

**Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa  
Stricto Sensu em Planejamento e Gestão Ambiental**

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO E USO DA TERRA  
UTILIZANDO TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E  
GEOPROCESSAMENTO: O CASO DA ÁREA DE PROTEÇÃO  
AMBIENTAL (APA) DA SERRA DE BATURITÉ (CE).**

**Autor: Ivan Araripe de Paula Freitas  
Orientador: Dr. Douglas José da Silva**

**Brasília - DF**

**2012**

**IVAN ARARIPE DE PAULA FREITAS**

**ANÁLISE DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO E USO DA TERRA UTILIZANDO  
TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO: O CASO  
DA ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL (APA) DA SERRA DE BATURITÉ (CE).**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Planejamento e Gestão Ambiental da Universidade Católica de Brasília, como requisito parcial para a obtenção do Título de Mestre em Planejamento e Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Douglas José da Silva

Brasília

2012

F866a Freitas, Ivan Araripe de Paula.

Análise da dinâmica de ocupação e uso da terra utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento: o caso da área de proteção ambiental (APA) da Serra de Baturité (CE). / Ivan Araripe de Paula Freitas – 2012.

50f. ; il.: 30 cm

Dissertação (mestrado) – Universidade Católica de Brasília, 2012.

Orientação: Prof. Da. Douglas José da Silva

1. Uso da terra. 2. Proteção ambiental. 3. Monitoramento ambiental. 4. Gestão ambiental. I. Silva, Douglas José da, orient. II. Título.

CDU 502

UNIVERSIDADE CATÓLICA DE BRASÍLIA

Ivan Araripe de Paula Freitas

ANÁLISE DA DINÂMICA DE OCUPAÇÃO E USO DA TERRA UTILIZANDO TÉCNICAS DE  
SENSORIAMENTO REMOTO E GEOPROCESSAMENTO: O CASO DA ÁREA DE PROTEÇÃO  
AMBIENTAL (APA) DA SERRA DE BATURITÉ (CE).

Dissertação aprovada em 28/06/2012 para obtenção de grau de Mestre em Planejamento e  
Gestão Ambiental.

Área de Concentração: Planejamento e Gestão Ambiental

Banca Examinadora:

---

**Douglas José da Silva**

Orientador

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Planejamento e Gestão Ambiental - UCB

---

**Gustavo Macedo de Mello Baptista**

Examinador Externo

Instituto de Geociências – UnB

---

**Paulo Ricardo da Rocha Araújo**

Examinador Interno

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Planejamento e Gestão Ambiental - UCB

---

**Perseu Fernando dos Santos**

Suplente

Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Planejamento e Gestão Ambiental - UCB

O que Portugal retirou de madeira do Nordeste do Brasil – madeira gorda e de lei, que a outra lhe dava até repugnância – para levantar ou reparar seus conventos, suas igrejas, seus palácios, toda a sua arquitetura voluptuosa, para construir seus barcos e seus navios, forma um capítulo da história da exploração econômica do Brasil pela Metrópole [...] que um dia precisa ser escrito com vagar e minúcia. Gilberto Freyre

## RESUMO

Referência: FREITAS, Ivan Araripe de Paula, **Análise da dinâmica de ocupação e uso da terra utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento: o caso da Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra de Baturité (CE)**, 50f. Dissertação do Curso de Mestrado em Planejamento e Gestão Ambiental, Universidade Católica de Brasília (UCB), Brasília, 2012.

O presente estudo se propôs a analisar a dinâmica de ocupação e uso da terra na região delimitada pela Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra de Baturité (CE), utilizando técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, no período 1970-2007. O estudo utilizou cartas topográficas e imagens do satélite LANDSAT 5 TM, empregando técnicas de classificação não supervisionada ISODATA para elaborar mapas temáticos referentes ao ocupação e uso da terra na APA da Serra de Baturité em 1970, 1990, 1992, 1998, 2001, 2004 e 2007. O estudo comparou os indicadores de ação antrópica na região, em função da dinâmica revelada pelos mapas temáticos elaborados. O estudo mostra a importância da aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento na gestão ambiental.

Palavras-chave: Monitoramento ambiental. Sensoriamento remoto. Geoprocessamento. Mapeamento temporal. Floresta tropical. APA da Serra de Baturité.

## **ABSTRACT**

This study proposes to analyze the dynamics of land occupation and use at the rain forest environmental preserved area of APA da Serra de Baturité, at Ceará, Brazil, from 1970 to 2004. The study uses cartographic maps and LANDSAT 5 TM satellite images to produce, through non supervised classification methods, thematic maps related to 1970, 1990, 1992, 1998, 2001, 2004 and 2007. The study then compares the revealed antropic impact indicators. The study shows the importance of applying remote sensing and geoprocessing technics to environmental management.

Keywords: Environmental management. Remote sensing. Geoprocessing. Thematic maps. Rain forest.

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	7
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA</b>	11
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	20
<b>4 RESULTADO</b>	41
<b>5 DISCUSSÃO</b>	43
<b>6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES</b>	45
<b>REFERÊNCIAS</b>	46



## 1 INTRODUÇÃO

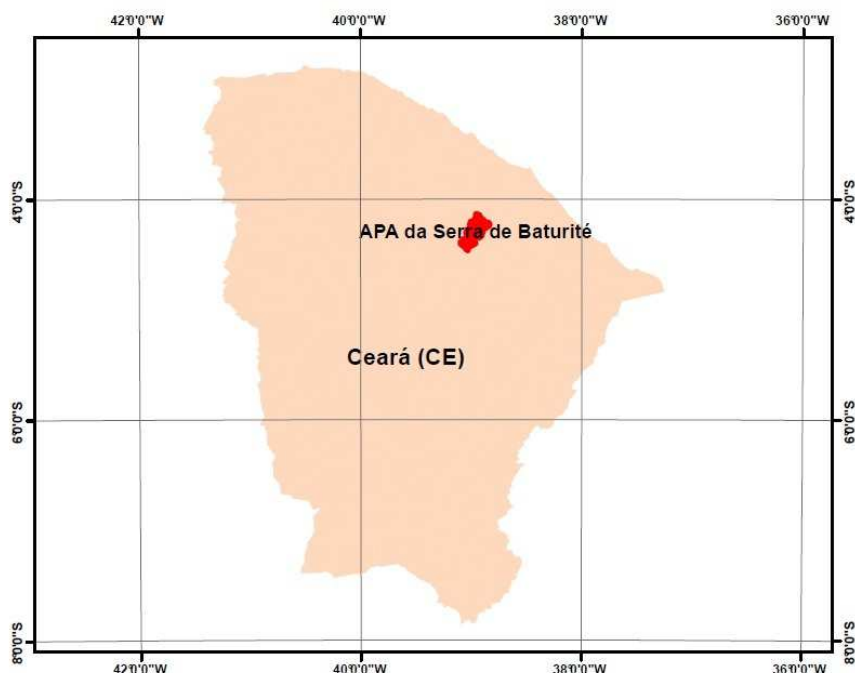
A Serra de Baturité, localizada no estado do Ceará (CE), a cerca de 100 km a sudoeste da região metropolitana de Fortaleza, representa um dos fragmentos remanescentes da Mata Atlântica no Nordeste brasileiro.

Também conhecida como maciço de Baturité, a região atinge altitude máxima de cerca de 900 metros e apresenta vegetação e clima (mata úmida, floresta ombrófila, clima temperado) diferenciados das localidades vizinhas, sendo considerada como um enclave de floresta tropical em pleno semiárido nordestino. (BÉTARD; PEULVAST; SALES, 2007)

Embora a Serra de Baturité apresente biodiversidade exemplar (de flora e fauna), é ainda considerada um ambiente frágil diante dos riscos de degradação decorrentes do extrativismo vegetal, do uso irregular da terra, do desenvolvimento agrícola e urbano, além da exploração do turismo.

Em 1990, o Governo do Estado do Ceará criou a Área de Proteção Ambiental (APA) da Serra de Baturité, por intermédio do Decreto Estadual nº 20.956 (de 18/09/1990), ocupando uma área de 326,9 km<sup>2</sup>, delimitada acima da curva de nível de 600 metros, conforme apresentado na Figura 1 a seguir.

Figura 1: Cartograma de localização da APA da Serra de Baturité no Estado do Ceará



A criação da APA Estadual da Serra de Baturité em 1990 teve por objetivo básico controlar a ocupação desordenada da terra e melhorar as condições ambientais, considerando a importância das fontes hídricas compreendidas, bem como da biodiversidade de flora e fauna locais, com alto grau de espécies endêmicas.

Apenas quatro municípios cearenses possuem suas sedes e a maior parte de seu território dentro dos limites definidos para a APA Estadual da Serra de Baturité, a saber: Pacoti, Guaramiranga, Mulungu e Aratuba.

A área de influência direta da APA Estadual da Serra de Baturité inclui ainda outros municípios parcialmente inseridos nos limites da APA (tais como Baturité e Itapiúna) ou limítrofes à APA (como Canindé e Caridade).

Além de apresentar índices de precipitação (1.700 mm/ano) superiores ao dobro da média das regiões semiáridas vizinhas, a Serra de Baturité constitui o mais importante dispersor de drenagem a contribuir para o abastecimento hídrico da região metropolitana de Fortaleza (CE). (TABARELLI; MELO; LIRA, 2006)

Figura 2: Cartograma de drenagem da Região Metropolitana de Fortaleza (CE)

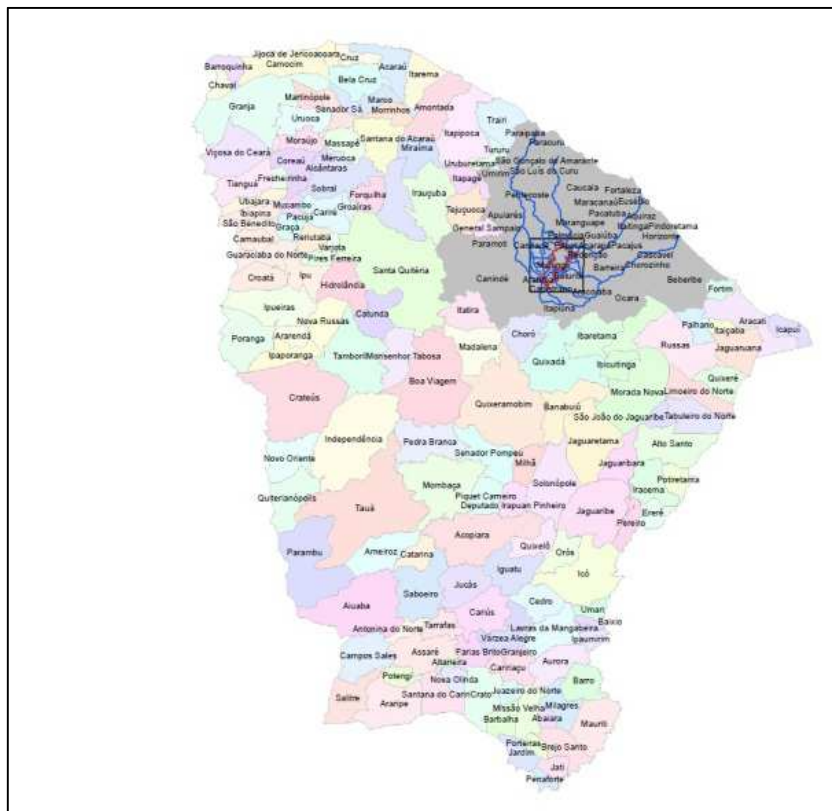
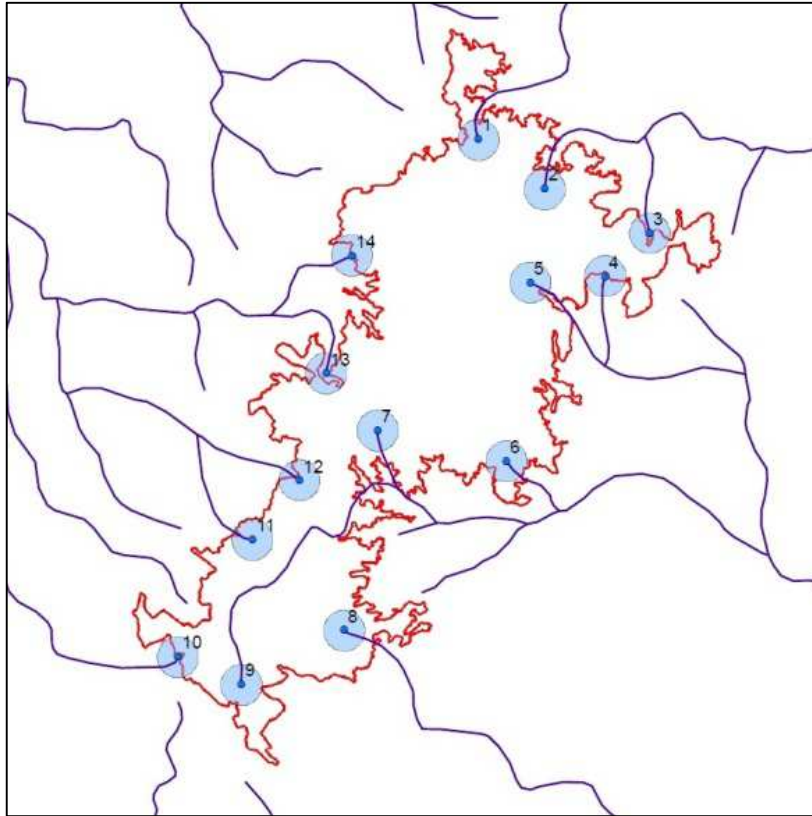


Figura 3: Cartograma da localização das nascentes hídricas na APA da Serra de Baturité (CE)



A gestão eficiente da APA da Serra de Baturité, coordenada pelo governo do Estado, bem como a exploração do turismo ecológico em pequenos sítios, contribuíram para que a APA da Serra de Baturité fosse considerada o melhor exemplo de conservação da vegetação de mata úmida no Ceará. (TABARELLI; MELO; LIRA, 2006)

Por outro lado, o desenvolvimento recente de: a) técnicas de sensoriamento remoto, com base em imagens produzidas por satélites; b) de ferramentas de geoprocessamento; e c) da capacidade computacional têm facilitado a elaboração de mapeamento temporal da cobertura vegetal de áreas de interesse, contribuindo para a análise da dinâmica de ocupação e uso da terra ao longo de determinados períodos de tempo. (NOVO, 2008)

A interpretação e classificação supervisionada de imagens de satélite, bem como a elaboração de mapas temáticos, entre outras técnicas, permitem identificar tendências no uso e ocupação da terra nas áreas de interesse, bem como estabelecer avaliações, modelos e estratégias de atuação complementar para a política ambiental. (NOVO, 2008)

A utilização destas técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento permite avaliar as condições existentes na área sob estudo, antes, à época e após a criação da APA da Serra de Baturité, a partir das informações disponíveis, visando produzir o mapeamento temporal da cobertura vegetal e de ocupação e uso da terra desta região, ao longo do período considerado.

