 1965 a 2011, observa-se que as áreas de vegetação densa sofreram um aumento bastante significativo, passando a representar a classe de maior expressividade nos anos de 2007 e 2011. No mapa de distribuição espacial desta classe (Figura 17), constata-se que a expansão da vegetação densa se deu de maneira generalizada e gradativa por toda a área da FLONA, sendo menos expressiva, apenas, na porção norte, onde se encontram as classes de áreas agricultáveis e campo para a criação de animais ou apenas áreas de vegetação rasteira.

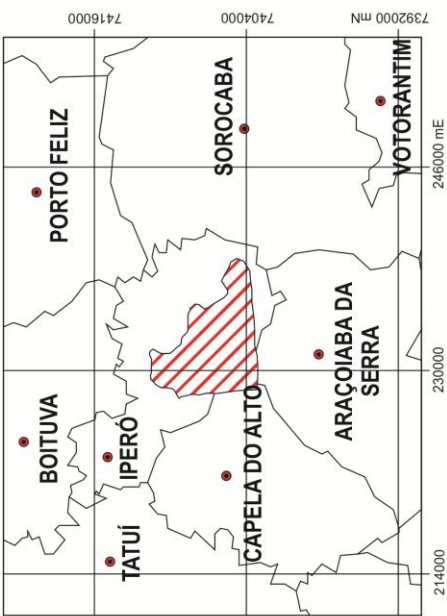
Em contrapartida ao incremento das áreas de vegetação densa, observou-se a diminuição das áreas de pasto e/ou vegetação rasteira. Em 1965, as áreas de ocorrência desta classe ocupavam 37,9% da área total da UC; já em 2007 chegou a atingir 7%, e em 2011, apresentou um pequeno acréscimo, totalizando 8,7% da área. Pode-se afirmar que parte das áreas de pastagem (e/ou vegetação rasteira), passou a ser aproveitada para a agricultura, principalmente na porção norte da área. Entretanto, a área de pasto e/ou vegetação rasteira presente na porção centro-sul da área em 1965, foi gradativamente substituída por áreas de vegetação densa em 2007 e 2011 (Figura 18).

Em suma, a análise espacial da evolução do uso da terra e cobertura vegetal, evidencia que a principal mudança correlaciona-se ao incremento de áreas de vegetação densa, enquanto apresenta uma menor variação das áreas agricultáveis, provavelmente em função da pouca mobilidade espacial por apresentar relevo mais inclinado.

MAPA DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE VEGETAÇÃO DENSA



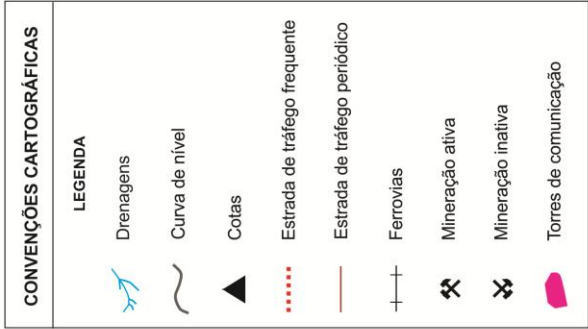
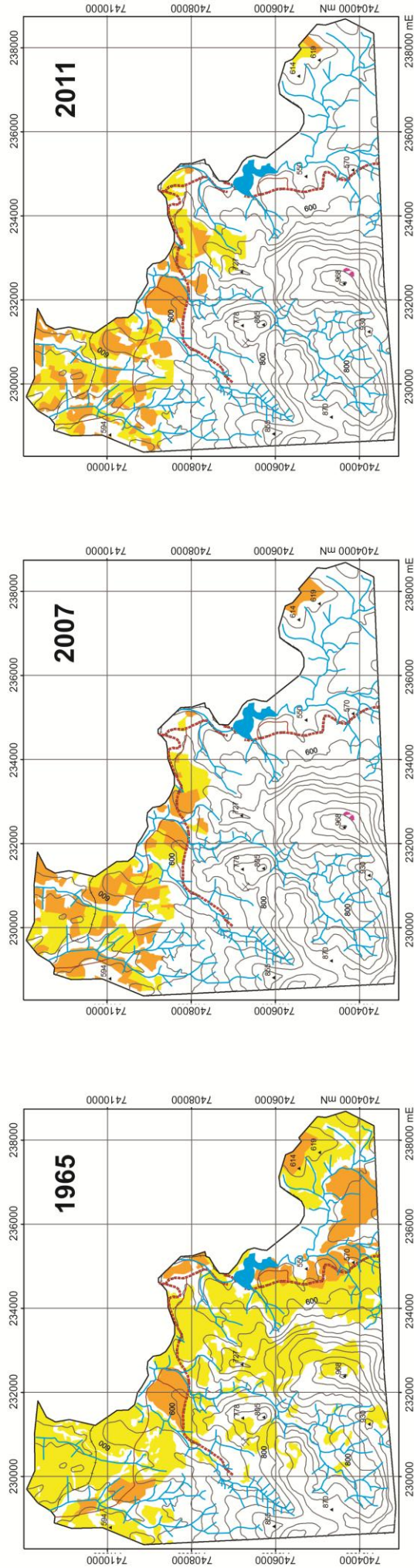
MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



