



Universidade de Brasília – UnB  
Faculdade de Tecnologia – FT  
Departamento de Engenharia Florestal – EFL

## Dinâmica do Uso da Terra e da Integridade das APPs ao Longo da BR-262 no Município de Araxá, Minas Gerais

Pesquisa apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Eraldo A. T. Matricardi

Pedro Henrique Bessa dos Santos

Matrícula N. 09/0043901

Brasília, 10 de julho de 2015.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**Dinâmica do Uso da Terra e Integridade das APPs ao Longo  
da BR – 262 no Município de Araxá, Minas Gerais**

Aluno: Pedro Henrique Bessa dos Santos

Menção: MS


**Banca Examinadora:**



Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi - UnB/ EFL (Orientador)



MSc. Olívia Bueno da Costa – UnB/ EFL



MSc. João Paulo Sena Souza – UnB/ *Campus* Planaltina

Brasília, 10 de julho de 2015.

## Agradecimentos

Meu eterno agradecimento aos meus pais, Luiz e Noêmia, e ao meu irmão Victor, por serem fiéis companheiros durante toda a minha caminhada, pelo apoio dado para que este sonho se tornasse realidade e ao amor incondicional que sempre me deram. Aos meus avós, Lecy e Manoel, por ajudarem a construir a base da minha educação e do meu caráter. Agradeço à minha namorada Pamela, por estar ao meu lado nesta caminhada sempre acreditando em minha capacidade.

Meus sinceros agradecimentos ao professor Eraldo Matricardi pela grande atenção e compreensão durante todo o processo de desenvolvimento deste estudo.

Agradeço também a toda equipe do geoprocessamento da MRS Estudos Ambientais por todo apoio e conhecimentos transmitidos.

## **RESUMO**

As rodovias promovem o desenvolvimento social e econômico de regiões onde são implantadas. Em consequência, o meio ambiente sofre alterações que comprometem a fauna, flora e os recursos naturais. Este estudo teve como objetivo avaliar a dinâmica do uso e cobertura da terra na região da BR – 262 em Araxá, Minas Gerais, utilizando dados de sensoriamento remoto e técnicas de geoprocessamento. Para isto, foram utilizadas imagens dos satélites RapidEye, Landsat-5 e Landsat-8 para a classificação temporal (1984, 1994, 2004 e 2014) do uso e cobertura da terra na área de estudo. Os resultados deste estudo indicam boa acurácia da classificação supervisionada para o objeto desta pesquisa. Observou-se também que no período e área de estudo houve aumento da atividade agropecuária, com várias consequências ao ambiente natural. As formações campestres sofreram a maior parte das substituições por atividades agropecuárias fossem instaladas. Por outro lado, as formações florestais localizadas nas Áreas de Proteção Permanente (APPs) sofreram poucas alterações no período de estudo.

## **ABSTRACT**

The highways contribute to promote social and economic regional development where they are constructed. As a result there are several environment impacts that may endanger fauna, flora, and natural resources. This study aimed to assess the dynamics of land use and land cover changes in the highway BR-262 located in Araxá municipality, state of Minas Gerais, using remotely sensed data and Geoprocessing techniques. Imagery acquired by the RapidEye, Landsat-5 and Landsat-8 satellites were used for the temporal classification (1984, 1994, 2004 and 2014) of land use and land cover changes in the study area. This study results indicated a good accuracy of supervised classification intended by this research. I also observed that agricultural activities increased in the study period, which caused several impacts on natural resources. The “formações campestres” were the most changed natural landscape in the study area. On the other hand, natural forests located in the Permanent Protection Areas (PPAs) suffered few changes in the study period.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
2	PROBLEMA E QUESTÕES DE PESQUISA.....	2
2.1	OBJETIVOS GERAIS.....	3
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
3.1	RODOVIAS E OS IMPACTOS AMBIENTAIS .....	3
3.2	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) COMO FERRAMENTA DE MAPEAMENTO DA DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA.....	3
3.3	SATÉLITE LANDSAT .....	4
3.4	SATÉLITE RAPIDEYE .....	5
3.5	CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL.....	6
3.6	MATRIZ DE CONFUSÃO E ÍNDICE KAPPA .....	6
3.7	ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE .....	7
3.8	CLASSES DE USO DO SOLO UTILIZADAS EM MAPEAMENTOS.....	8
4	METODOLOGIA .....	8
4.1	ÁREA DE ESTUDO .....	9
4.2	BASE DE DADOS .....	11
4.3	PROCESSAMENTO DAS IMAGENS LANDSAT .....	12
4.4	MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE.....	13
4.5	CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA.....	13
4.6	PÓS-CLASSIFICAÇÃO .....	14
4.7	DETERMINAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE.....	14
4.8	MENSURAÇÃO DAS ÁREAS DE USO E COBERTURA DA TERRA .....	14
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	14
5.1	AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA..	14
5.2	AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NA ÁREA DE ESTUDO.....	15
5.3	AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE.....	26
6	CONCLUSÃO .....	36
7	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	37

## ÍNDICE DE QUADROS

QUADRO 1. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS GERAIS DOS SATÉLITES RAPIDEYE.....	5
QUADRO 2. ÍNDICE KAPPA E O DESEMPENHO DA CLASSIFICAÇÃO.....	7
QUADRO 3. RELAÇÃO ENTRE LARGURA DO CURSO D'ÁGUA E APP.....	7
QUADRO 4. CENAS LANDSAT-5 E LANDSAT-8 UTILIZADAS PARA O MAPEAMENTO DO USO DE COBERTURA DA TERRA NA ÁREA DE ESTUDO .....	11
QUADRO 5. IMAGENS LANDSAT UTILIZADAS.....	11
QUADRO 6. CENAS E ANOS DAS IMAGENS RAPIDEYE.....	12
QUADRO 7. MATRIZ DE CONFUSÃO ENTRE O MAPEAMENTO MANUAL E O MÉTODO DA DISTÂNCIA EUCLIDIANA. ....	15
QUADRO 8. MATRIZ DE CONFUSÃO ENTRE O MAPEAMENTO MANUAL E O MÉTODO DA MÁXIMA VEROSSIMILHANÇA.....	15
QUADRO 9. DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA NA ÁREA DE ESTUDO.....	16
QUADRO 10. DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA DENTRO DAS APP DA ÁREA DE ESTUDO. ....	26