Face ao exposto, o presente estudo apresenta como objetivo geral analisar a dinâmica de ocupação e uso da terra verificada na região da APA Estadual da Serra de Baturité (CE), por intermédio da elaboração de mapeamento temporal da cobertura vegetal da região, no período de 1970 a 2007.

Como objetivos específicos, o presente estudo se propõe a:

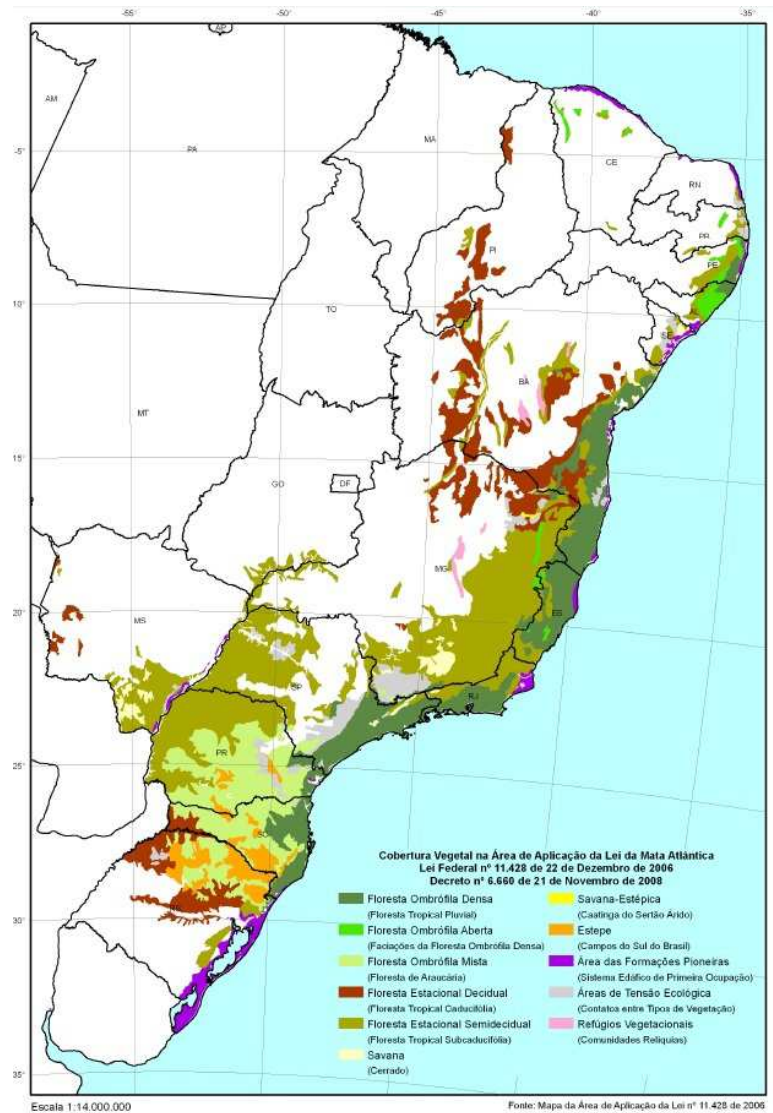
- a) estimar o risco ambiental ao qual a região estaria submetida, caso a APA da Serra de Baturité não tivesse sido criada, mantendo-se a tendência de antropismo verificada entre 1970 e 1990; e
- b) avaliar a capacidade de recuperação ambiental resultante após a criação da APA da serra de Baturité, no período de 1990 a 2007.

Com base no mapeamento temporal elaborado pelo presente estudo, foi possível identificar e analisar a dinâmica apresentada pela cobertura vegetal da área ao longo do período em pauta, e assim melhor avaliar os resultados (concretos, práticos) produzidos pela criação da APA Estadual da Serra de Baturité, visando contribuir para o aperfeiçoamento da política ambiental e do processo de gestão ambiental.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

A Mata Atlântica, reconhecida pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO) em 1992 como patrimônio ambiental da humanidade, é considerada uma das maiores florestas tropicais do planeta. Estendendo-se ao longo da costa brasileira, desde o estado do Ceará até o Rio Grande do Sul, conforme apresentado no cartograma da Figura 4, a seguir, a Mata Atlântica compreende diversos ecossistemas ameaçados pela ação humana. (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial - INPE, 1996)

Figura 4: Cartograma do Domínio da Mata Atlântica



Fonte: INPE, 1996

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) define o Domínio da Mata Atlântica (nos termos do Decreto nº 750/93, de 10/02/1993) como o espaço que contém aspectos fitogeográficos e botânicos que tenham influência das condições climatológicas peculiares do mar, incluindo as áreas associadas delimitadas segundo o Mapa de Vegetação do Brasil (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 1993), que inclui as florestas ombrófila densa, floresta ombrófila mista, floresta ombrófila aberta, floresta estacional semidecidual e floresta estacional decidual, manguezais, restingas e campos de altitude associados, brejos interioranos e encaves florestais da Região Nordeste.

Considerando esta definição do CONAMA para o Domínio da Mata Atlântica, em conjunto com o Mapa de Vegetação do IBGE (1993), estima-se que em 1500 este bioma cobria pelo menos cerca de 1.300.000 km<sup>2</sup>, distribuído principalmente entre as seguintes formações florestais básicas: floresta estacional semidecidual (49%), floresta ombrófila densa e aberta (18%) e floresta ombrófila mista (13%). (INPE, 1996)

Estudos recentes sobre a diversidade de espécies encontradas atualmente na Mata Atlântica (e seu respectivo grau de endemismo) revelam os seguintes indicadores: cerca de 20.000 espécies de plantas (33% das quais endêmicas), 261 espécies de mamíferos (61% endêmicas), 620 de aves (12%), 200 de répteis (30%) e 280 de anfíbios (90%). (MITTERMEIER et al., 2010)

De acordo com a literatura disponível (CAMARA, 2005), a enorme biodiversidade encontrada na Mata Atlântica se deve principalmente às amplas variações de latitude abrangidas pelo bioma (27° de latitude, de 3°S a 30°S), às diferenças de altitude (de 0 até 2.400 m) e à diversidade de regimes climáticos envolvidos.

A dinâmica de ocupação e uso da Mata Atlântica é resultado de sucessivos ajustes sistêmicos a condições impostas pela sociedade humana. (OLIVEIRA, 1998) A interpretação da estrutura e composição da paisagem florestal, portanto, só faz pleno sentido quando considera a história de suas relações com o homem. (CABRAL, 2008)

Estima-se a população residente na área de influência da Mata Atlântica no final do século XV entre cerca de 2 a 3 milhões de indígenas, constituindo uma sociedade caracterizada por reduzida pressão demográfica, alto grau de integração sócio-cultural com o ambiente florestal, economia de subsistência, com base na caça, pesca, extrativismo, cultura de mandioca e milho, comércio à base de trocas e tecnologia da idade da pedra polida.

Aos residentes nativos, foi acrescida a partir de 1500 a colonização europeia, predominantemente assentada a menos de 100 km do litoral, sob a influência dos diversos ciclos econômicos implantados: pau-brasil, couro, cana-de-açúcar, ouro, café, etc. Estima-se a população residente brasileira em 1750 em cerca de 1,5 milhão de habitantes, chegando a cerca de 3 milhões de habitantes em 1800.

Tais ciclos econômicos baseados principalmente no mercantilismo, na exportação e na monocultura, apresentam um fator em comum com a situação antecedente: sua completa dependência dos recursos florestais, seja na exploração de madeira de lei para exportação, como matéria prima para construção civil e lenha para combustível, seja na abertura de espaço, por meio do fogo, para fins militares e para a implantação de atividades de pecuária e agricultura. (FURTADO, 1976)

Desde 1500, a Mata Atlântica foi a principal fonte para a exportação de madeira de lei e de matéria prima para a construção civil no Brasil, com base em ferramentas braçais para o abate dos troncos, formação das toras e desmonte das pranchas, bem como na tração animal como única alternativa para a locomoção e transporte.

Celso Furtado menciona entre os principais gastos dos engenhos de cana-de-açúcar do Nordeste o gado para tração e o fornecimento de lenha para as caldeiras. (FURTADO, 1976) Entre as atividades integradas ao processo produtivo do engenho, Ferlini cita: tabaco, lavoura de subsistência, olarias, abastecimento de lenha para as fornalhas e de madeiras para as construções. (FERLINI, 1987)

Castro menciona cinco principais aplicações de madeira necessárias para a produção do engenho: instalação de cercas, reforma de construções, fabrico e manutenção de carros de bois, construção de caixas para embalagem do açúcar e fornecimento de lenha para as caldeiras. (CASTRO, 2002)

No beneficiamento da madeira, as primeiras serrarias mecanizadas foram introduzidas no Brasil a partir de 1800, em 1820 já eram comuns, tendo sido registradas 53 serrarias em 1838 apenas em São Paulo. (DEAN, 1996) A indústria madeireira no Brasil passou a ser limitada pela deficiência dos meios de transporte e pela distância dos recursos florestais. Estima-se que em 1850 a população brasileira tenha atingido cerca de 8 milhões de habitantes.

Até 1900, época da introdução dos derivados de combustíveis fósseis e da eletricidade, e quando a população residente brasileira atingiu cerca de 18 milhões de habitantes, a lenha da Mata Atlântica foi a única fonte de combustível disponível para alimentar o desenvolvimento brasileiro, da mesma forma que a tração animal foi única alternativa de potência disponível no mesmo período 1500-1900. (FURTADO, 1976)

A indústria madeireira ganhou novo impulso a partir de 1920 (MONBEIG, 1984), com a implantação de meios de transporte, melhores equipamentos industriais, bem como de serrarias leves, com mobilidade para acompanhar a marcha do desenvolvimento.

A utilização secular do fogo para abertura de espaços na Mata Atlântica também apresenta uma ordem lógica, recorrente e fartamente documentada: primeiro para fins de ocupação militar, na presença de indígenas hostis, seguido de aceiros para fins de defesa militar, de queimadas para implantação de pastos extensivos e, finalmente, a transformação dos pastos já domados em lavoura, de subsistência ou monocultura. (CABRAL, 2008)

A partir de 1950, a abertura de novos espaços na paisagem florestal deixou de depender exclusivamente da utilização do fogo e de ferramentas manuais, passando a dispor de novas tecnologias de ocupação e exploração, representadas por tratores, correntes e moto-serras, ao tempo em que aumentava a demanda por carvão vegetal para uso siderúrgico.

A Mata Atlântica permaneceu como principal fonte de madeira para o Brasil até ser substituída pela Amazônia na metade do século passado. Cabral aponta que a modalidade predatória da indústria madeireira que ajudou a selar a sorte da Mata



Atlântica não desapareceu, apenas migrou para o bioma ao lado. (CABRAL; CESCO, 2007)

Estima-se que a população brasileira em 1950 tenha atingido cerca de 52 milhões de habitantes, 100 milhões em 1973, 150 milhões em 1993 e 166 milhões em 2000. (IBGE, 2012)

Estimativas oficiais consideram que em 2010 restavam preservados 11,0% da cobertura vegetal original deste bioma no território brasileiro, conforme dados provenientes do Relatório Atlas de Remanescentes da Mata Atlântica 2008 2010 – INPE, apresentados na Tabela 1, a seguir. (INPE, 1996)

Os dados indicam que a área total ocupada na Mata Atlântica desde 1500 corresponde a cerca de 1.150.000 km<sup>2</sup>, equivalente ao território dos estados de Minas Gerais e Bahia somados.

As estimativas oficiais de preservação podem ser otimistas, tendo em vista admitirem um alto grau de fragmentação das parcelas remanescentes da Mata Atlântica (até o mínimo de 3 hectares, por exemplo).

Por outro lado, os números apresentados a seguir podem ser considerados conservadores, pois alguns autores apontam que a área ocupada pelo bioma no Nordeste pode ter sido muito maior, no começo da colonização portuguesa. (CAMARA, 2005)

Tabela 1: Domínio da Mata Atlântica (DMA)  
Área de cobertura original (em 1500) e remanescente (em 2010) em km<sup>2</sup>

UF	Área UF (km <sup>2</sup> )	DMA Lei 11.428	% DMA/UF	DMA Remanescente	% DMA Remanescente	Desmatamento Total
AL	28.112	14.955	53	1.428	9,55	13.527
BA	565.579	188.751	33	16.043	8,50	172.708
CE	146.376	9.107	6	598	6,57	8.509
ES	46.148	46.148	100	4.781	10,36	41.368
GO	341.271	10.514	3	494	4,70	10.020
MG	586.976	272.359	46	27.339	10,04	245.019
MS	361.936	63.666	18	3.601	5,66	60.065
PB	56.920	6.672	12	645	9,67	6.027
PE	99.296	18.088	18	2.166	11,97	15.922
PR	200.444	196.675	98	19.606	9,97	177.068
RJ	43.945	43.945	100	8.078	18,38	35.867
RN	53.641	3.439	6	302	8,78	3.137

cont.

UF	Área UF (km <sup>2</sup> )	DMA Lei 11.428	% DMA/UF	DMA Remanescente	% DMA Remanescente	Desmatamento Total
RS	284.031	137.594	48	10.265	7,46	127.329
SC	95.910	95.910	100	21.195	22,10	74.715
SE	22.147	11.979	54	851	7,11	11.128
SP	248.732	169.189	68	24.388	14,41	144.801
Total	3.181.464	1.288.990	41	141.782	11,00	1.147.208

Fonte: IBGE, 2011

O cartograma da Figura 5, a seguir, representa uma estimativa do INPE sobre a disposição da área ocupada pela Mata Atlântica no século XV, bem como uma previsão da área do bioma remanescente em 1990. (INPE, 2001)

Figura 5: Cartograma da Mata Atlântica original (1500) e remanescente (1990)



Fonte: INPE, 1990

A partir dos números apresentados na Tabela 1 verifica-se que no Nordeste, por exemplo, a Mata Atlântica original foi reduzida de cerca de 253.000 km<sup>2</sup> (7,9% do território) para cerca de 22.000 km<sup>2</sup> (8,7% da área original, 0,7% do território).

As áreas de Mata Atlântica remanescentes no Nordeste constituem hoje ambientes de exceção: são consideradas como brejos de altitude ou ilhas de sobrevivência, dotadas de fauna e flora próprias, incluindo diversas espécies sob risco de extinção. (BÉTARD; PEULVAST; SALES, 2007)

O presente estudo emprega conceitos básicos e referenciais teóricos de áreas distintas do conhecimento, compreendendo por um lado, sob a ótica da sustentabilidade socioambiental, o histórico de ocupação da Mata Atlântica e a importância da preservação das regiões remanescentes, e por outro lado, a possibilidade de aplicação de técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informação georeferenciada (SIG) como ferramentas para o gestor ambiental.