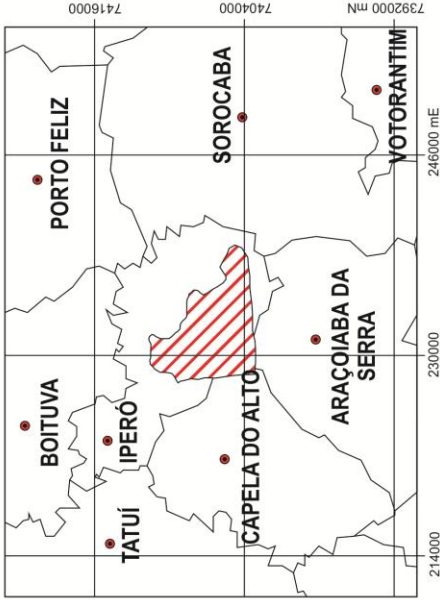
Projeção: UTM - Zona 23S Datum Córrego Alegre
Elaboração: Danielle Bocarde
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO Análise multitemporal de indicadores ambientais como subsídio ao plano de gestão ambiental, Floresta Nacional de Ipanema-SP
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

FIGURA 17. Mapa de distribuição espacial de áreas de vegetação densa para o período de 1965 a 2011.

MAPA DE DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE ÁREAS AGRÍCOLAS, PASTOS E VEGETAÇÃO RASTEIRA



MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



Projeção: UTM - Zona 23S Datum Córrego Alegre
Elaboração: Danielle Bocarde
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO Análise multitemporal de indicadores ambientais como subsídio ao plano de gestão ambiental, Floresta Nacional de Ipanema-SP
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"

FIGURA 18. Mapa de distribuição espacial de áreas agrícolas, pastagens e vegetação rasteira, período de 1965 a 2011.

8. Considerações finais

Por meio da combinação de fotografias aéreas e imagens orbitais, bem como de técnicas de geoprocessamento, principalmente, os Sistemas de Informações Geográficas, foi possível a análise multitemporal da área correspondente a Unidade de Conservação da Floresta Nacional de Ipanema, permitindo a espacialização das variações ocorridas no período de 46 anos, analisando-se os cenários de 1965, 2007 e 2011.

Através de análises comparativas, alicerçadas na classificação de uso da terra e cobertura vegetal, verificou-se que a Floresta Nacional de Ipanema encontra-se em evolução positiva da paisagem, com o incremento de áreas de vegetação densa: de 7,13 km² da área total da FLONA em 1965, para 35,90 km² em 2011. De modo geral, foi possível perceber um cenário da paisagem bastante otimista em relação a evolução florestal da UC.

O incremento de áreas de vegetação se deve ao fato, muito provavelmente, da área estar sob proteção ambiental na forma de Unidade de Conservação desde 1992, e que tem como objetivo norteador a preservação da diversidade biológica, e, portanto, a conservação da natureza. A FLONA de Ipanema, considerando seu contexto regional, é de extrema importância para a preservação dos recursos naturais e da biodiversidade de toda a região onde está inserida.

As áreas de pastagem e/ou de vegetação rasteira, ao contrário da classe de vegetação densa, apresentou declínio em sua área durante o período dos 46 anos analisados, passando de 19,39 km² de área correspondente a pastos e vegetação rasteira em 1965, para 4,47 km² em 2011. Esta classe, em sua primeira cena de análise, era predominante nas porções norte e centro-sul da área da FLONA, mas ao decorrer dos anos, a área foi sendo substituída por áreas de vegetação densa na porção centro-sul, e por áreas agricultáveis na porção norte.

Foi possível observar que as áreas de ocorrência de cultivos agrícolas são mais pronunciadas em áreas de menor declividade, apontando certa dependência do acesso e da produção agrícola em função do relevo da área.

Os geoindicadores ambientais, especialmente o uso da terra e a cobertura vegetal, possibilitaram caracterizar a evolução da paisagem e correlacioná-los ao meio físico da área da Floresta Nacional de Ipanema.