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA BR-262 NO BRASIL E NO ESTADO DE MINAS GERAIS .....	10
FIGURA 2 SUB-BACIAS HIDROGRÁFICAS NO MUNICÍPIO DE ARAXÁ, MINAS GERAIS. FONTE: ROCHA (2006). ....	10
FIGURA 3. DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DA TERRA NO ENTORNO DA BR-262 NO MUNICÍPIO DE ARAXÁ, MINAS GERAIS .....	17
FIGURA 4. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 1984. ARTICULAÇÕES 1 E 2. ....	17
FIGURA 5. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 1984. ARTICULAÇÕES 3 E 4.....	18
FIGURA 6. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 1984. ARTICULAÇÕES 5 E 6. ....	18
FIGURA 7. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 1984. ARTICULAÇÕES 7 E 8. ....	19
FIGURA 8. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 1994. ARTICULAÇÕES 1 E 2. ....	20
FIGURA 9. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 1994. ARTICULAÇÕES 3 E 4.....	20
FIGURA 10. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 1994. ARTICULAÇÕES 5 E 6. ....	21
FIGURA 11. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 1994. ARTICULAÇÕES 7 E 8. ....	21
FIGURA 12. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 2004. ARTICULAÇÕES 1 E 2. ....	22
FIGURA 13. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 2004. ARTICULAÇÕES 3 E 4. ....	22

FIGURA 14. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 2004. ARTICULAÇÕES 5 E 6. ....	23
FIGURA 15. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 2004. ARTICULAÇÕES 7 E 8. ....	23
FIGURA 16. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 2014. ARTICULAÇÕES 1 E 2. ....	24
FIGURA 17. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 2014. ARTICULAÇÕES 3 E 4. ....	24
FIGURA 18. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 2014. ARTICULAÇÕES 5 E 6. ....	25
FIGURA 19 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NO ANO 2014. ARTICULAÇÕES 7 E 8. ....	25
FIGURA 20. DINÂMICA DAS CLASSES DE USO DO SOLO DENTRO DAS APPS. ....	27
FIGURA 21. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 1984. ARTICULAÇÕES 1 E 2. ....	27
FIGURA 22. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 1984. ARTICULAÇÕES 3 E 4. ....	28
FIGURA 23. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 1984. ARTICULAÇÕES 5 E 6. ....	28
FIGURA 24. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 1984. ARTICULAÇÕES 7 E 8. ....	29
FIGURA 25. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 1994. ARTICULAÇÕES 1 E 2. ....	29
FIGURA 26. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 1994. ARTICULAÇÕES 3 E 4. ....	30
FIGURA 27. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 1994. ARTICULAÇÕES 5 E 6. ....	30
FIGURA 28. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 1994. ARTICULAÇÕES 7 E 8. ....	31
FIGURA 29. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 2004. ARTICULAÇÕES 1 E 2. ....	32
FIGURA 30. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 2004. ARTICULAÇÕES 3 E 4. ....	32
FIGURA 31. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 2004. ARTICULAÇÕES 5 E 6. ....	33
FIGURA 32. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 2004. ARTICULAÇÕES 7 E 8. ....	33
FIGURA 33. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 2014. ARTICULAÇÕES 1 E 2. ....	34
FIGURA 34. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 2014. ARTICULAÇÕES 3 E 4. ....	34
FIGURA 35. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPS EM 2014. ARTICULAÇÕES 5 E 6. ....	35

FIGURA 36. USO E OCUPAÇÃO DA TERRA DENTRO DAS APPs EM 2014. ARTICULAÇÕES 7 E	
8.....	35



## 1 INTRODUÇÃO

Embora o transporte rodoviário seja o mais utilizado no Brasil, a malha viária brasileira ainda é muito reduzida frente à sua dimensão territorial. De acordo com um levantamento realizado pela Confederação Nacional de Transporte – CNT, no ano de 2012 havia aproximadamente 214.500 km de rodovias pavimentadas no país. O transporte está diretamente ligado ao desenvolvimento econômico e social, logo, as regiões mais desenvolvidas possuem um sistema de transporte completo. No bloco econômico dos países em desenvolvimento, composto pelo Brasil, Rússia, Índia e China (BRICS), a menor malha de rodovias pavimentadas é a brasileira (PORTAL TRANSPORTA BRASIL, 2014), com destaque no estado de Minas Gerais que possui a maior densidade de rodovias federais do Brasil.

Para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, Minas Gerais é considerado como uma porta de entrada para o sudeste brasileiro. Toda a produção destas regiões é escoada pelas rodovias até chegar aos grandes portos de exportação localizados no litoral. Entretanto, as rodovias são empreendimentos que causam impactos ambientais, afetando o meio ambiente desde o processo de sua implantação até o de operação. Tais impactos podem ser positivos e negativos e são classificados como: socioeconômico, físico e biológico (SIMONETTI, 2010).

Os impactos socioeconômicos são de fácil percepção, as rodovias vem acompanhadas de desenvolvimento regional, trazendo a geração de empregos e acessibilidade. Os impactos físicos estão relacionados a questões pedológicas e drenagem do local. Assim como o impacto anterior, os biológicos não são de fácil percepção, ou seja, precisam de estudos e profissionais qualificados para de fato reconhecê-los. Problemas como a retirada de vegetação na área de influência, barreiras em importantes corredores ecológicos, desmatamento e poluentes são alguns exemplos de impactos negativos que as rodovias trazem ao meio biótico que as cercam. Há situações em que o impacto social e econômico reflete no biótico. Por exemplo, a rodovia traz acessibilidade e com isto a atividade agrícola se instala causando a supressão da vegetação natural e modificação de habitats (SIMONETTI, 2010).