A necessidade de uma abordagem multidisciplinar para o estudo sistemático da sustentabilidade socioambiental é abordada por Pena-Vega em “O despertar ecológico: Edgar Morin e a ecologia complexa”. (PENA-VEGA, 2003)

A concepção das paisagens florestais como resultado de sucessivos ajustes sistêmicos impostos pela sociedade humana é apresentada por Oliveira em “Processos naturais e antrópicos na evolução da paisagem florestal em regiões tropicais”. (OLIVEIRA, 1998)

A delimitação e caracterização da Mata Atlântica foram alvo de estudo de Warren Dean em “A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira”. (DEAN, 1996)

A falta generalizada de dados e estudos sistemáticos sobre a exploração de madeira no Brasil é apontada por Lapa, em “História econômica do período colonial”. (LAPA, 2002)

Miller, em “Fruitless Trees: Portuguese conservation and Brazil's colonial timber” (MILLER, 2000), bem como Cabral e Cesco em “Árvores do rei, floresta do povo: a instituição das ‘madeiras-de-lei’ no Rio de Janeiro e na ilha de Santa Catarina (Brasil) no final do período colonial” (CABRAL; CESCO, 2007) contribuem com estudos sistemáticos sobre a indústria madeireira no Brasil.

Sobre a demanda por recursos florestais no complexo produtivo dos engenhos de cana-de-açúcar cabe destacar Celso Furtado em “Formação

econômica do Brasil” (FURTADO, 1976), Gilberto Freyre em “Nordeste: aspectos da influência da cana sobre a vida e a paisagem do Nordeste do Brasil” (FREYRE, 2004), Caldeira em “A nação mercantilista” (CALDEIRA, 1999), Ferlini em “A civilização do açúcar (século XVI a XVIII)” (FERLINI, 1987) e Castro em “Gestão Florestal no Brasil Colônia” (CASTRO, 2002).

Cabral e Cesco apresentam dados sobre a exportação de madeira de lei da Mata Atlântica em “Árvores do rei, floresta do povo: a instituição das ‘madeiras-de-lei’ no Rio de Janeiro e na ilha de Santa Catarina (Brasil) no final do período colonial” (CABRAL; CESCO, 2007).

Sobre a demanda por madeira de lei da Mata Atlântica para a construção naval, cabe citar Morton em “The royal timber in late colonial Bahia” (MORTON, 1978) e Hutter em “A madeira do Brasil na construção e reparos de embarcações”. (HUTTER, 1986)

Warren Dean em “A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira” (op. cit.) e Monbeig em “Pioneiros e fazendeiros de São Paulo” (op. cit.) apresentam dados sobre a implantação de serrarias no Brasil contemporâneo.

As técnicas de sensoriamento remoto evoluíram ao longo dos últimos 40 anos, compreendendo o desenvolvimento de sensores (como o tipo TM Thematic Mapping), instalados a bordo de satélites (como o LANDSAT, séries 1 a 7), capazes de registrar a Radiação Eletro Magnética (REM), em diversas bandas de frequência, e assim produzir imagens digitais da superfície do planeta. (NOVO, 2008)

Estas imagens recebidas em terra passam por tratamento digital, podendo compreender correções radiométricas e geométricas, bem como por técnicas de realce de alvos, tais como ampliação de contraste, composição de cores e matemática de banda. (NOVO, 2008)

Com a capacidade de processamento de dados evoluindo exponencialmente desde 1970, os novos computadores tornaram possível o desenvolvimento de algoritmos complexos para o tratamento de grande volume de dados, resultando em técnicas de classificação de imagens digitais de satélites, com ou sem supervisão humana. (NOVO, 2008)

Esta maior capacidade computacional também levou recentemente ao desenvolvimento de sistemas de informação geograficamente referenciada (GIS), permitindo integrar ao processamento das imagens orbitais uma série de dados adicionais, tais como informações estatísticas, cadastrais, cartográficas, temporais, etc., que possibilitam a construção de modelos matemáticos dedicados a simulação e previsão. (MITCHEL, 2005)

Na integração destas ferramentas computacionais, aplicadas ao tratamento de imagens orbitais, cabe destacar a importância do sistema de posicionamento geográfico (GPS, também com base em satélites), bem como a disponibilização de imagens orbitais de alta definição por intermédio da internet. (MITCHEL, 2005)

Com o desenvolvimento mais recente de novos sensores, com maior resolução espacial, sensores hiperespectrais, imagens de radar, novas gerações de satélites (como o IKONOS II e o CBERS-2), as possibilidades de aplicação na gestão ambiental tendem a se expandir. (NOVO, 2008)

As técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento utilizadas pelo INPE na elaboração das últimas versões do Relatório Atlas dos Remanescentes da Mata Atlântica Período 2008-2010 são as mesmas adotadas no presente estudo. (INPE, 2011)

Diversos trabalhos científicos apresentados nas últimas edições do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR) abordam a utilização de técnicas de geoprocessamento, com base no tratamento de imagens orbitais, para produção de mapeamento temporal, visando à análise da dinâmica de ocupação e uso da terra, aplicada a temas como, por exemplo: perícia de desflorestamento (ALVES; RUSSO, 2011), preservação florestal (KAZMIERCZAK et al., 1996), regeneração florestal (LIMA et al., 2011), desmatamento em APA (FERRAZ NETO; VIEIRA, 2011), identificação de conflitos com a legislação ambiental (SOARES et al., 2007) e gestão municipal (SOARES et al., 2011).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo pretende analisar a dinâmica de ocupação e uso da terra verificada na região da APA da Serra de Baturité a partir da observação de sete momentos distintos, ao longo de 37 anos:

- a) 1970, considerando duas Cartas Topográficas produzidas pela DSG do Ministério do Exército, em escala 1:100.000, folhas Baturité (SB.24-X-A-1) e Canindé (SB.24-V-B-1), ano de impressão 1972;
- b) 1990, com base em imagem do satélite LANDSAT 5 TM, de 19/08/1990, conforme informações dispostas a seguir;
- c) 1992, com base em imagem do satélite LANDSAT 5 TM, de 24/08/1992, conforme informações dispostas a seguir;
- d) 1998, com base em imagem do satélite LANDSAT 5 TM, de 10/09/1998, conforme informações dispostas a seguir;
- e) 2001, com base em imagem do satélite LANDSAT 5 TM, de 01/08/2001, conforme informações dispostas a seguir;
- f) 2004, com base em imagem do satélite LANDSAT 5 TM, de 12/10/2004, conforme informações dispostas a seguir; e
- g) 2007, com base em imagem do satélite LANDSAT 5 TM, de 03/09/2007, conforme informações dispostas a seguir.

As imagens do satélite LANDSAT 5 TM utilizadas para elaboração do estudo correspondem ao período de seca e foram obtidas por intermédio do serviço de Catálogo de Imagens do INPE, apresentando resolução espacial de 30 metros e baixa cobertura de nuvens sobre o quadrante 4, onde se localiza a APA Estadual da Serra de Baturité, alvo do presente estudo.

A seguir são apresentadas tabelas contendo informações básicas sobre as imagens do satélite LANDSAT 5 TM utilizadas pelo presente estudo, tais como órbita, ponto, orientação, ângulo nadir, azimuth e elevação do sol, bem como a cobertura de nuvens por quadrante:

Tabela 2: Informações sobre as imagens do satélite LANDSAT 5 TM de 19/08/1990:

Satélite	L5
Sensor	TM
Órbita	217
Ponto	63
Data de Passagem	1990-08-19
Sceneld	L5TM21706319900819
Revolução	34393
Latitude Norte	-3.42797
Longitude Oeste	-39.95960
Latitude Sul	-5.25006
Longitude Leste	-38.59020
Tempo Central (GMT)	12:06:45
Orientação da Imagem	8.19998
Ângulo Nadir	41.5385
Azimuth Sol	64.906
Elevação do Sol	48.4615
Cobertura de Nuvens	
Q1 10	Q2 20
Q3 30	Q4 10

Fonte: INPE, 1990

Tabela 3: Informações sobre as imagens do satélite LANDSAT 5 TM de 24/08/1992:

Satélite	L5
Sensor	TM
Órbita	217
Ponto	63
Data de Passagem	1992-08-24
Sceneld	L5TM21706319920824
Revolução	45112
Latitude Norte	-3.42668
Longitude Oeste	-39.96400
Latitude Sul	-5.25162
Longitude Leste	-38.59770
Tempo Central (GMT)	12:09:12
Orientação da Imagem	8.19998
Ângulo Nadir	39.9947
Azimuth Sol	67.0086
Elevação do Sol	50.0053
Cobertura de Nuvens	
Q1 10	Q2 0
Q3 10	Q4 0

Fonte: INPE, 1992

Tabela 4: Informações sobre as imagens do satélite LANDSAT 5 TM de 10/09/1998:

Satélite	L5
Sensor	TM
Órbita	217
Ponto	63
Data de Passagem	1998-09-10
Sceneld	L5TM21706319980910
Revolução	77269
Latitude Norte	-3.42011
Longitude Oeste	-39.91250
Latitude Sul	-5.25785
Longitude Leste	-38.54650
Tempo Central (GMT)	12:25:30
Orientação da Imagem	8.19998
Ângulo Nadir	32.9825
Azimuth Sol	73.7029
Elevação do Sol	57.0175
Cobertura de Nuvens	
Q1 20	Q2 10
Q3 10	Q4 0

Fonte: INPE, 1998

Tabela 5: Informações sobre as imagens do satélite LANDSAT 5 TM de 01/08/2001:

Satélite	L5
Sensor	TM
Órbita	217
Ponto	63
Data de Passagem	2001-08-01
Sceneld	L5TM21706320010801
Revolução	92646
Latitude Norte	-3.41887
Longitude Oeste	-39.98320
Latitude Sul	-5.25943
Longitude Leste	-38.62050
Tempo Central (GMT)	12:27:08
Orientação da Imagem	8.19998
Ângulo Nadir	39.9794
Azimuth Sol	54.9548
Elevação do Sol	50.0206
Cobertura de Nuvens	
Q1 10	Q2 0
Q3 50	Q4 0

Fonte: INPE, 2001



Tabela 6: Informações sobre as imagens do satélite LANDSAT 5 TM de 12/10/2004:

Satélite	L5
Sensor	TM
Órbita	217
Ponto	63
Data de Passagem	2004-10-12
Sceneld	L5TM21706320041012
Revolução	9656
Latitude Norte	-3.43310
Longitude Oeste	-39.96060
Latitude Sul	-5.24483
Longitude Leste	-38.58300
Tempo Central (GMT)	12:31:15
Orientação da Imagem	8.19998
Ângulo Nadir	0
Azimuth Sol	97.7729
Elevação do Sol	62.4027
Cobertura de Nuvens	
Q1 10	Q2 10
Q3 0	Q4 10

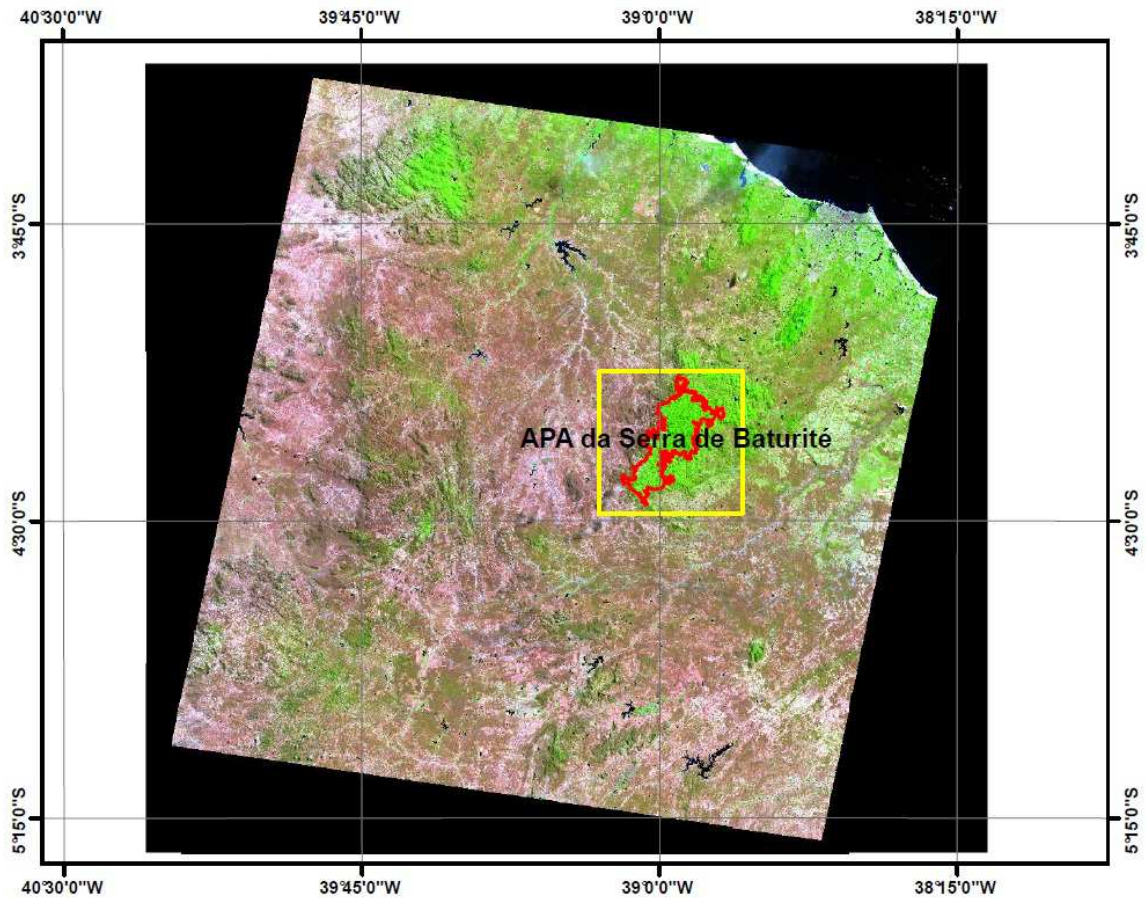
Fonte: INPE, 2004

Tabela 7: Informações sobre as imagens do satélite LANDSAT 5 TM de 03/09/2007

Satélite	L5
Sensor	TM
Órbita	217
Ponto	63
Data de Passagem	2007-09-03
Sceneld	L5TM21706320070903
Revolução	25034
Latitude Norte	-3.43412
Longitude Oeste	-39.90100
Latitude Sul	-5.24411
Longitude Leste	-38.52060
Tempo Central (GMT)	12:39:58
Orientação da Imagem	8.19998
Ângulo Nadir	0
Azimuth Sol	67.0742
Elevação do Sol	59.0029
Cobertura de Nuvens	
Q1 0	Q2 0
Q3 10	Q4 0

Fonte: INPE, 2007

Figura 6: Localização da APA da Serra de Baturité nas imagens de satélite LANDSAT 5 TM



A partir das referidas Cartas Topográficas e das imagens de satélite, foram produzidos mapas temáticos sobre a ocupação e o uso da terra na área da APA da Serra de Baturité, referentes aos anos sob estudo.

Os mapas temáticos e de localização produzidos pelo autor para a elaboração do presente estudo seguem as recomendações contidas no Manual Técnico de Uso da Terra, publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (IBGE, 2006)

Os mapas temáticos produzidos pelo autor para a elaboração do presente estudo adotam o Sistema de Projeção UTM, com Datum WGS 1984 Zona 24S, na Escala 1:100.000.

Para composição de cores das referidas imagens do satélite LANDSAT 5 TM, foi adotado o padrão RGB, com a seguinte sequência de bandas: RGB 453.