Quanto às técnicas de geoprocessamento utilizadas na pesquisa, estas se mostraram plenamente eficientes e satisfatórias. Por meio das técnicas de geoprocessamento, principalmente de SIG, foi possível a integração e manipulação dos dados, tanto espaciais quanto estatísticos, para atingir os objetivos propostos pelo trabalho. Diante disso, o uso de SIG em diferentes domínios administrativos contribui para atividades de planejamento e gestão ambiental.

Pensando o planejamento como uma ação futura, ou como a preparação para a gestão futura, pode-se conotar o sentido de ação presente para o termo de gestão ambiental. Diante desta perspectiva, o monitoramento ambiental, conhecimento das alterações de uso da terra e da cobertura vegetal, identificáveis por meio de análise multitemporal sugerida neste trabalho, é de extrema importância para os órgãos de gestão, que devem se empenhar no sentido de promover um desenvolvimento planejado na integração homem *versus* natureza.

9. Referências Bibliográficas

ALBUQUERQUE, G. B. de; RODRIGUES, R. R. **A vegetação do Morro de Araçoiaba, Floresta Nacional de Ipanema, Iperó (SP)**. Scientia Forestalis, n. 58, p.145-159, dez. 2000.

BERTRAND, G. **Paisagem e geografia global: esboço metodológico**. Trad. O. Cruz. São Paulo: IGEOG/USP, 1972. (Série Cadernos de Ciências da Terra, n. 13, p. 1-27)

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, Senado, 1988.

BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000**. Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação do Brasil (SNUC). Disponível em: <<http://www.senado.org.br>>. Acesso em: 21/6/2012.

BRUST, L. F. **Análise multitemporal de dados Landsat dos elementos geoambientais da região de Itaguaí - Seropédica - RJ**. 2010. 115 f. Monografia (Trabalho de Graduação) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Departamento de Geociências, Instituto de Agronomia, Seropédica, 2010.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. (Ed.). **Introdução à ciência da geoinformação**. São José Dos Campos: INPE, 2001. 345 p.

CUNHA, K. L. **Uso de imagens dos satélites Landsat e CBERS no mapeamento da suscetibilidade à erosão na região de Primavera do Leste – MT**. Cuiabá, MT, 2009. Instituto de Física. 63 f. : il.

DAVINO, A. **Geologia da Serra de Araçoiaba, estado de São Paulo**. Boletim IG – Instituto de Geociências, USP, São Paulo, v. 6, p.129-144, 1975.

DIAS, J. **A paisagem vista por outros olhos**. In: Souza, Álvaro José de; Souza, Edson Belo Clemente de; Magnoni Júnior, Lourenço (org.). Paisagem Território Região: em busca da identidade. Cascavel: EDUNIOESTE/AGB, 2000.p. 29-38

FÁVERO, O. A.; NUCCI, J. C.; DE BIASI, M. **Unidades de paisagem e zoneamento ambiental: subsídios para a gestão da Floresta Nacional de Ipanema – Iperó/sp**. Revista RA'E GA, Curitiba, n. 14, p. 35-53, 2007. Editora UFPR.

FÁVERO, O. A.; NUCCI, J. C.; DE BIASI, M. **Vegetação natural potencial e mapeamento da vegetação e Usos atuais das terras da Floresta Nacional de Ipanema, Iperó/sp: conservação e gestão ambiental**. Revista RA'E GA, Curitiba, n. 8, p. 55-68, 2004. Editora UFPR.

FONTES, A. T.; SOUZA, M. P. de. **Diagnósticos e cenários ambientais utilizando o SIG na conservação de recursos hídricos: o caso de Ribeirão Preto**. In Anais do Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. Vitória – ES, ABRH, 1997.

FRANÇA, M. M. **Avaliação de Classificações Supervisionadas com Redes Neurais Artificiais e Maxver para Caracterização do Uso da Terra no Município de Viçosa-MG**. Viçosa: Universidade Federal De Viçosa – Ufv, 2007. (Monografia de Conclusão de Curso) Horizonte: Ed. da autora, 2003. 294p.

IBAMA. Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de Manejo da Floresta Nacional de Ipanema**, 2003.

_____. Instituto Brasileiro Do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano operativo de prevenção e combate aos incêndios florestais: Floresta Nacional de Ipanema**. Iperó – SP, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro De Geografia E Estatística. **Manual Técnico de Pedologia**. 2. ed. Rio de Janeiro – RJ, 2007.

INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Satélite CBERS**. Disponível em: <<http://www.cbbers.inpe.br>>. Acesso em: 20 jul 2012.