Mais especificamente, a BR-262 é uma rodovia transversal brasileira com cerca de 2.300 quilômetros de extensão, que interliga os estados do Espírito Santo, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul. De acordo com informações do Ministério do Transporte, a BR-262 é distribuída com 998 quilômetros no Estado de Minas Gerais, 195,5 quilômetros no Estado do Espírito Santo, 316,7 quilômetros no Estado de São Paulo e 783,0 quilômetros no Estado do Mato Grosso do Sul.

A rodovia começa em Vitória no Estado do Espírito Santo passa por cidades importantes como Belo Horizonte, Araxá, Uberaba, Três Lagoas e Campo Grande e termina junto à fronteira com a Bolívia, em Corumbá, no Estado de Mato Grosso do Sul. A BR-262, que possui um papel importante ao desenvolvimento das localidades onde passa, corta o município de Araxá e é a principal ligação terrestre com a capital

mineira. Tal rodovia possui trânsito intenso e grande importância ao desenvolvimento municipal, o que implica numa série de impactos socioambientais na região.

A presente proposta busca estudar a dinâmica do uso da terra na BR-262, mais especificamente o trecho localizado no município de Araxá, estado de Minas Gerais. Pois a rodovia atravessa o município mineiro numa região onde há grande quantidade de nascentes e cursos d'água, e quaisquer mudanças realizadas no local culminarão em grandes impactos ambientais, principalmente na quantidade e qualidade da água (MARMONTEL, 2015). Para isto, foram conduzidas análises temporais das mudanças do uso e cobertura da terra ocorridas nas últimas três décadas utilizando dados de sensoriamento remoto. Os resultados deste estudo serão úteis para o entendimento das mudanças geoambientais ao longo dos anos e assim possibilitar a tomada de medidas para minimizar os impactos gerados pela presença de uma rodovia de grande porte.

## **2 PROBLEMA E QUESTÕES DE PESQUISA**

No processo de instalação e operação das rodovias, diversos impactos negativos podem ocorrer. Dentre eles, destacam-se a alteração da qualidade da água, a poluição do solo, a alteração da biodiversidade da fauna e flora na faixa de domínio, o desmatamento e o adensamento populacional nas margens da rodovia (ROMANINI, 2000). Os recursos hídricos sofrem com a alteração em suas drenagens e lixo jogado pelos viajantes; a vegetação sofre com o desmatamento e incêndios ao longo da pista e nos arredores; e a fauna com atropelamentos.

É importante é conhecer os impactos da implantação de rodovias sobre o meio natural e baseado nisto, promover medidas mitigadoras. Assim, é necessária a avaliação dos impactos antes e depois da implantação de estradas. O monitoramento contínuo dos impactos ambientais poderá indicar a intensidade que o ambiente do entorno das rodovias está sendo modificado e as mudanças ocorridas ao longo dos anos nas margens de estradas. Neste sentido, as ferramentas de geoprocessamento e dados de sensoriamento remoto podem ser de grande utilidade para apoiar o monitoramento ambiental de áreas como o entorno de rodovias. O mapeamento manual, que é feito com base na análise visual, gera resultados confiáveis. Mas este é um processo demorado e necessita de grande mobilização de mão de obra. Tendo isto em vista, a utilização de classificadores automáticos torna-se uma boa alternativa para o mapeamento de grandes áreas (LEONARDI, 2009).

Diante disso, o presente estudo envolve as seguintes questões de pesquisa: Qual o melhor método de classificação automática de imagens que melhor representa a área de estudo, Máxima Verossimilhança ou da Distância Euclidiana? Qual a dinâmica do uso da Terra na zona de 600 metros em torno do eixo principal da BR – 262, no município de Araxá, Minas Gerais? Qual foi a área afetada dentro das Áreas de Preservação Permanente?

## *2.1 OBJETIVOS GERAIS*

Avaliar as mudanças ambientais ocorridas nos últimos 30 anos na BR-262 no trecho dentro do município de Araxá, Minas Gerais entre os anos de 1984 a 2014.

## *2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS*

- Comparar técnicas de classificação supervisionada Máxima Verossimilhança e Distância Euclidiana.
- Caracterizar as mudanças de uso e cobertura da terra na área de estudo ocorridas em 1984, 1994, 2004 e 2014.
- Avaliar os impactos e a dinâmica do uso da terra dentro das áreas de APP no período e área de estudo.

# **3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

## *3.1 RODOVIAS E OS IMPACTOS AMBIENTAIS*

Rodovias causam impactos ambientais nas suas 4 fases: planejamento, implantação, operação e manutenção. Os impactos do processo de operação são os mais danosos ao meio ambiente, segundo Romanini (2000) os principais são: alteração da qualidade das águas superficiais e subterrâneas; aumento da carga de sedimentos e assoreamento de corpos d'água; poluição do solo e da água com substâncias químicas; alteração na biodiversidade da fauna e flora na faixa de domínio e áreas limítrofes; desmatamento; efeitos do ruído sobre a população humana e fauna; perda de espécimes da fauna por atropelamento; adensamento da ocupação humana nas margens das rodovias e áreas de influência. A recuperação de uma área em torno de uma estrada é de fundamental importância, visto que esta poderá sofrer regeneração natural dependendo de como ocorreu o processo de degradação, e assim propor medidas que amenizem os danos causados pela construção da área de entorno visando uma forma de sustentabilidade do ecossistema impactado em longo prazo (MAGALHÃES, 2011). Com isso, as rodovias são alvos constantes para a realização de Estudo de Impacto Ambiental - EIA.