Para o processo de interpretação das imagens do satélite LANDSAT 5 TM, foi adotado o método de classificação não supervisionada ISODATA, determinando-se 10 classes de alvos e 10 interações (reprocessamento da classificação de clusters).

A seguir, as áreas foram classificadas em apenas dois tipos: *a)* com cobertura vegetal preservada (nuvem, sombra, mata densa, mata ciliar e cerrado); e *b)* com evidência de ação antrópica (cultura agrícola, solo exposto e uso urbano).

Para o tratamento das imagens do satélite LANDSAT 5 TM empregadas no presente estudo, bem como para sua interpretação e produção dos mapas vetoriais, foi utilizado o aplicativo ENVI ITT versão 4.8.

Para organização dos arquivos vetoriais, elaboração dos mapas temáticos, topográficos, estatísticas, etc., bem como para elaboração das figuras de apresentação constantes do presente estudo, foi empregado o aplicativo ARCGIS ESRI Desktop versão 10.

Para o tratamento das informações compreendidas no presente estudo foram utilizados dois computadores, equipados com processadores Intel série i7-980 (12 GB RAM) e i7-940 (8 GB RAM), instalados com o sistema operacional Microsoft Windows7 Pro.

O mapeamento temporal da região da APA da Serra de Baturité, conforme exposto anteriormente, permitiu produzir subsídios para a análise da dinâmica de uso da terra, verificada entre as determinadas categorias de uso e ocupação, classificadas entre antrópicas e não antrópicas.

A escala de 1:100.000 adotada nas referidas Cartas Topográficas de 1970 permitiu identificar a cobertura vegetal original, bem como o uso e ocupação da terra na região em estudo, 20 anos antes da criação da APA da Serra de Baturité, quando o nível de ação antrópica sobre aquele bioma florestal ainda não era significativo.

Os procedimentos técnicos inicialmente adotados no presente estudo compreenderam a vetorização das folhas Canindé e Baturité das referidas Cartas Topográficas, seguida de seu georreferenciamento, considerando que a área ocupada pela APA da Serra de Baturité tem representação parcial em ambas as

referidas folhas cartográficas. A justaposição resultante dessas cartas topográficas vetoriais foi considerada como a base topográfica da área em estudo.

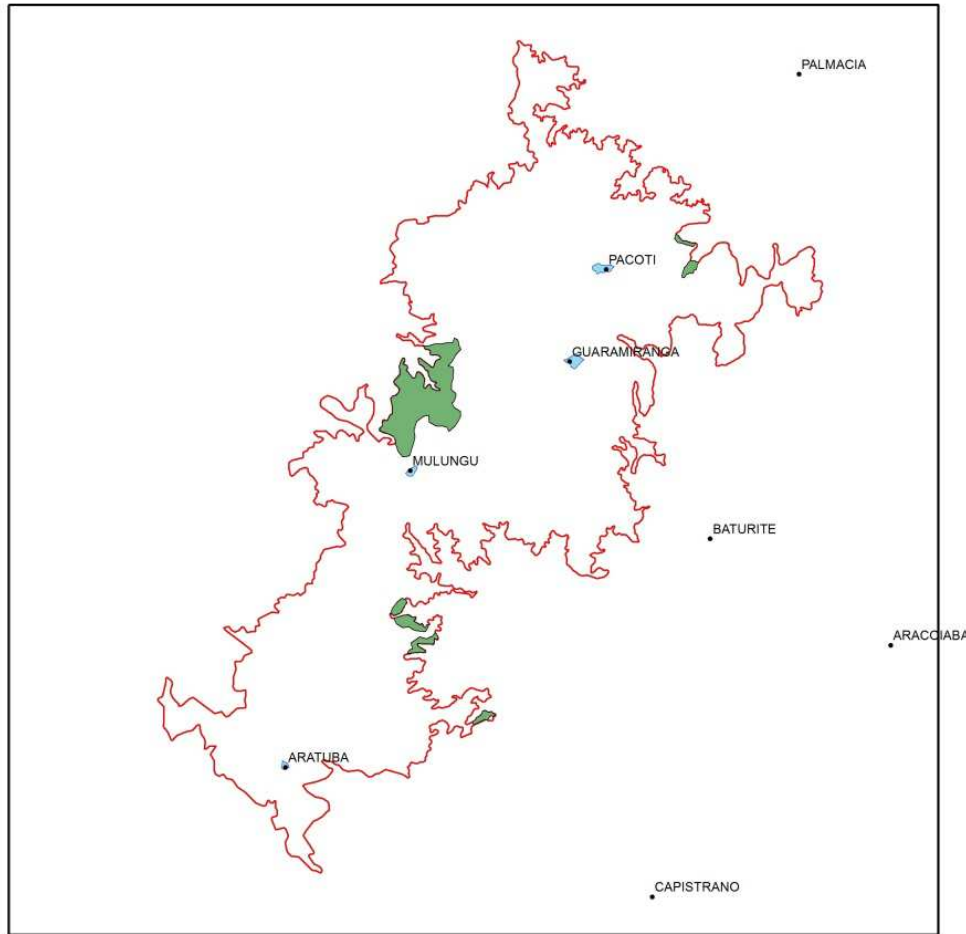
Sobre a justaposição dessas carta topográfica consolidadas em arquivo vetorial, foram sobrepostas em camadas outras estruturas vetoriais disponíveis (arquivos shape, de formato .shp), tais como limites municipais, localização das sedes dos municípios, rede viária, sistema de drenagem, bem como os limites geográficos da APA da Serra de Baturité (Fontes: IBGE, Embrapa – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária e MMA – Ministério do Meio Ambiente).

A seguir, foi estabelecida arbitrariamente uma área de trabalho de forma quadrada, com 40 km de lado, centrada sobre os limites da APA da Serra de Baturité, para servir como moldura de trabalho para o desenvolvimento do estudo em pauta. A referida moldura de trabalho foi aplicada sobre as cartas topográficas justapostas, de forma a produzir um recorte contendo apenas a área da APA em estudo e as regiões do entorno próximo.

A partir da referida moldura e das cartas topográficas justapostas, foi então elaborado um mapa temático que tente reproduzir as condições de cobertura vegetal da área em estudo, conforme verificadas *in loco* por equipes técnicas do Ministério do Exército, no início da década de 1970, portanto 20 anos antes da criação da APA da Serra de Baturité.

A produção do mapa temático referente a 1970, representando as condições da cobertura vegetal na área onde futuramente viria a ser constituída a APA da Serra de Baturité, somente foi possível devido à escala (1:100.000) adotada pelo Ministério do Exército, bem como à riqueza de detalhes representados nas referidas Cartas Topográficas, folhas Canindé e Baturité, identificando inclusive as culturas agrícolas eventualmente encontradas.

Figura 7: Cartograma do uso da terra na APA da Serra de Baturité (CE) em 1970



A análise do uso da terra na região da APA da Serra de Baturité em 1970, conforme apresentado na Figura 7, mostra que apenas 3,6 % da extensão da APA apresentavam sinais de ocupação humana, notadamente para uso urbano nas sedes municipais contidas nos limites da APA (Pacoti, Guaramiranga, Mulungu e Aratuba), além de uso agrícola para plantações de banana nas fronteiras da APA, nas regiões marcadas em verde no cartograma acima.

Com relação às imagens de satélite empregadas no presente estudo, foram escolhidas seis imagens disponíveis do satélite LANDSAT 5 TM, a primeira (de 1990) quando da criação da APA da Serra de Baturité, e a última (de 2007) cerca de 17 anos após a criação, visando registrar assim a dinâmica de ocupação e uso da terra verificada na região ao longo do período em estudo.

As imagens de satélite escolhidas para a elaboração do presente estudo foram produzidas pelo satélite LANDSAT 5 TM e apresentam as seguintes

características comuns: a) empregam os mesmos sensores, bandas, quadrantes e resolução espacial; b) correspondem ao período da seca; e c) apresentam baixa cobertura de nuvens no quadrante do alvo, favorecendo a tarefa subsequente de classificação não supervisionada.

Não foi considerado necessário que as imagens de satélite empregadas pelo presente estudo passassem por tratamento de ortorretificação, tendo em vista serem imagens produzidas originalmente em baixa resolução (30 metros).

Para a formação de ambas as imagens de satélite utilizadas, no que diz respeito à composição de cores no padrão RGB, o presente estudo adotou uma determinada sequência de bandas do satélite LANDSAT 5 TM (a saber: RGB 453), em função dos resultados de testes realizados com as bandas disponíveis e visando o objetivo de destacar os alvos desejados pelo estudo.

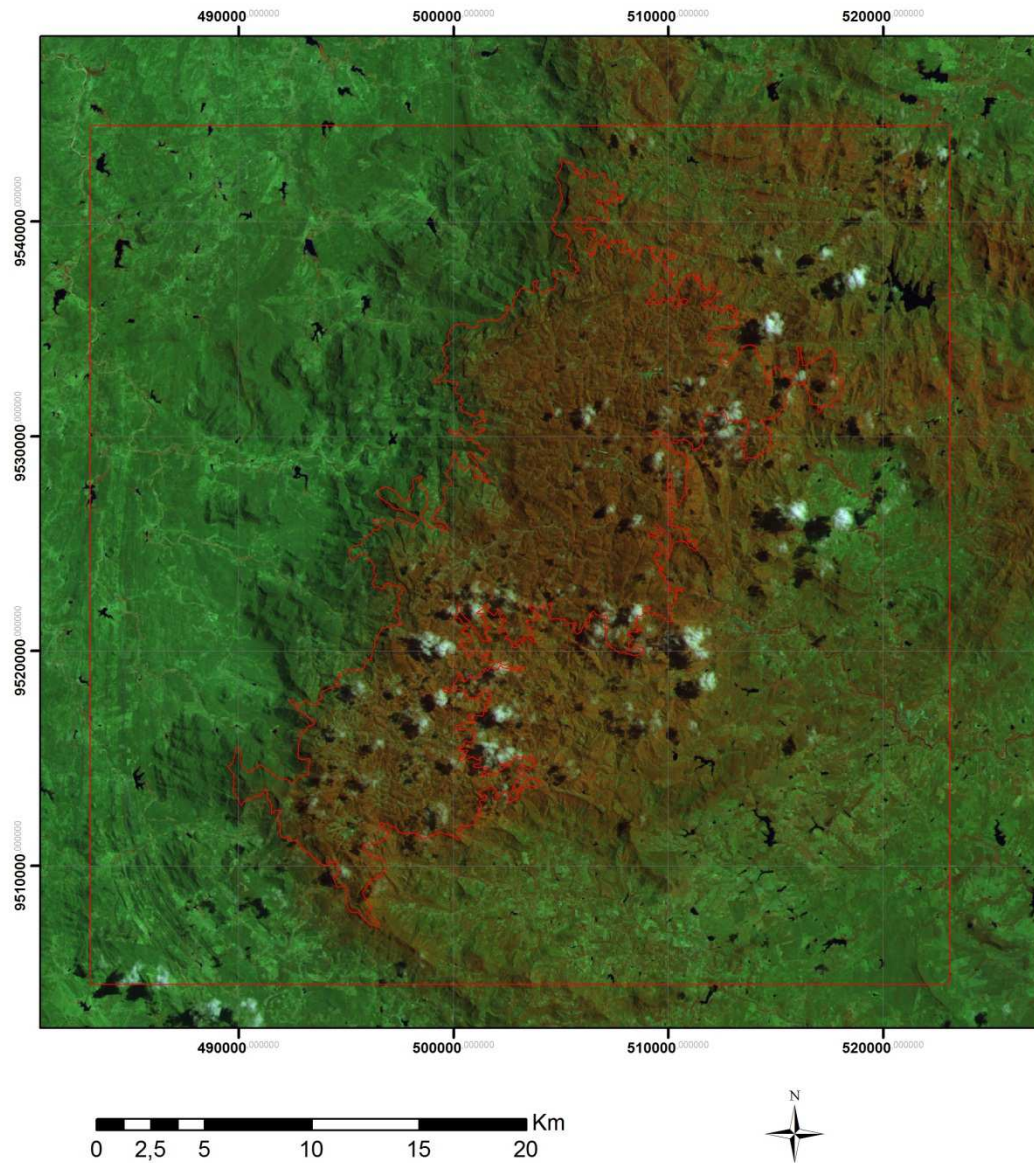
Não foi necessário fundir imagens de satélites, dado que a região a ser representada (a APA da Serra de Baturité e seu entorno, no limite da moldura estabelecida de 40 km x 40 km) aparece integralmente em cada imagem de satélite escolhida para a elaboração do presente estudo, conforme mostra a Figura 6.

A justaposição de cada imagem de satélite escolhida sobre a referida carta topográfica consolidada, elaborada anteriormente, foi conferida com determinados pontos fixos de controle, visando garantir a exatidão dos procedimentos adotados.

A mesma moldura de trabalho referida anteriormente, representando um quadrado com 40 km de lado, foi aplicada sobre as imagens de satélites disponíveis, com o objetivo de produzir um recorte dessas imagens, visando reduzir o tempo de processamento empregado na sua interpretação e classificação não supervisionada.

A seguir, procedeu-se à classificação não supervisionada, por método de ISODATA, dos recortes produzidos nas imagens de satélite escolhidas, visando a elaboração de mapas temáticos referentes a cada ano em estudo.