KALISKI, A. D.; FERRER, T. R.; LAHM, R. A. **Análise Temporal do Uso do Solo através de Ferramentas de Geoprocessamento - Estudo de Caso: Município de Butiá/RS**. Revista Eletrônica Para Onde!?, N° 7, Julho – Dezembro de 2010. p. 45 - 60.

KLEINPAUL, J. J. et. al. **Análise Multitemporal da Cobertura Florestal da Microbacia do Arroio Grande, Santa Maria, RS.** Bol. Pesq. Fl., Colombo, n. 51, p. 171-174. jul./dez. 2005.

KURIYAMA, B. T. **Sensoriamento remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIG) na análise dos impactos referentes à cultura canavieira e reflorestamento: asubtração dos biomas nativos no município de Itirapina-SP –** Rio Claro : [s.n.], 2009. 53 f. : il., figs., gráfs., tabs., mapas

MIRANDOLA-AVELINO, P. H. **Análise geo-ambiental multitemporal para fins de planejamento ambiental:** Um exemplo aplicado à bacia hidrográfica do Rio Cabaçal, Mato Grosso - Brasil. 2006. 317 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, Rio de Janeiro, 2006.

MONTEIRO, C. A. de F. **Geossistemas: a história de uma procura.** São Paulo: Contexto, 2000. 127 p.

MORAES, E. C. Fundamentos de sensoriamento remoto. In: MORAES, E. C.; ÁVILA, J.. **Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente.** São José Dos Campos: Inpe, 2002.

MORAES, E. C.; ÁVILA, J. (Org.). **Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio ambiente.** São José Dos Campos: Inpe, 2002.

MOREIRA, I. V. D. **Avalização de impacto ambiental.** Texto: Curso sobre Relatório de Impacto Ambiental. Secretaria do meio Ambiente do Mato Grosso. Campo Grande, 1992.

MOREIRA, M. A.. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação.** Ed. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2007, 320p.

MOURA, A. C. **Geprocessamento na gestão e planejamento urbano – 2 ed. –** Belo: Ed. da autora, 2003. 294p.

NEVES, D. A. **Evolução temporal de fragmentos de vegetação nativa no município de Agudos-SP, utilizando fotografias aéreas.** 2007. 139 f. Tese

(Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2007.

NOVO, E. M. L. **Sensoriamento Remoto: princípios e aplicações**. INPE, São José dos Campos, 1992.

REIS, F. A. G. V. **Curso de Geologia Ambiental**. Ensino a Distância (EAD) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, UNESP, Rio Claro, 2001. Disponível em: <<http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/ead/index.html>>. Acesso em: 15 ago. 2012.

SONOKI, I. K.; GARDA, G. M. **Idades K-Ar de rochas alcalinas do Brasil meridional e Paraguai oriental: compilação e adaptação às novas constantes de decaimento**. Boletim IG-USP. Série Científica, v. 19, p. 63-85, 1988.

SOUTO, M. V. S. **Análise multitemporal dos elementos geoambientais da região da ponta do Tubarão, área de influência dos campos petrolíferos de Macau e Serra, município de Macau - RN**. 2004. 115 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Ciências Exatas e da Terra, Natal, 2004.

TAVARES, A. B.; CRUZ, S. P. da; LOLLO, J. A. de. **Geoindicadores para a Caracterização de Estado de Diferentes Ambientes**. Estudos Geográficos, Rio Claro, 5(2): 42-57, 2007 (ISSN 1678—698X) Disponível em: <<http://cecemca.rc.unesp.br/ojs/index.php/estgeo>>. Acesso em: 20 ago 2011.

TEMBA, P. **Fundamentos da Fotogrametria**. Departamento de Cartografia – Universidade Federal de Minas Gerais, 2000

TOMMASELLI, A. M. G. **Fotogrametria Básica**. Presidente Prudente; Edição do Autor, 2009.

TOLEDO, G. M. C.; SOUZA, R. V. **Estudo Preliminar da Alteração Intempérica das Rochas Ultramáficas Ricas em Apatita da Mina Gonzaga de Campos, Maciço Alcalino de Ipanema, SP**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 3., 1991. *Extended Abstracts*. São Paulo, Sbgq/Sociedade Geológica de Portugal/IG-USP, 1991. p. 91-94.

TORRES, D. R. **Análise multitemporal do uso da terra e cobertura florestal com dados dos satélites Landsat e ALOS**. 2011. 97 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria - RS, 2011.

XAVIER DA SILVA, J. **Geoprocessamento para Análise Ambiental**. Rio de Janeiro: Edição do Autor, 2001. 228 p.