## *3.2 SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA (SIG) COMO FERRAMENTA DE MAPEAMENTO DA DINÂMICA DO USO E COBERTURA DA TERRA*

As análises multitemporais permitem o estudo da evolução ambiental de uma região desde o início da intensificação dos processos antrópicos (GRIGIO, 2003). Segundo Araújo e Lobão (2009), a partir do estudo sobre o uso da terra e cobertura vegetal na situação ambiental de uma região é possível compreender a importância da quantificação e da avaliação dos dados, a partir da construção de mapas-modelo. O uso

de técnicas de sensoriamento remoto para a análise dos impactos decorrentes do mau uso dos solos é imprescindível para a conservação do ambiente (KLAIS, 2006). Através do SIG e de imagens de satélite para análise de uso do solo, identificação, mensuração e quantificação de seus elementos componentes, torna-se possível o estabelecimento de banco de dados e mapas temáticos gerados a partir destes (CORREIA *et al.*, 2007), fazendo com que a análise temporal dos elementos e a combinação de mapas possibilitem deduções diretas e pontuais sobre o estado de preservação dos elementos que compõem o meio em questão e quais são os principais responsáveis pela mudança ao ambiente natural. Segundo Gameiro (2011), os SIGs são ferramentas capazes de inserir e integrar numa única base de informações espaciais, além de permitir a consulta, visualização e plotagem de base de dados georreferenciados.

### 3.3 SATÉLITE LANDSAT

De acordo com a EMBRAPA (2009) as imagens LANDSAT são ferramentas para acompanhamento do uso agrícola das terras; apoio ao monitoramento de áreas de preservação; atividades energético-mineradoras; cartografia e atualização de mapas; desmatamento; detecção de invasões em áreas indígenas; dinâmica de urbanização; estimativas de fitomassa; monitoramento de cobertura vegetal; queimadas secas e inundações; sedimentos em suspensão nos rios e estuários.

Pertencente à NASA, o primeiro satélite LANDSAT foi lançado ao espaço no ano de 1972. Este satélite é bastante utilizado em estudos por fornecer uma série temporal de imagens.

Segundo Cunha (2009), o Landsat5 foi lançado em 1 de março de 1984, e seu objetivo é utilizar sensores multiespectrais para gerar imagens da superfície com média resolução espacial. Utilizando um sensor denominado TM (*ThematicMapper*), o satélite Landsat 5 possui 7 bandas espectrais com as seguintes configurações, de acordo com Francisco (2002):

- Banda 1: Azul
- Banda 2: Verde
- Banda 3: Vermelho
- Banda 4: Infravermelho Próximo
- Banda 5: Infravermelho Médio
- Banda 6: Infravermelho Termal
- Banda 7: Infravermelho Médio

Todas as bandas possuem resolução espacial de 30 metros, exceto a banda 6 que possui resolução de 80 metros. A resolução temporal é de 16 dias, ou seja, o tempo que o satélite necessita para capturar novamente um determinado ponto da Terra. Já a resolução radiométrica é de 256 tons de cinza, ou seja, 8 bits.

Em fevereiro de 2013, foi lançado ao espaço o Landsat 8. Este satélite é provido do sensor espectral OLI (*Operational Land Image*) e o sensor termal TIRS (*Thermal*

*Infrared Sensor*). Kalaf (2014) afirma que as presenças destes dois sensores proporcionam um melhor desempenho radiométrico do satélite, produzindo uma imagem de 16 bits. De acordo com Fiorio (2013), o satélite possui 11 bandas, sendo 9 delas capturadas pelo sensor OLI e 2 pelo sensor TIRS, com as seguintes configurações:

- Banda 1 Azul
- Banda 2 Verde
- Banda 3 Vermelho
- Banda 4 Infravermelho Próximo
- Banda 5 Infravermelho Próximo
- Banda 6 SWIR 1
- Banda 7 SWIR 2
- Banda 8 Pancromática (PAN)
- Banda 9 Cirrus
- Banda 10 TIRS 1
- Banda 11 TIRS 2

A resolução espacial das bandas é 30 metros, exceto a banda 8 pan-cromática que possui resolução de 15 metros. Após realizar a fusão de bandas com a pan-cromática, a resolução final da imagem é de 15 metros. A resolução temporal continua a mesma do satélite Landsat 5 e 7, ou seja, 16 dias.

### 3.4 SATÉLITE RAPIDEYE

Em 2008 a empresa alemã RapidEye lançou ao espaço seus cinco Satélites de Observação da Terra (FELIX, 2009). De acordo com Felix (2009) citado em Silva (2015), estes satélites realizam 15 voltas diárias em torno do planeta e coletam imagem numa faixa de 77 km de largura. Segundo Silva (2015), o sensor adquire os dados de imagem em 5 bandas espectrais diferentes. As especificações podem ser observadas no Quadro 1.

Quadro 1. Especificações Técnicas Gerais dos Satélites Rapideye

Número de Satélites	5
Altitude da Órbita	630 km, órbita síncrona com o Sol
Velocidade	27.000 km/h
Tipo de Sensor	Multiespectral
Bandas Espectrais	5 (Red, Green, Blue, Red-Edge, Near IR)
Resolução Espacial (nadir)	6,5 m
Tamanho do Pixel (ortorretificado)	5m
Resolução Radiométrica	12 bits

Fonte: Adaptado de RapidEye (2013).

### 3.5 CLASSIFICAÇÃO ESPECTRAL

A classificação espectral de imagens é uma técnica de sensoriamento remoto que consiste em agrupar numa mesma classe temática os pixels que possuem reflectância análogas nas bandas utilizadas na composição. Este método é bastante utilizado em mapeamentos que visam avaliar as mudanças ocorridas no uso e ocupação de determinada região (KAVZOGLU; VIEIRA, 2000; FRANÇA, 2007; PRADO et al., 2009; HORNING et al., 2010). Por mais que a técnica de interpretação visual seja utilizada, principalmente em imagens de alta resolução espacial, há uma tendência à classificação espectral pelo fato de ser mais rápida e gerar resultados confiáveis (CROSTA, 1992). O mapeamento espectral é realizado por meio de algoritmos estatísticos – reconhece padrões estatísticos como média, variância e covariância (CROSTA, 1992) - que levam em consideração os padrões espectrais da imagem (ANDRADE, 2013). A classificação espectral pode ser supervisionada e não-supervisionada (MOREIRA, 2003). Na primeira considera-se que o operador conhece a área a ser estudada, pois, deve ser geradas amostras de cada classe temática (REBOUÇAS, 2010). A supervisionada possui diversos métodos, entre eles: Máxima Verossimilhança (MaxVer), Distância Euclidiana e Método do Paralelepípedo (BELUCO, 2002). O método MaxVer faz uso da ponderação das distâncias entre as médias dos níveis de cinza, sendo assim, exige um número bastante elevado de pixels para cada conjunto de treinamento, permitindo uma base segura para o tratamento estatístico (CROSTA, 1992).