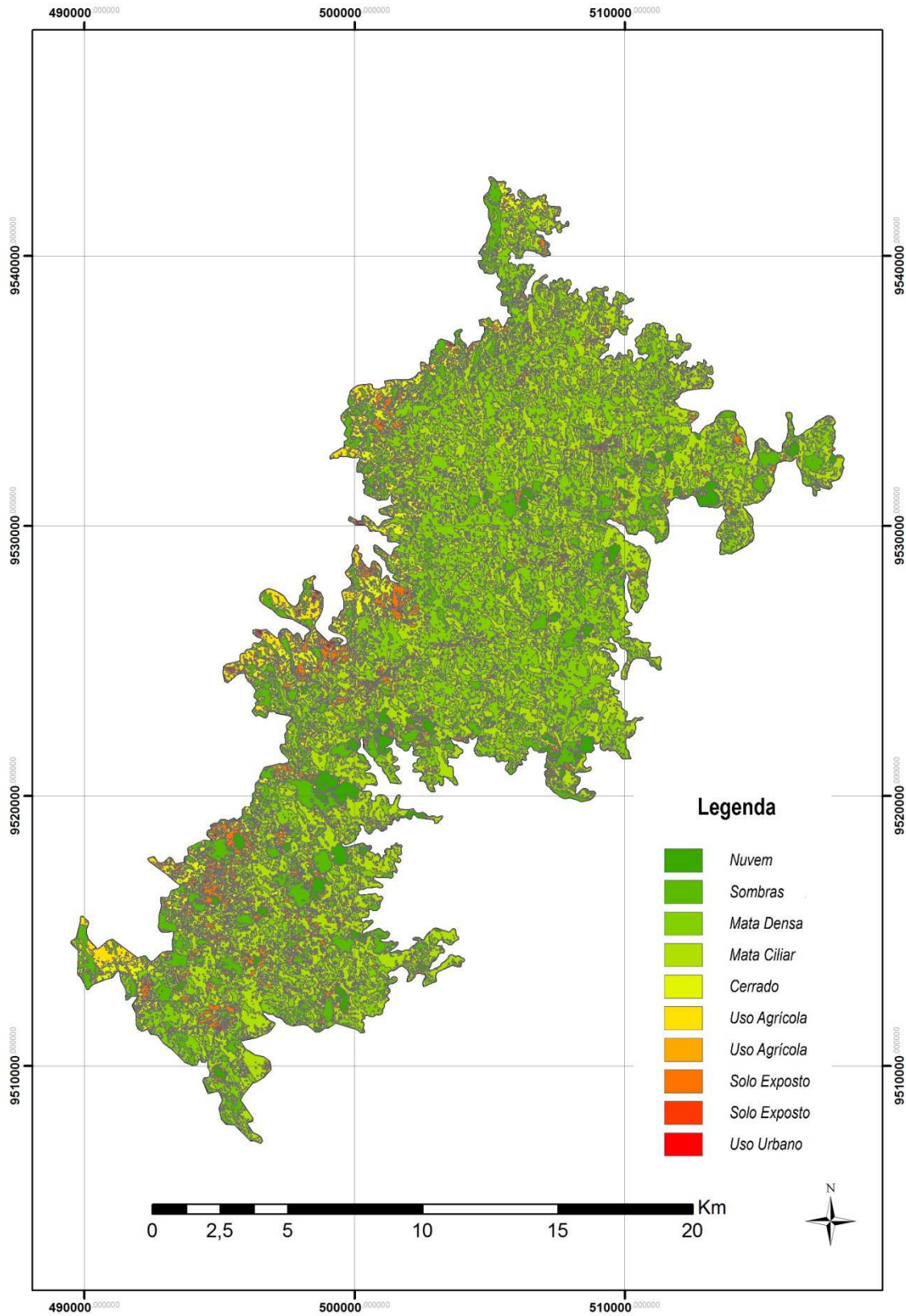
Figura 8: Resultado da composição de cores RGB 453 na imagem Landsat de 1990



Por intermédio da classificação não supervisionada das imagens de satélite foi possível identificar os seguintes tipos de alvo: mata densa, mata ciliar, cerrado, solo exposto, cultivo agrícola e uso urbano. Entre os alvos não identificados, destacam-se nuvens e suas sombras.

Os mapas temáticos de ocupação e uso da terra produzidos pelo presente estudo referem-se apenas à área compreendida pela APA de Serra de Baturité, não tendo sido classificadas as regiões externas ao perímetro da APA.

Figura 9: Mapa de uso da terra na APA da Serra de Baturité em 1990





O mapa temático de uso e ocupação da terra na região da APA da Serra de Baturité em 1990 elaborado pelo presente estudo é apresentado na Figura 9.

O tratamento de estatística espacial deste mapa da APA da Serra de Baturité em 1990 aponta 11,0 % de áreas não identificadas (nuvens e sombras) e um total de 20,1 % da área da APA com sinais de ocupação humana (agricultura, solo exposto e uso urbano).

Figura 10: Resultado da composição de cores RGB 453 na imagem Landsat de 1992

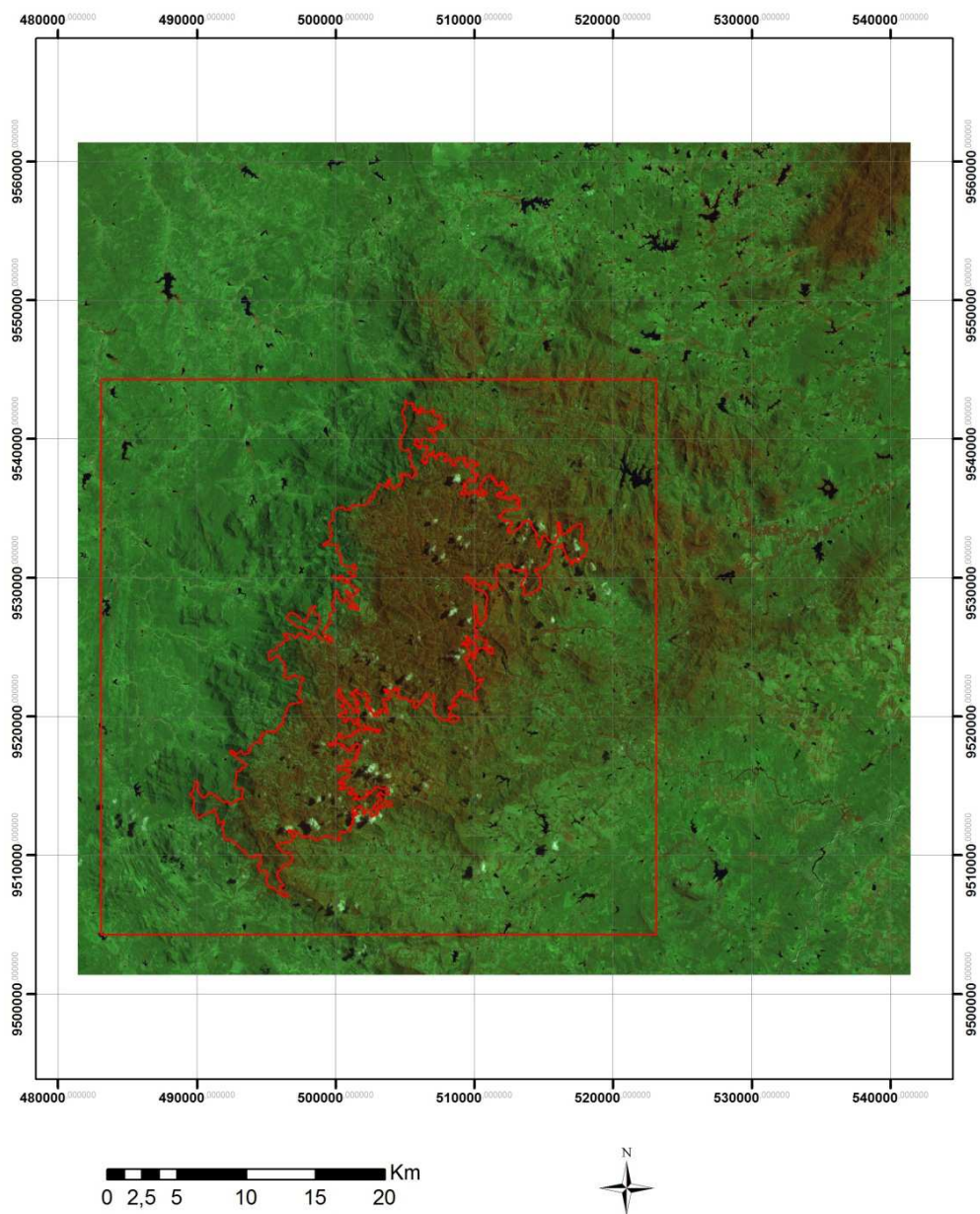
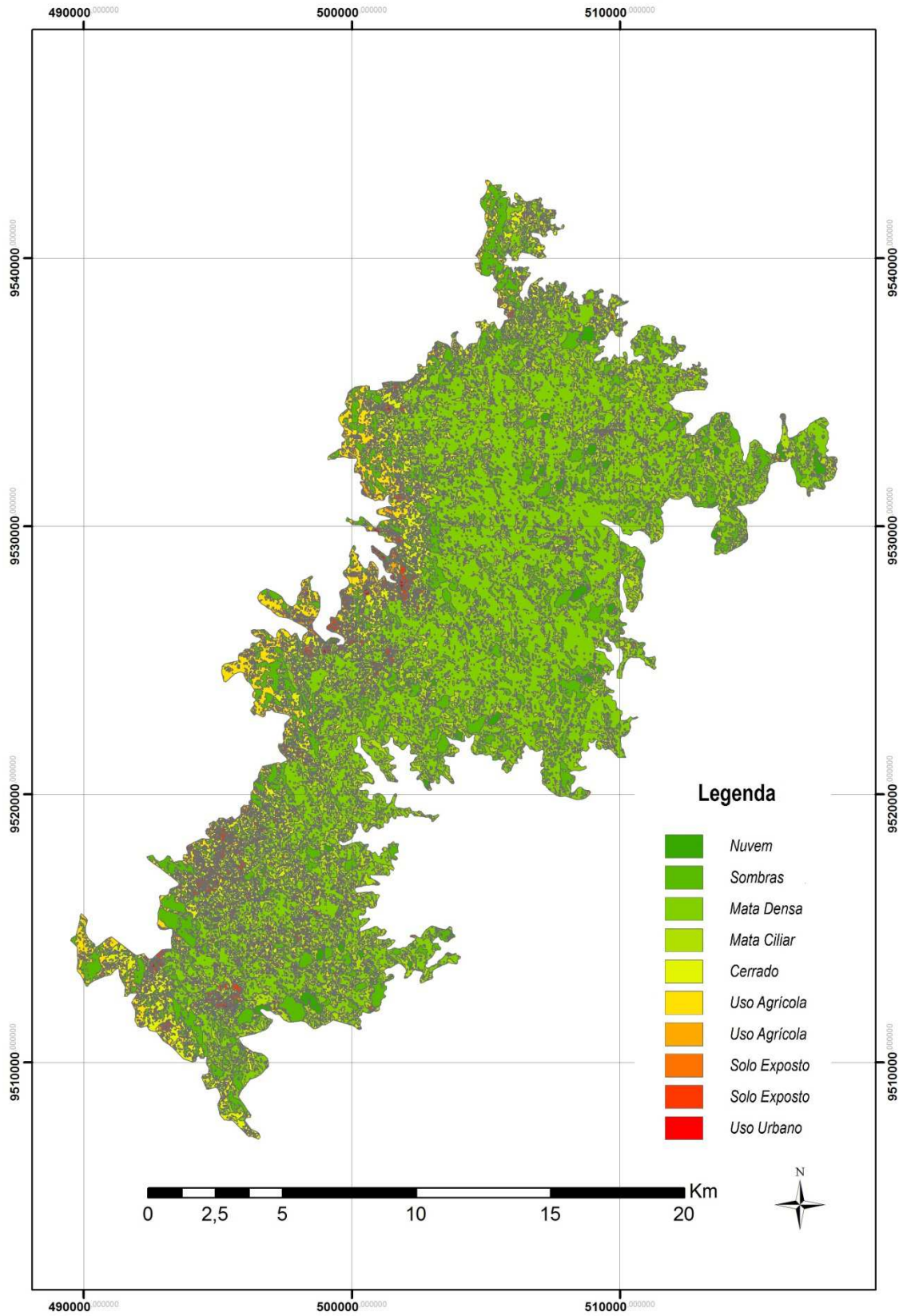


Figura 11: Mapa de uso da terra na APA da Serra de Baturité em 1992



O mapa temático de uso e ocupação da terra na região da APA da Serra de Baturité em 1992 elaborado pelo presente estudo é apresentado na Figura 11.

O tratamento de estatística espacial deste mapa da APA da Serra de Baturité em 1992 aponta 12,1 % de áreas não identificadas (nuvens e sombras) e um total de 20,5 % da área da APA com sinais de ocupação humana (agricultura, solo exposto e uso urbano).

Figura 12: Resultado da composição de cores RGB 453 na imagem Landsat de 1998

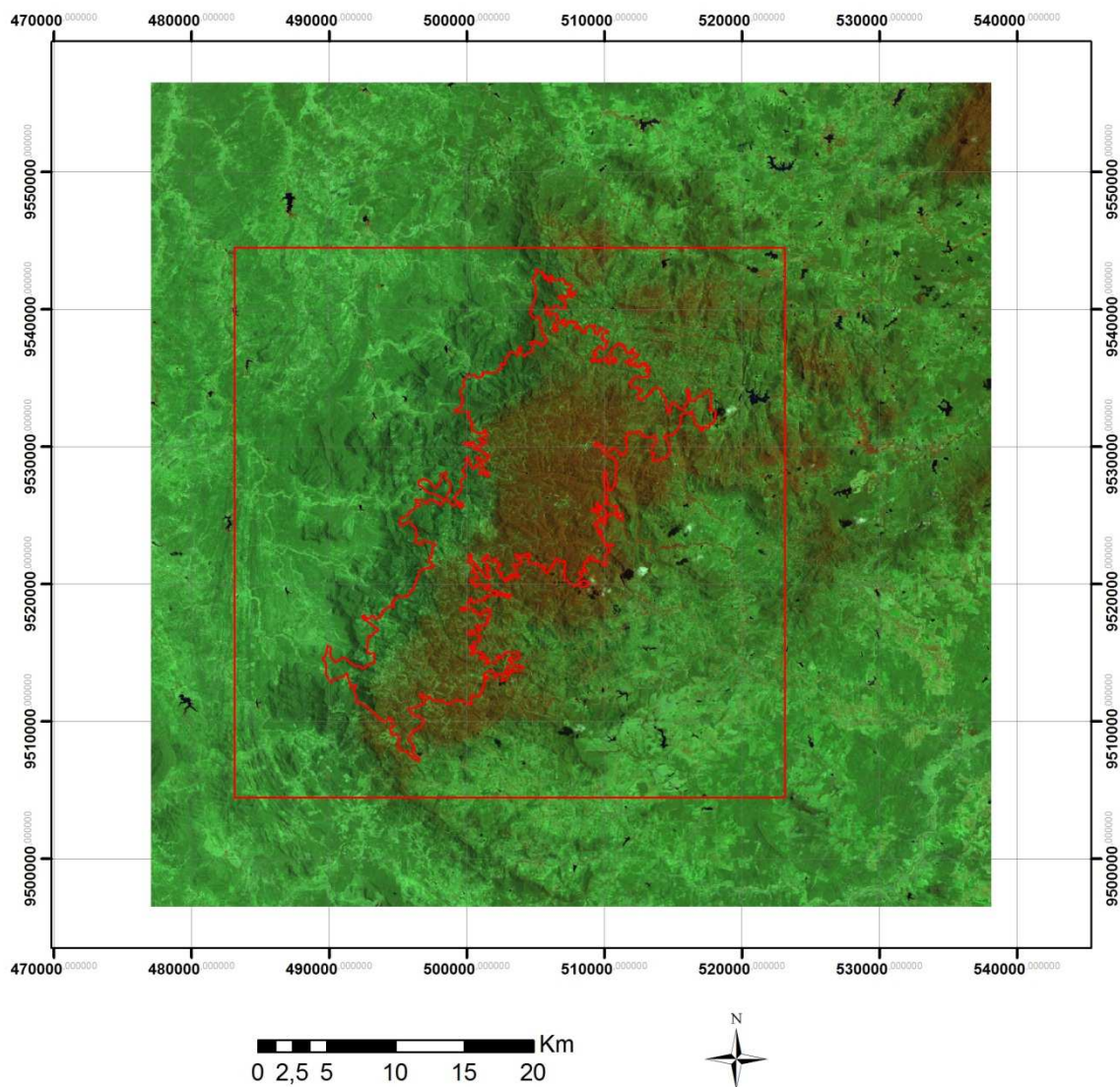
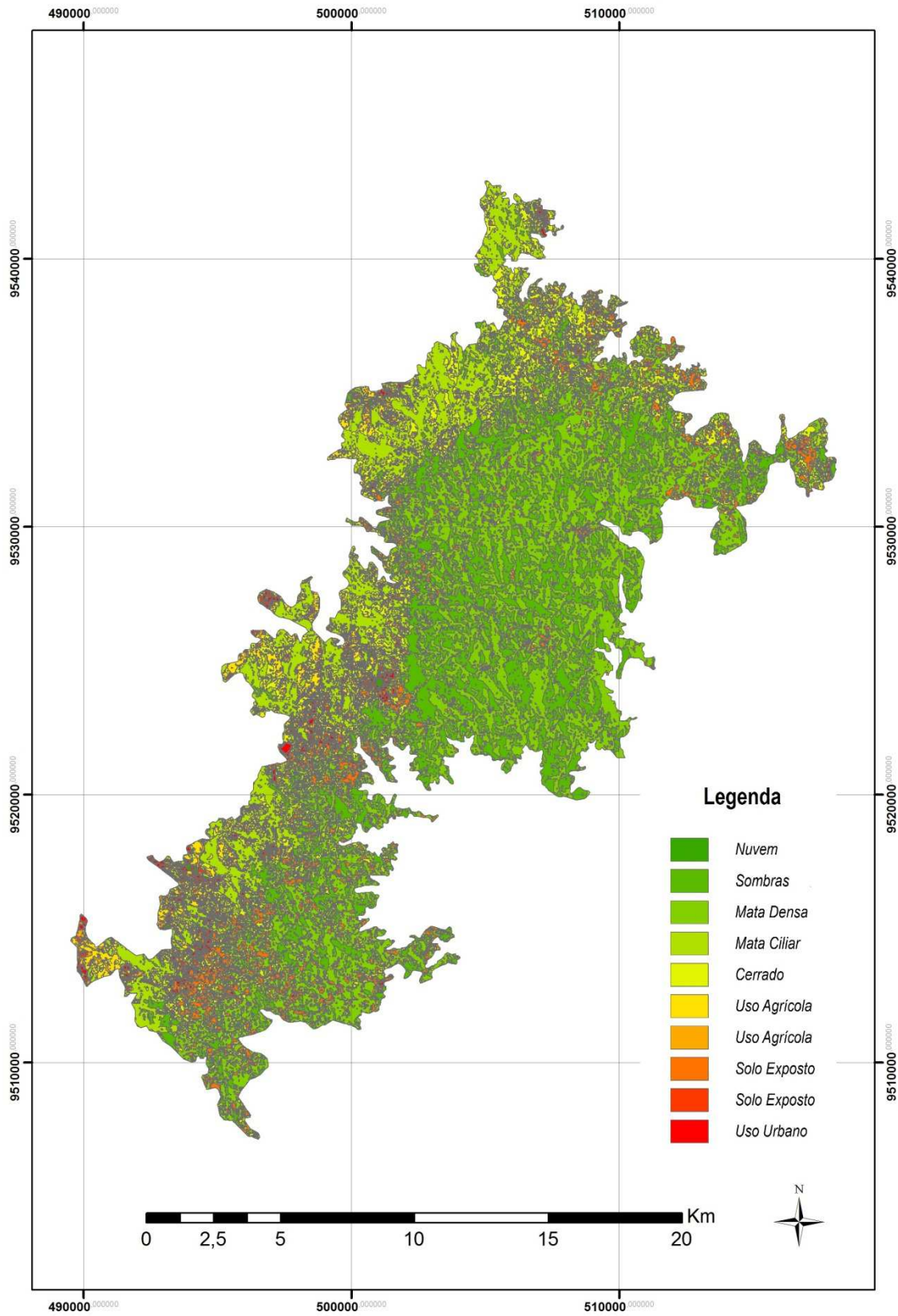