O método de classificação por Distância Euclidiana é um procedimento de classificação supervisionada, que utiliza a distância mínima espectral para associar um "pixel" a uma determinada classe. Na classificação, cada "pixel" será incorporado a um agrupamento, através da análise da medida de similaridade de distância Euclidiana (MARKOSKI, 2006).

### 3.6 MATRIZ DE CONFUSÃO E ÍNDICE KAPPA

Conforme Bernardes (2006), a exatidão de um mapa indica à proximidade de uma determinada medida ao seu valor real, logo, a confiabilidade de um mapa está vinculada a sua exatidão. Neste contexto, é necessário realizar algum procedimento estatístico, no produto de uma classificação de imagens digitais, para determinar a acurácia ou exatidão desta classificação. Portanto, a avaliação da precisão temática é importante para que os usuários saibam o quão confiável são os dados. Através da matriz de confusão é possível derivar medidas e conseqüentemente verificar erros oriundos do processo de atribuição dos pixels a determinadas classes (VIEIRA, 2000).

O uso do coeficiente Kappa é satisfatório na avaliação da precisão de uma classificação temática, pelo fato de levar em consideração toda a matriz de confusão no seu cálculo (CONGALTON, 1991). Dependendo do valor de K o desempenho da classificação pode ser avaliado como mostra o Quadro 2.

Quadro 2. Índice Kappa e o desempenho da classificação.

<b>Índice Kappa</b>	<b>Desempenho</b>
$<0$	Péssimo
$0 < K \leq 0,2$	Ruim
$0,2 < K \leq 0,4$	Razoável
$0,4 < K \leq 0,6$	Bom
$0,6 < K \leq 0,8$	Muito Bom
$0,8 < K \leq 1,0$	Excelente

Fonte: Fonseca (2000) obtido em Figueiredo (2007).

### 3.7 ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

As áreas de Preservação Permanente (APP) têm função ambiental de preservar os recursos naturais, a biodiversidade, o fluxo gênico da fauna e flora, o solo e a segurança do bem-estar das populações humanas. Protegidas pelo Código Florestal (LEI 12.651/2012) os tipos mais comuns de APP estão localizados junto aos cursos d'água, represas, lagos naturais, ao redor de nascentes, em topo de morros e em declividades maiores que 45°. Embora protegida pela legislação, a ocupação da APP pela agropecuária e expansão urbana é crescente e tem causado degradação ambiental (FREITAS, 2013).

O Código Florestal determina que as áreas de preservação permanente em cursos d'água sigam as determinações contidas no Quadro 3.

Quadro 3. Relação Entre Largura do Curso D'água e APP.

<b>Largura Mínima da APP (metros)</b>	<b>Largura Curso D'Água (metros)</b>
30	$<10$
50	$10 < x < 50$
100	$50 < x < 200$
200	$200 < x < 600$
500	$x > 200$

Fonte: Novo Código Florestal, Lei nº 12.651/12.

De acordo com a norma, as nascentes sempre terão APP com um raio de 50 metros.

Segundo Lima & Zakia (2004), a mata ciliar e a mata de galeria possuem grande importância para a manutenção dos ecossistemas aquáticos, pois, facilitam a infiltração da água no solo, evitando o escoamento superficial de partículas e sedimentos, e consequentemente evitam a ocorrência de processos erosivos. Por estes fatos é essencial a preservação da flora ribeirinha para manutenção da qualidade da água. Ainda segundo esses autores, essas matas fornecem sombra mantendo a estabilidade térmica da água, e servem de abrigo e alimento para grande parte da fauna. Vanzela et al. (2010) verificou que a modificação desses ambientes, seja para implementação de áreas urbanas, atividade agropecuária ou até mesmo a degradação da flora reduziram, de maneira geral, a qualidade de água em uma bacia hidrográfica.

### 3.8 CLASSES DE USO DO SOLO UTILIZADAS EM MAPEAMENTOS

De acordo com a 3ª edição do Manual Técnico de Uso da Terra (2013), elaborado pelo IBGE, as classes de Nível I são: áreas antrópicas não agrícolas, no qual estão inclusas as cidades, vilas, complexos industriais e áreas de mineração; áreas antrópicas agrícolas que correspondem às atividades agropecuárias e silviculturais; áreas de vegetação natural que são representadas pela área florestal e campestre e classe a água que representa os cursos d'água e as massas de água, sejam elas naturais ou artificiais.

O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) utiliza técnicas de sensoriamento remoto para mapear desmatamentos ocorridos na Amazônia. Este levantamento é conhecido nacional e internacionalmente. O Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES) inicialmente utilizava metodologia de mapeamento por interpretação visual, mas entre os anos de 2003 e 2005, passaram a adotar o processo de interpretação via classificação digital. O processamento das imagens é feito no software SPRING (INPE, 2013).

O TerraClass mapeia o uso das áreas desflorestadas na Amazônia para mostrar o que foi feito nos locais identificados pelo PRODES, o sistema do INPE que contabiliza anualmente o desmate por corte raso na Amazônia Legal com base em imagens de satélites. Para descrever a situação do uso e da cobertura da terra, o projeto considera as seguintes classes temáticas: Agricultura, Pasto Limpo, Pasto Sujo, Pasto com Solo Exposto, Regeneração com Pasto, Vegetação Secundária, Mosaico de Ocupações, Mineração, Área Urbana e Reflorestamento (INPE, 2013).

O DETER - Sistema de Detecção de Desmatamento em Tempo Real utiliza imagens dos sensores MODIS, a bordo do satélite TERRA, da NASA e WFI, a bordo do satélite brasileiro CBERS-2B do INPE. Esses sensores cobrem a Amazônia com alta frequência temporal, de dois e cinco dias, respectivamente, mas com resolução espacial moderada de 250 metros. Com essa resolução espacial, as imagens desses sensores permitem apenas a detecção de desmatamentos cujas áreas sejam superiores a 25 hectares. As medidas do DETER são assim mais imprecisas que o PRODES, mas feitas com maior frequência. DETER produz um mapa digital com todas as ocorrências de desmatamento observadas na quinzena anterior (INPE, 2008).

## 4 METODOLOGIA

O trabalho consiste em uma análise temporal do uso do solo da BR-262 no município de Araxá, estado de Minas Gerais. Esta análise foi feita em um período histórico de 30 anos, iniciando em 1984 e finalizando em 2014, mapeado em intervalos de 10 anos. Todo o procedimento descrito a seguir será feito com o auxílio dos *softwares* ESRI ArcGis ® 10.2 e ENVI ® 4.5.



#### 4.1 *ÁREA DE ESTUDO*

A rodovia federal BR-262 é uma importante rota de acesso da região Norte, Centro-Oeste e Nordeste ao sudeste brasileiro. Esta rodovia atravessa diversos municípios de Minas Gerais, como por exemplo, Araxá e Nova Serrana. No contexto de abrangência da BR-262, está localizado o município Araxá, que faz parte da Macrorregião do Alto Paranaíba, Minas Gerais, situado entre as coordenadas geográficas, em WGS 1984, de 19°25'53'' e 19°50'09'' de latitude Sul e 46°44'27'' e 47°13'38'' de longitude Oeste de Greenwich, fazendo divisas com os municípios de Perdizes, Ibiá, Sacramento e Tapira (ROCHA, 2006).

A região do município de Araxá apresenta um papel de pólo de desenvolvimento, pois apresenta uma maior infraestrutura de educação, saúde e trabalho. A economia municipal é centrada na mineração – extração de Nióbio, Fósforo, Cobre, Urânio e Titânio - e o turismo. Em Araxá também está localizada uma estância hidromineral que é conhecida nacionalmente.

A pedologia do município de Araxá é predominantemente representada por Litossolos rasos, pedregosos e com afloramentos de quartzitos. Outros solos em menor abundância incluem os Cambissolos e Latossolos Vermelho-Amarelos (CARVALHO, 2007).

O município está inserido no Bioma Cerrado, com clima classificado como AW e eventualmente Cwa de acordo com a classificação de Köppen. Clima desse tipo tem como característica o verão quente e inverno seco (RIBEIRO e MEDEIROS, 2000).

Segundo o censo de 2014 do IBGE, Araxá está localizado a 367 quilômetros de Belo Horizonte, possui 1.167 quilômetros quadrados de área e tem uma população estimada de 101.136 habitantes. A Figura 1 mostra a localização de Araxá e Belo Horizonte e a BR-262 utilizada como ligação entre os dois centros urbanos.

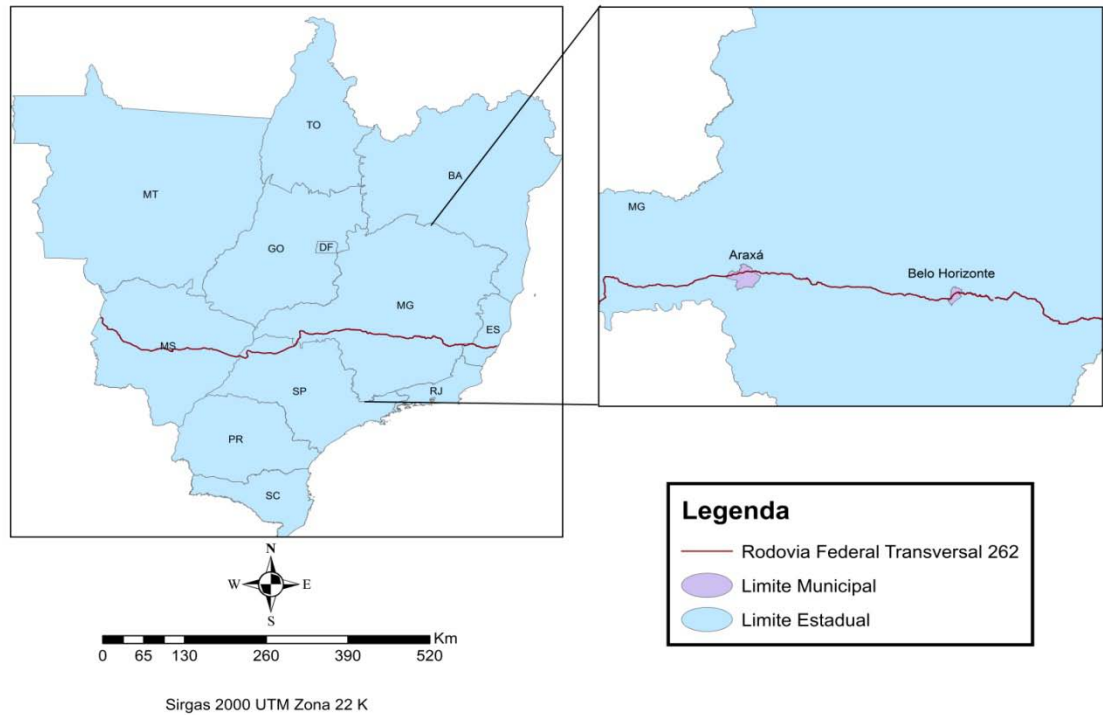


Figura 1. Localização da BR-262 no Brasil e no Estado de Minas Gerais.

O município de Araxá é um dos 20 municípios que pertencem à Bacia Hidrográfica do Rio Araguari (PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO DE ARAXÁ, 2002), como pode ser observado na Figura 2. O município envolve 10 regiões de sub-bacias.