Figura 13: Mapa de uso da terra na APA da Serra de Baturité em 1998



O mapa temático de uso e ocupação da terra na região da APA da Serra de Baturité em 1998 elaborado pelo presente estudo é apresentado na Figura 13.

O tratamento de estatística espacial deste mapa da APA da Serra de Baturité em 1998 aponta 19,7 % de áreas não identificadas (nuvens e sombras) e um total de 14,2 % da área da APA com sinais de ocupação humana (agricultura, solo exposto e uso urbano).

Figura 14: Resultado da composição de cores RGB 453 na imagem Landsat de 2001

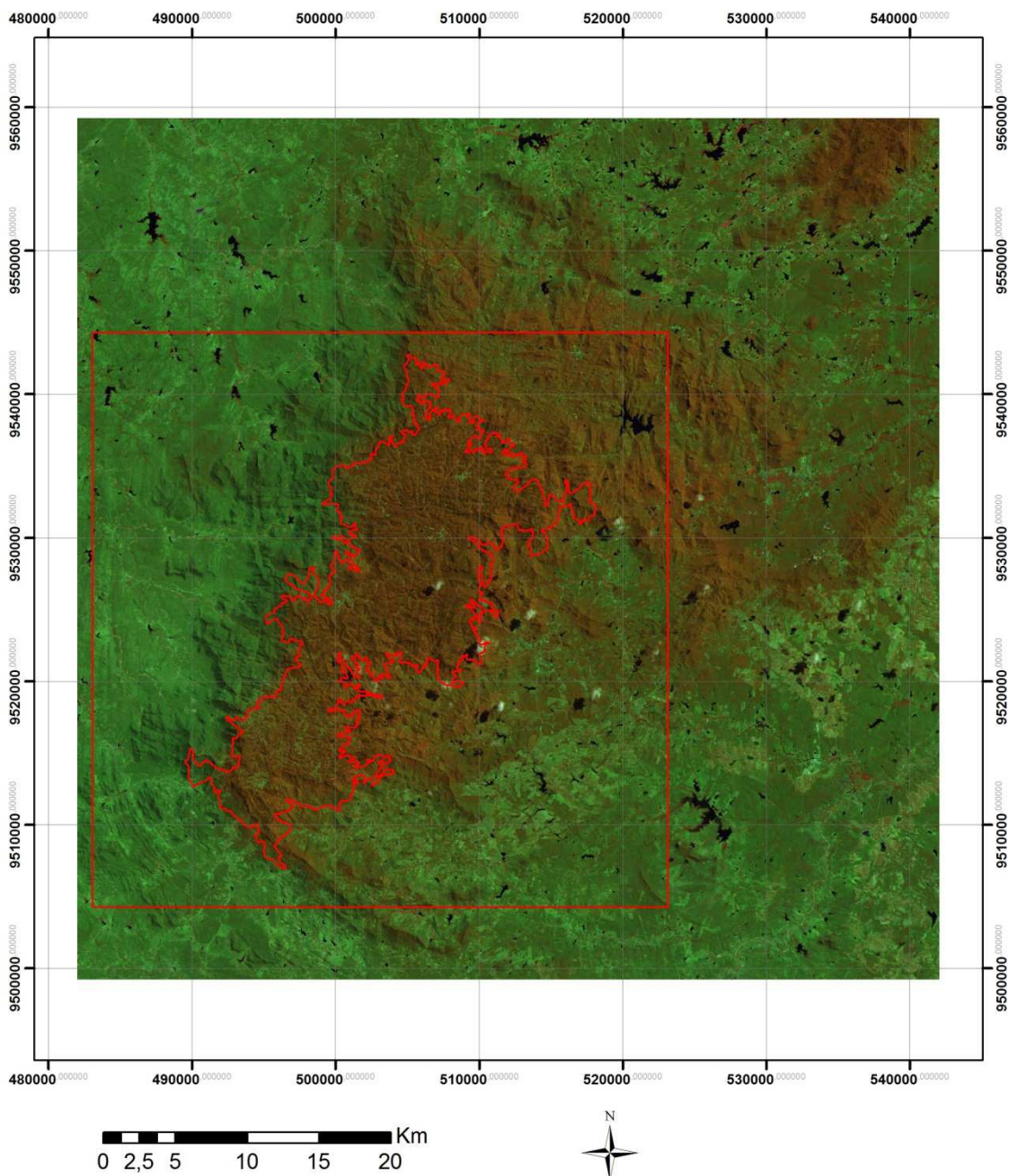
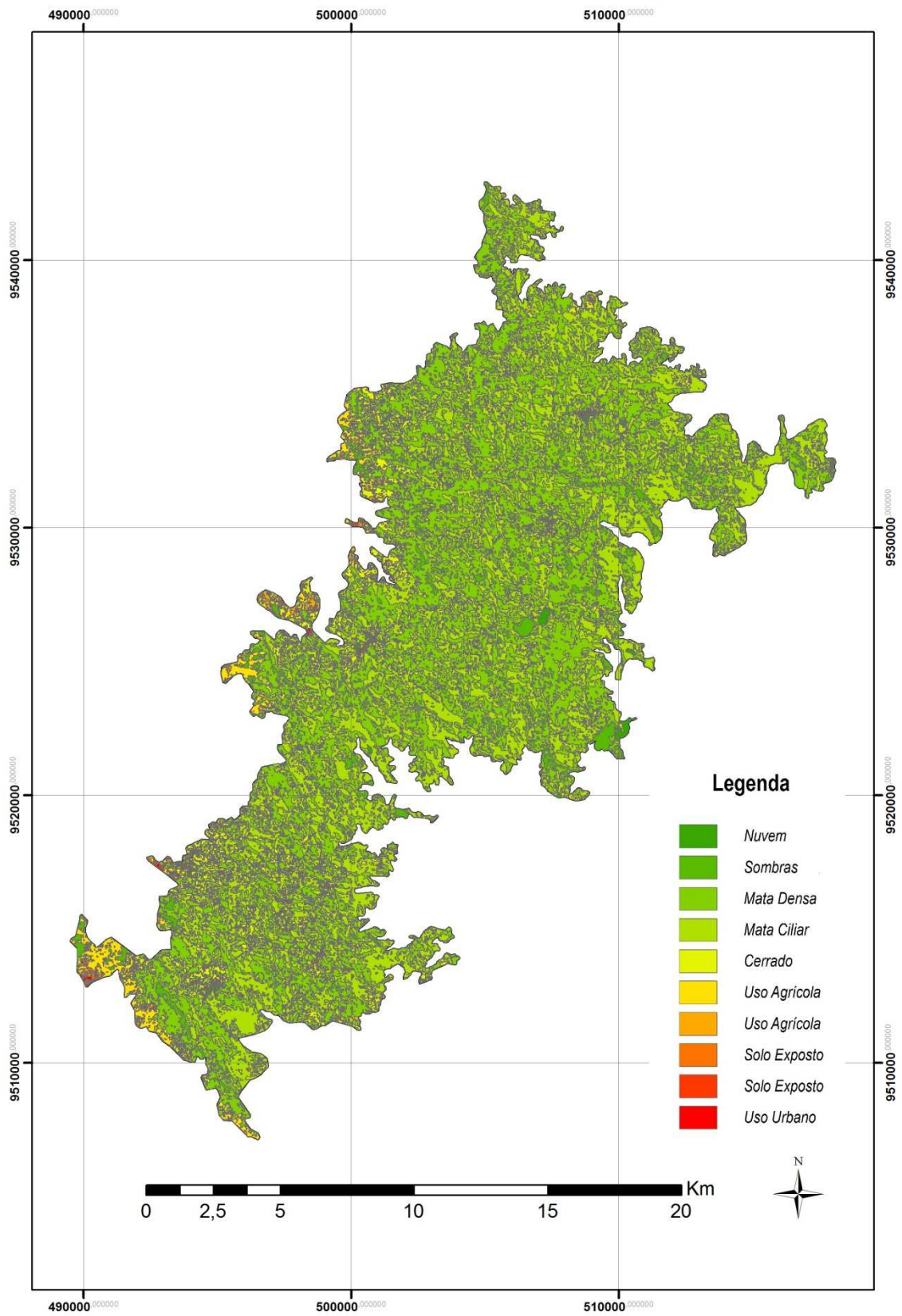


Figura 15: Mapa de uso da terra na APA da Serra de Baturité em 2001



O mapa temático de uso e ocupação da terra na região da APA da Serra de Baturité em 2001 elaborado pelo presente estudo é apresentado na Figura 15.

O tratamento de estatística espacial deste mapa da APA da Serra de Baturité em 2001 aponta 3,8 % de áreas não identificadas (nuvens e sombras) e um total de 13,8 % da área da APA com sinais de ocupação humana (agricultura, solo exposto e uso urbano).