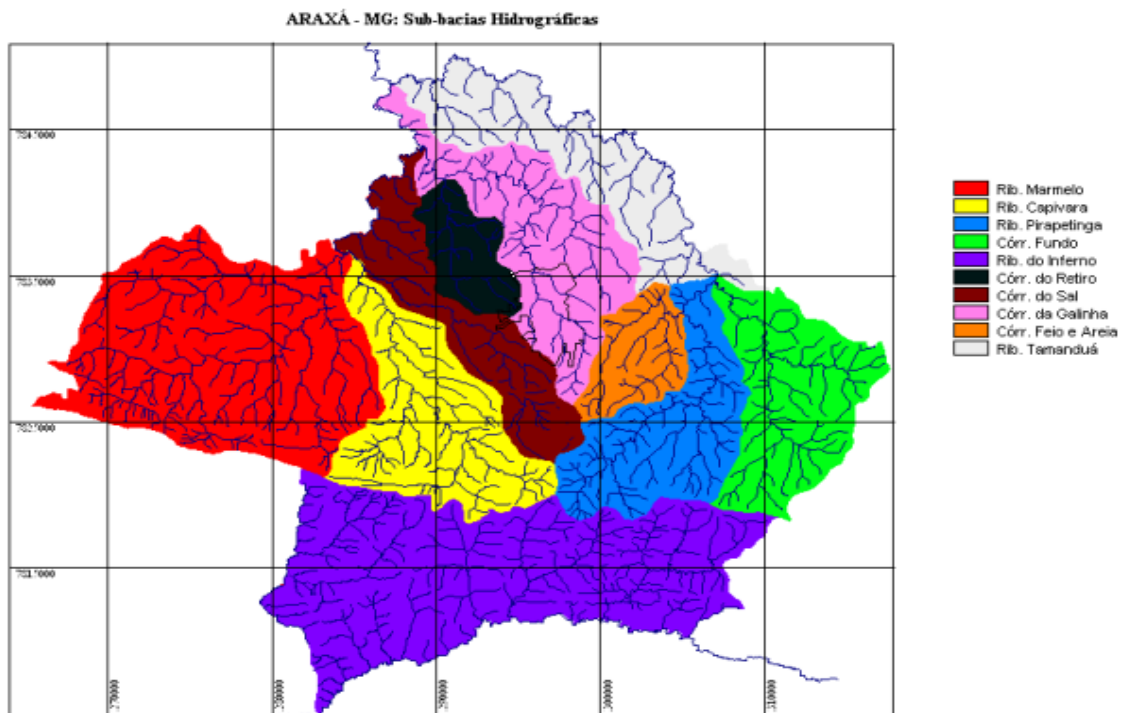


Figura 2 Sub-bacias hidrográficas no município de Araxá, Minas Gerais. Fonte: ROCHA (2006).

## 4.2 BASE DE DADOS

No presente estudo foram utilizadas imagens do Landsat-5 TM para 1984, 1994 e 2004. Para o ano de 2014, serão usadas as imagens do Landsat-8 OLI. As imagens são disponibilizadas gratuitamente pela NASA (Agência Espacial Norte-Americana). Portanto para cada ano de estudo (1984, 1994, 2004 e 2014) foram adquiridas as imagens Landsat-5 ou Landsat-8. As cenas sem nuvens foram priorizadas. As imagens do Landsat-8, corrigidas geometricamente, foram utilizadas como referência espacial para as demais imagens adquiridas. No Quadro 4 a seguir consta a relação de cada imagem a ser utilizada:

Quadro 4. Cenas Landsat-5 e Landsat-8 utilizadas para o mapeamento do uso de cobertura da terra na área de estudo

<b>ANO</b>	<b>SATÉLITE</b>
1984	LANDSAT 5
1994	LANDSAT 5
2004	LANDSAT 5
2014	LANDSAT 8

A rodovia BR-262 atravessa as órbitas 219 e 220 na cena n° 74 do satélite Landsat, portanto é necessário utilizar as duas cenas para cada ano. Tendo ciência disto, a data de cada imagem será descrita no Quadro 5 a seguir:

Quadro 5. Imagens Landsat utilizadas.

<b>ANO</b>	<b>CENA</b>	<b>DATA</b>
1984	219	13/06
	220	06/07
1994	219	01/02
	220	03/08
2004	219	23/08
	220	14/08
2014	219	16/03
	220	10/12

As imagens dos satélites RapidEye foram obtidas através de um geocatálogo disponibilizado pelo Ministério do Meio Ambiente. Para cobrir toda a área de estudo foi necessária a utilização de oito cenas registradas entre 2012 e 2014, como mostra o Quadro 6. Neste caso, as cenas não têm o compromisso de serem do mesmo ano.

Quadro 6. Cenas e anos das imagens RapidEye.

Cena	Ano
20T142826	2013
01T14227	2012
13T142952	2013
29T142117	2013
16T142139	2013
19T142139	2014
16T142000	2013
29T141305	2014

### 4.3 PROCESSAMENTO DAS IMAGENS LANDSAT

As imagens Landsat-5 dos anos de 1984, 1994 e 2004 foram corrigidas geometricamente, utilizando como referência as imagens Landsat-8. As bandas 2 a 7 (resolução espacial de 30 metros) das imagens do satélite Landsat-8 foram fusionadas com a banda 8 (pancromática, resolução espacial 15 metros), produzindo imagens multiespectrais com resolução espacial final de 15 metros. Na sequência, a ferramenta *ExtractByMask* foi utilizada para recortar as imagens para a área de estudo, que incluiu uma zona de 600 metros no entorno do trecho da rodovia BR-262 no município de Araxá, Minas Gerais. As imagens dos satélites landsat e RapidEye estavam originalmente em sistema de projeção geográfica e *datum* WGS 1984. As imagens foram reprojctadas para o *datum* SIRGAS 2000, Projeção UTM zona 23 K (Figura 3).