Figura 16: Resultado da composição de cores RGB 453 na imagem Landsat de 2004

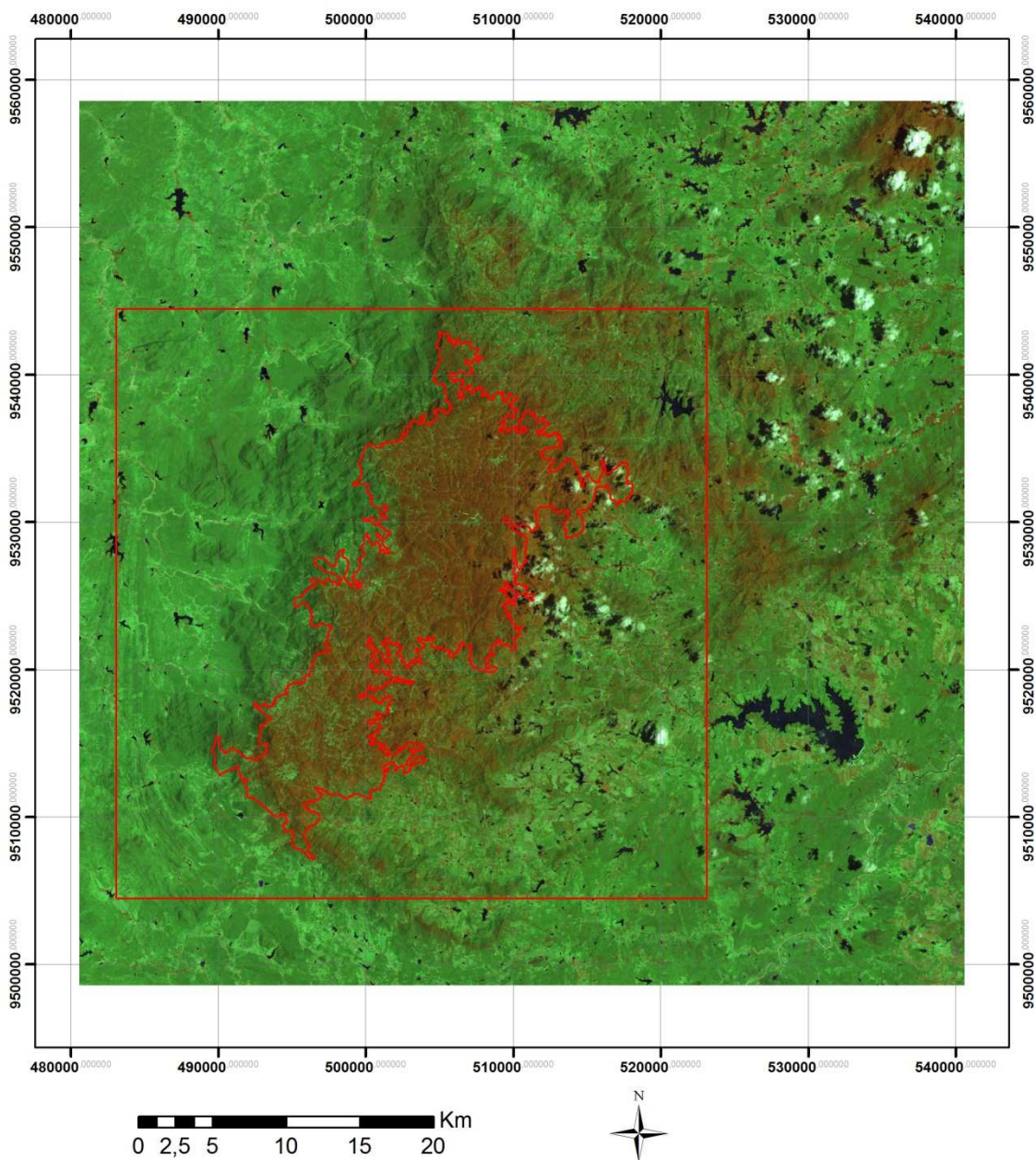
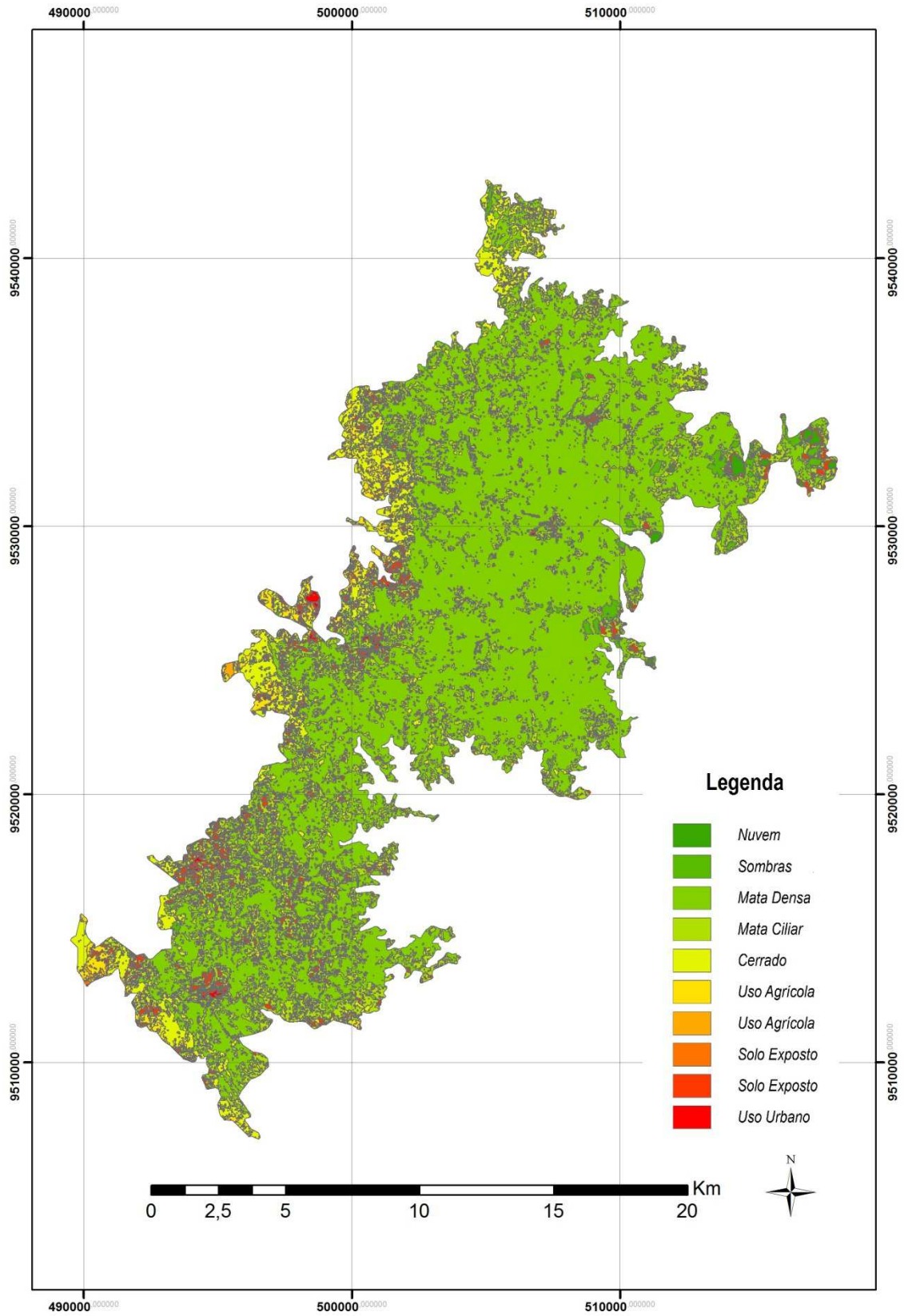


Figura 17: Mapa de uso da terra na APA da Serra de Baturité em 2004





O mapa temático de uso e ocupação da terra na região da APA da Serra de Baturité em 2004 elaborado pelo presente estudo é apresentado na Figura 17.

O tratamento de estatística espacial deste mapa da APA da Serra de Baturité em 2004 aponta 1,5 % de áreas não identificadas (nuvens e sombras) e um total de 13,8 % da área da APA com sinais de ocupação humana (agricultura, solo exposto e uso urbano).

Figura 18: Resultado da composição de cores RGB 453 na imagem Landsat de 2007

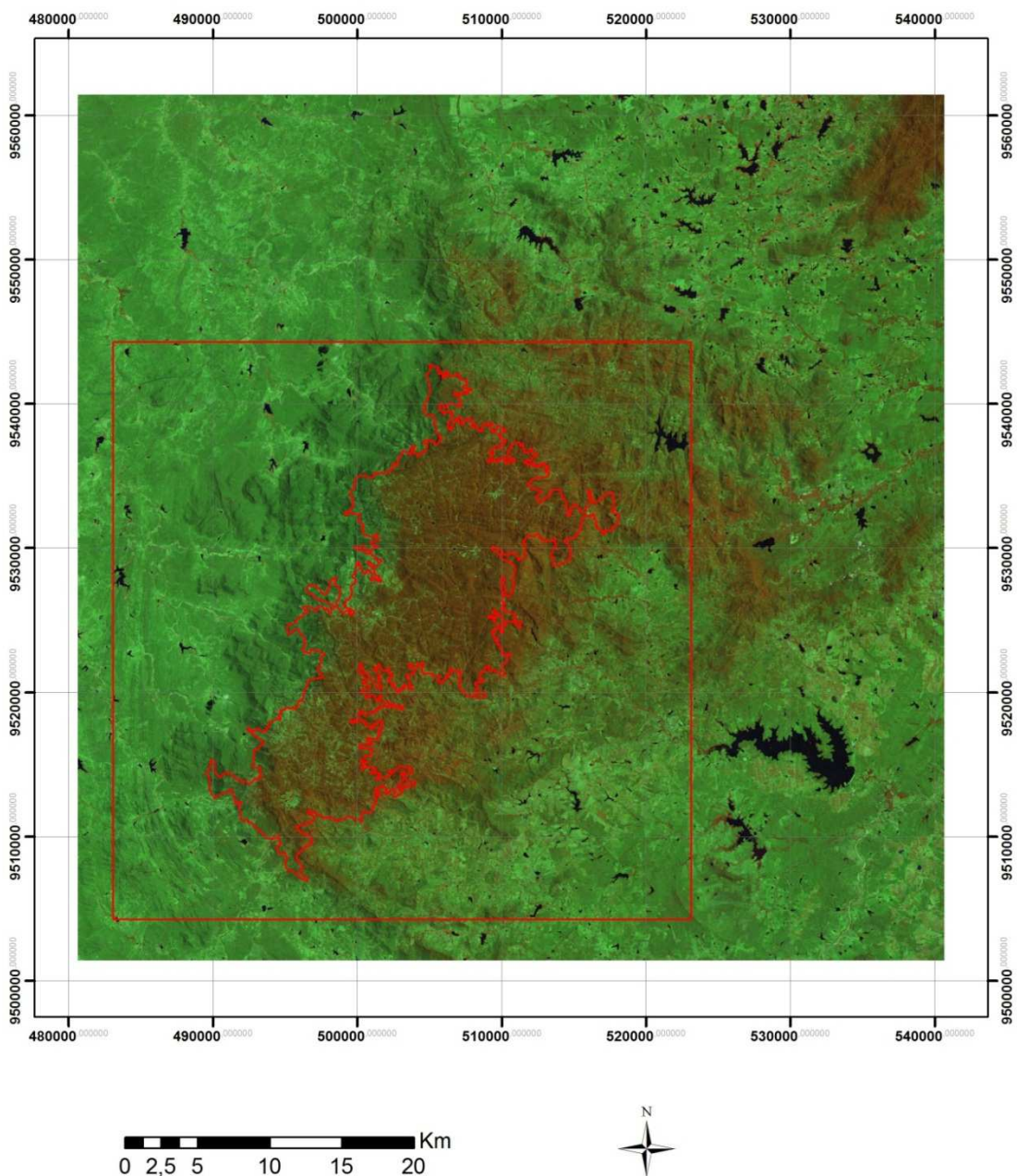
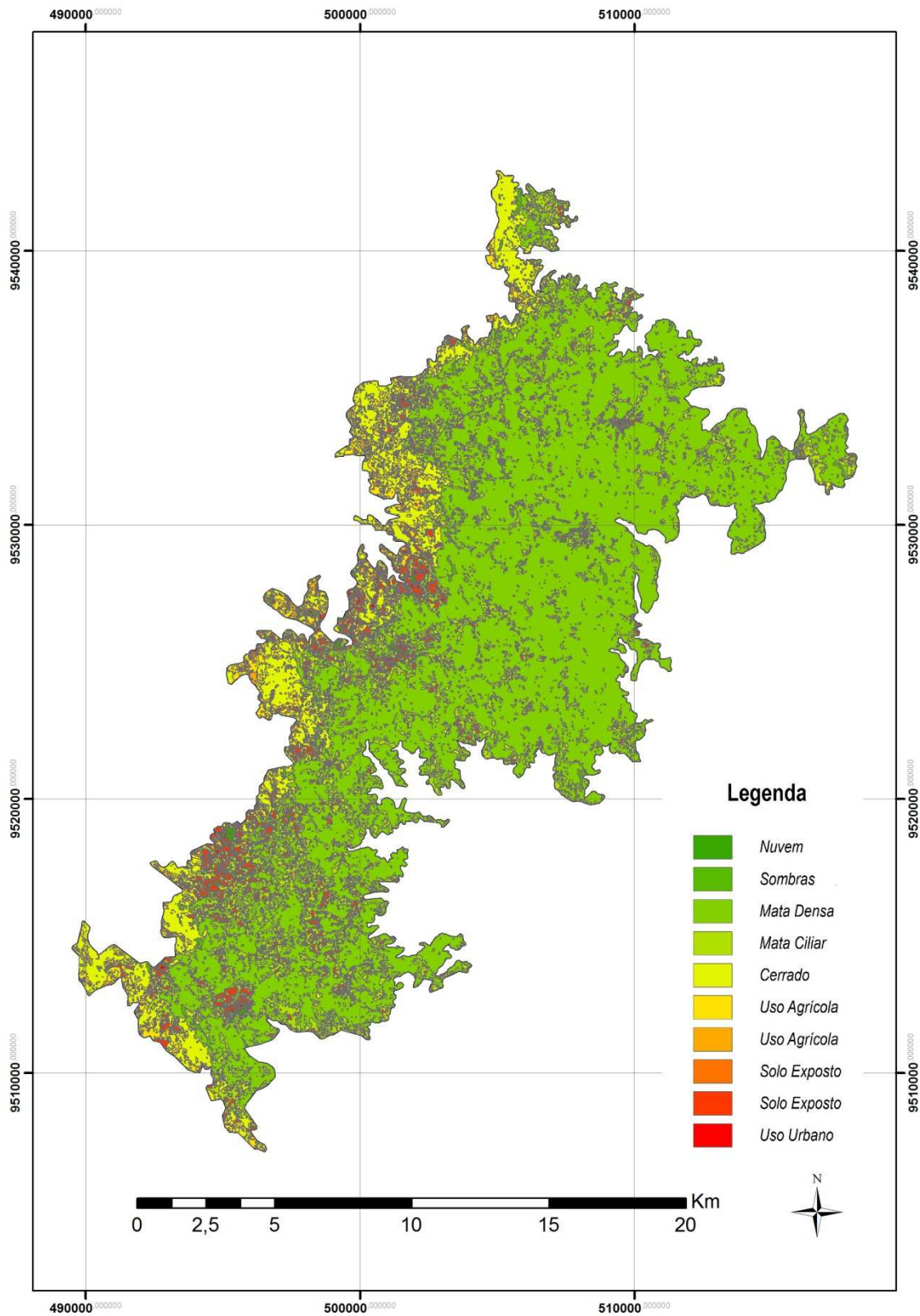


Figura 19: Mapa de uso da terra na APA da Serra de Baturité em 2007



## 4 RESULTADOS

O mapa temático de uso e ocupação da terra na região da APA da Serra de Baturité em 2007 elaborado pelo presente estudo é apresentado na Figura 19.

O tratamento de estatística espacial deste mapa da APA da Serra de Baturité em 2007 aponta 1,0 % de áreas não identificadas (nuvens e sombras) e um total de 14,8 % da área da APA com sinais de ocupação humana (agricultura, solo exposto e uso urbano).

O resultado consolidado do índice de antropismo na região da APA da Serra de Baturité, conforme revelado pelos mapas temáticos de uso e ocupação da terra elaborados pelo presente estudo para o período 1970-2007, estão contidos na Tabela 8, a seguir.

Tabela 8: Índices de ação antrópica calculados pelo estudo (%)

Ano	Índice Antropismo na APA	Projetado sem APA
1970	3,6	-
1990	20,1	20,1
1992	20,5	22,0
1998	14,2	27,0
2001	13,8	29,0
2004	13,8	32,0
2007	14,8	34,0

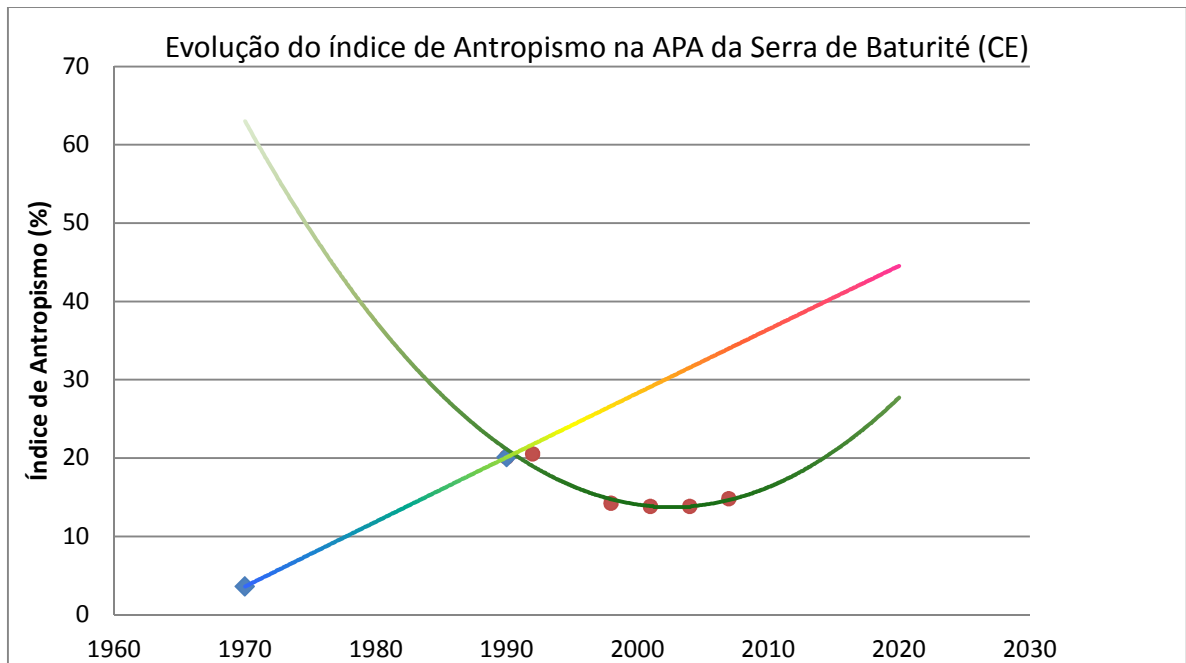
A Figura 20 a seguir apresenta o gráfico de evolução do índice de antropismo calculado pelo presente estudo para a região da APA da Serra de Baturité (CE) no período 1970-2007. O referido gráfico mostra que, partindo de uma situação de reduzido comprometimento ambiental em 1970 (3,6 % da área), a região da Serra de Baturité chegou a ter cerca de 20 % de áreas ocupadas por ação humana na época da criação da APA Estadual, em 1990.

O gráfico da Figura 20 mostra também que no período 1990-2004 aparentemente ocorreu uma redução progressiva da área com evidência de ação humana na região da APA da Serra de Baturité, de 20,5 % para 13,8 % de área total da APA.

De acordo com o referido gráfico, os primeiros pontos verificados de inflexão da tendência de antropismo na região da APA da Serra de Baturité no período 1970-

2007 ocorrem justamente entre 1990-1992, imediatamente após a criação da APA pelo governo estadual do Ceará.

Figura 20: Dinâmica de ocupação e uso da terra na Serra de Baturité (CE) no período 1970-2030



O referido gráfico da Figura 20 mostra também um segundo possível ponto de inflexão da tendência de antropismo na região da APA da Serra de Baturité entre 2004-2007, quando as ações de recuperação ambiental na APA da Serra de Baturité verificadas desde 1990 mostram sinais de perda de eficiência.

## 5 DISCUSSÃO

A dinâmica de ocupação e uso da terra revelada pelo presente estudo para a região da APA da Serra de Baturité no período 1970-2007 mostra que, caso a referida APA não tivesse sido criada pelo Governo do Estado do Ceará em 1990, provavelmente não teria ocorrido o primeiro ponto de inflexão apontado pelo estudo naquela data e, mantidas as condições locais então vigentes, o nível de degradação da referida APA poderia ter atingido cerca de 35% de seu território até 2010.

A ocorrência de um período de recuperação ambiental na região da APA da Serra de Baturité entre 1990-2004, imediatamente após a criação da referida APA pelo Governo do Estado do Ceará em 1990, vem confirmar a importância da criação de áreas de proteção ambiental como estratégia de preservação de biomas e habitats considerados estratégicos.

As projeções elaboradas pelo estudo refletem como a eficiência do processo de implantação e gestão de uma Área de Proteção Ambiental (APA) pode influenciar a capacidade de regeneração da área observada, acelerando ou retardando sua recuperação.

Técnicas modernas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento podem contribuir significativamente para elevar a eficiência do processo de implantação e gestão de áreas de proteção ambiental, sendo consideradas ferramentas essenciais atualmente à disposição do gestor ambiental.

O presente estudo revela ainda um segundo ponto de inflexão na tendência de uso e ocupação da terra na região da APA da Serra de Baturité, entre 2004-2007, com aparente recrudescimento de ações antrópicas no domínio da referida APA.

Tal mudança na tendência de antropismo revelado para a região da APA da Serra de Baturité entre 2004-2007, caso venha a ser confirmada por estudos posteriores, poderia ser reflexo de diversos fatores, entre os quais cabe citar os seguintes: a recuperação verificada na economia nacional e regional, as mudanças nas administrações estaduais e municipais, as alterações no processo de gestão da referida APA, etc.

O monitoramento permanente da ocupação e uso da terra em áreas remanescentes da Mata Atlântica, por parte das instituições responsáveis pela

preservação ambiental, permitiria registrar os índices de ação antrópica verificados ao longo do tempo, bem como aferir a eficácia das políticas locais empregadas na preservação ambiental.

As técnicas modernas de sensoriamento remoto e geoprocessamento, conforme apresentadas no presente estudo, podem assim contribuir de forma significativa para implementar programas permanentes de monitoramento ambiental, visando o acompanhamento de áreas cuja preservação seja considerada estratégica.

Além de permitir a identificação de regiões que apresentam maiores riscos de degradação ambiental, o monitoramento permanente dessas áreas de preservação, com o apoio de imagens orbitais e de técnicas de geoprocessamento, possibilita ainda registrar e documentar as evidências de degradação ambiental por desmatamento ou uso indevido da terra, para fins de planejamento de ações políticas específicas por parte das agências de gestão envolvidas.

## **6 CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES**

Técnicas de sensoriamento remoto e de geoprocessamento, aplicadas ao monitoramento de recursos vulneráveis ou estratégicos, são uma possibilidade real à disposição do gestor ambiental, contribuindo para a análise da dinâmica da ocupação e uso da terra, conforme proposto pelo presente estudo.

A análise da dinâmica de ocupação e uso da terra em áreas de proteção ambiental pode ser beneficiada pela utilização de técnicas de mapeamento temporal com base em imagens orbitais, conforme apresentado no presente estudo.

Recomenda-se verificar a possibilidade de expansão da amostra sob análise, considerando a inclusão de imagens de satélite da APA da Serra de Baturité (CE) tiradas em diferentes datas, para efeito de elaboração de modelo de simulação da dinâmica da ocupação e uso da terra.

Recomenda-se proceder à capacitação de recursos humanos das agências de gestão ambiental em técnicas de geoprocessamento, bem como na produção de imagens orbitais das áreas consideradas estratégicas para a preservação da biodiversidade.

## REFERÊNCIAS

AB'SABER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos do Brasil.

**Geomorfologia**. IGEOG, v. 20. São Paulo: USP, 1970.

\_\_\_\_\_, O domínio morfoclimático semiárido das caatingas brasileiras

**Geomorfologia**. IGEOG, v. 43. São Paulo: USP, 1974.

ALBANO, C.; GIRÃO W. Aves das matas úmidas das serras de Aratanha, Baturité e Maranguape, Ceará. **Revista Brasileira de Ornitologia**. v. 16, n. 2, S. I, p. 142-154, 2008.

ALVES, R. I. A. L.; RUSSO, D. Análise multitemporal de imagens LANDSAT 5 no apoio a confecção de laudo pericial da Polícia Federal sobre desflorestamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 15. Curitiba: INPE, **Anais...** 2011.

BRASIL. **Lei 11.428, de 22/12/2006**. Dispõe sobre a Mata Atlântica. Disponível em <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/l11428.htm)>. Acesso em: 01/06/2012.

\_\_\_\_\_. **Decreto 750/93, de 10/02/1993**. Dispõe sobre o Domínio da Mata Atlântica. Disponível em: <[http://www.ibama.gov.br/flora/decretos/750\\_93.pdf](http://www.ibama.gov.br/flora/decretos/750_93.pdf)>. Acesso em: 01/06/2012.

\_\_\_\_\_. **Resolução CONAMA 388/2007, de 23/02/2007**. Dispõe sobre a regeneração da Mata Atlântica. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res07/res38807.pdf>>. Acesso em: 01/06/2012.

BÉTARD, F.; PEULVAST, J. P.; SALES, V. C. Caracterização morfopedológica de uma serra úmida no semi-árido do Nordeste brasileiro: o caso do maciço de Baturité (CE). **Revista de Geografia da UFC**, ano 06, n. 12. Fortaleza: UFC, p. 107-126, 2007.

CABRAL, D. C. Produtores rurais e indústria madeireira no Rio de Janeiro do final do século XVIII: evidências empíricas para a região do Vale do Macacu. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 2. Campinas, p. 125-43, 2004.



CABRAL, D. C.; CESCO, S. Árvores do rei, floresta do povo: A instituição das 'madeiras-de-lei' no Rio de Janeiro e na ilha de Santa Catarina (Brasil) no final do período colonial. **Luso-brazilian Review**, v. 44, p. 50-86. Madison, 2007.

\_\_\_\_\_. Notas para uma história da exploração madeireira na Mata Atlântica do Sul-Sudeste, **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 11, n. 1, p. 33-48, Campinas, 2008.

CALDEIRA, J. **A nação mercantilista**. São Paulo: Ed. 34, 1999. 415 p.

CAMARA, I. G. Breve história da conservação da Mata Atlântica, *in* LEAL, C. G.; \_\_\_\_\_. **Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica, 2005. p. 31-42.

CASTRO, C. F. A. **Gestão Florestal no Brasil Colônia**. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável), Centro de Desenvolvimento Sustentável (CDS), Universidade de Brasília (UnB), Brasília, 2002.

DEAN, W. **A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira**. São Paulo: Cia. das Letras, 1996. 484 p.

FERLINI, V. L. A. **A civilização do açúcar (século XVI a XVIII)**. 4. ed. São Paulo: Brasiliense, 1987. 100 p.

FERRAZ NETO, S.; VIEIRA, R. M. S. P. Análise multitemporal do desmatamento na Área de Proteção Ambiental da Chapada do Araripe (PE). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 15. Curitiba: INPE, **Anais...** 2011.

FREYRE, G. **Nordeste: aspectos da influência da cana sobre a vida e a paisagem do Nordeste do Brasil**. 7ª ed. São Paulo: Global, 2004. 255 p.

FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil**. 14. ed. São Paulo: Editora Nacional, 1976. 248 p.

HIROTA, M. H., Monitoramento da cobertura da Mata Atlântica brasileira. In: LEAL, C. G.; CAMARA, I. G. **Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica, 2005. p. 60-65

HUTTER, L. M. A madeira do Brasil na construção e reparos de embarcações. **Revista do Instituto de Estudos Brasileiros**, n. 26. São Paulo: IBE, p. 47-64, 1986.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Manual Técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro: IBGE, 2006.

\_\_\_\_\_. **Estatísticas Históricas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISA ESPACIAL - INPE. **Série Relatório Atlas dos Remanescentes da Mata Atlântica, períodos 1990-1995, 1995-2000, 2000-2005, 2005-2008 e 2008-2010**. São José dos Campos: INPE, 2012.

KAZMIERCZAK, M. L. et al. Identificação de áreas de preservação florestal através de técnicas de geoprocessamento: abordagem preliminar. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 8. Salvador: INPE, **Anais...** 1996.

LAPA, J. R. A. O interior da estrutura. In: SZMRECSÁNYI, T. (Org.). **História econômica do período colonial**. 2. ed. São Paulo: Hucitec, 2002. p. 163-172

LEAL, C. G.; CAMARA, I. G. **Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica, 2005.

LEÃO, R. M. **A floresta e o homem**. São Paulo: EdUSP/IPEF, 2000. 448 p.

LIMA, A. et al. Caracterização do padrão temporal de regeneração florestal da Amazônia oriental em áreas desmatadas no ano de 2001. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 15. Curitiba: INPE, **Anais...** 2011.

MENEZES, P. R.; MADEIRA NETTO, J. S. (Org.) **Sensoriamento remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: UnB, 2001.

MILLER, S. W. **Fruitless Trees: Portuguese conservation and Brazil's colonial timber**. Stanford: Stanford University Press, 2000.

MITCHEL, A. **Geographic Patterns and Relationships**. Redlands: ESRI Press, 2005. 186 p.

\_\_\_\_\_. **Spatial Measurements and Statistics**. Redlands: ESRI Press, 2005. 238 p.

MITTERMEIER, R. A. et al. **Hotspots Revisited: Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions**. Sierra Madre: Agrupación, 2010.

MONBEIG, P. **Pioneiros e fazendeiros de São Paulo**. São Paulo (SP): Hucitec, 1984. 392 p.

MONTEIRO, R. C. M. **Diversificação econômica das fazendas mistas no interior do oeste paulista: produção voltada para o mercado interno e externo 1889-1920**, CONGRESSO BRASILEIRO DE HISTÓRIA ECONÔMICA, CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE HISTÓRIA DE EMPRESAS, Caxambu (MG), 2003.

MOREIRA, A. M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. Viçosa: UFV, 2003.

MORTON, F. W. O. The royal timber in late colonial Bahia. **Hispanic American Historical Review**, v. 58, n. 1, Durham, p. 41-61, 1978.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto, Princípios e Aplicações**. São Paulo: Blucher, 2008. 364 p.

OLIVEIRA, R. R. Processos naturais e antrópicos na evolução da paisagem florestal em regiões tropicais. **Revista do Programa de Pós-Graduação em Geografia**, v. 2. Rio de Janeiro, p. 120-135, 1998.

PENA-VEGA, A. **O despertar ecológico: Edgar Morin e a ecologia complexa**. Rio de Janeiro: Garamond, 2003. 105 p.

SILVA, J. M. C.; CASTELETI, C. H. M. Estado da biodiversidade da Mata Atlântica brasileira, In: LEAL, C. G.; CAMARA, I. G. **Mata Atlântica: Biodiversidade, Ameaças e Perspectivas**. Belo Horizonte: Fundação SOS Mata Atlântica, 2005. p. 43-59

SOARES, A. M. L. et al. Aplicação de geotecnologias na identificação de conflitos entre o uso da terra e a legislação ambiental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 13. Florianópolis: INPE, **Anais...** 2007.

SOARES, S. C. et al. Mapeamento e análise multitemporal do uso e ocupação do solo em região do município de Santarém (PA) através de imagens LANDSAT 5 TM.

In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 15. Curitiba: INPE, **Anais...** 2011.

TABARELLI, M.; MELO, M. D. V. C.; LIRA, O. C. A Mata Atlântica do Nordeste. In: **Mata Atlântica** – Uma rede pela Floresta. São Paulo: Rede de ONGs pela Mata Atlântica, 2006.

VASCONCELOS, A. O. et al. Análise multitemporal do uso e cobertura do solo da bacia hidrográfica do rio Iguaçu (RJ) através do processamento de imagens LANDSAT 5 TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSOREAMENTO REMOTO, 15. Curitiba: INPE, **Anais...** 2011.

XAVIER, F. A. S. et al. Manejo da vegetação sob linhas de transmissão de energia elétrica na serra de Baturité. **Revista Ciência Florestal**, v. 17, n. 4. S.l., p. 351-364, 2007.