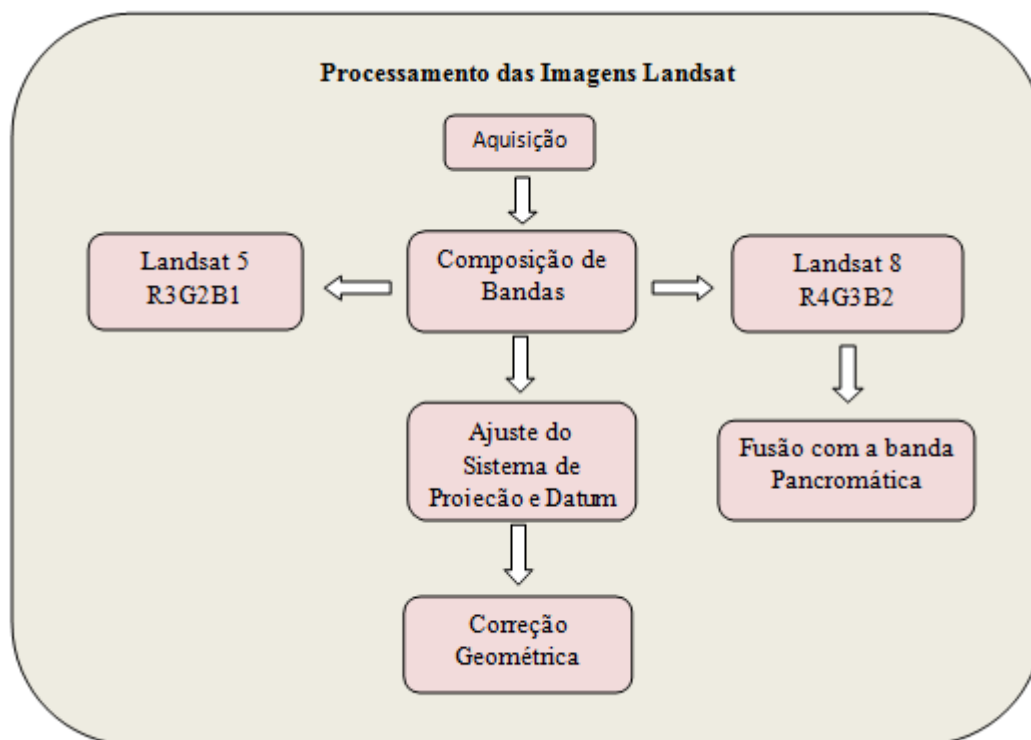


Figura 3. Fluxograma do Processamento das Imagens Landsat.

#### 4.4 MAPEAMENTO DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

A utilização de imagens do satélite RapidEye teve como objetivo principal possibilitar o mapeamento das áreas de preservação permanente na área de estudo. Primeiramente, foram mapeados os cursos e as massas d'água a partir de interpretação visual das imagens RapidEye. Em seguida, as feições mapeadas foram devidamente classificadas com base nas suas respectivas larguras entre as margens. Em cada ponto inicial de um canal de drenagem foi gerado um ponto para indicar uma nascente. Nestes pontos foram geradas zonas de 50 metros para definir as Áreas de Proteção Permanente (APP) das nascentes. Para os rios e outras massas d'água, as APP foram geradas de acordo com suas larguras e definições pelo Código Florestal Brasileiro.

#### 4.5 CLASSIFICAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA

O método de classificação automática dos usos e coberturas da terra foi desenvolvido para uma área teste de 12 km<sup>2</sup>, utilizando dados do satélite Landsat. Os usos e cobertura da terra foram classificados utilizando o método de classificação supervisionada e os algoritmos Máxima Verossimilhança e Distância Euclidiana. Foram escolhidas seis classes de uso e cobertura da terra:

- Formação Florestal: representando as matas de galeria e ciliares;
- Massa D'Água: corpos d'água naturais e artificiais;
- Atividade Agropecuária: pastagem, culturas permanentes e temporárias;
- Solo Exposto: solo exposto por causas naturais ou pela ação antrópica;
- Área Urbana: cidades, vilas e vilarejos;
- Formação Campestre: campos secos e úmidos.

Para aplicação do método foram definidas áreas de treinamento para cada classe, envolvendo em torno de 15 amostras. Estas amostras foram coletadas como áreas de interesse de onde foram estimadas as estatísticas espectrais de cada classe. O classificador com cada algoritmo testado (Máxima Verossimilhança e Distância Euclidiana) utilizou os dados estatísticos de cada classe para a classificação preliminar. Na etapa final, um filtro maioria (*Majority filter*) foi aplicado para eliminar pixels isolados dentro de classes maiores.

As mesmas feições de uso e cobertura também foram mapeadas a partir de interpretação visual das cenas RapidEye e utilizados como verdade de campo para verificar a acurácia da classificação automática das imagens Landsat de 2014. O algoritmo que apresentou a melhor acurácia de classificação foi utilizado para a classificação das demais imagens dos anos anteriores.

#### 4.6 PÓS-CLASSIFICAÇÃO

A partir da classificação final das imagens Landsat, foi feita uma inspeção visual sobre a classificação e correção de erros óbvios da classificação automática. Os casos mais comuns de erros de classificação foram para a detecção de áreas urbanas.

#### 4.7 DETERMINAÇÃO DO USO E COBERTURA DA TERRA DAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

Para determinação do uso e cobertura da terra dentro das áreas de preservação foi utilizada a ferramenta *Intersect* entre os dados vetoriais (formato *shapefile*) de uso e ocupação da terra e das áreas de APP, mantendo as informações contidas em ambas as tabelas de atributos.

#### 4.8 MENSURAÇÃO DAS ÁREAS DE USO E COBERTURA DA TERRA

As classes finais foram estimadas automaticamente a partir dos polígonos que compuseram cada classe de interesse. As áreas foram calculadas em hectares.

### 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 5.1 AVALIAÇÃO DOS MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO AUTOMÁTICA

O processo realizado no software ENVI 4.5 possibilitou um embasamento na escolha entre dois métodos de classificação supervisionada que melhor se adequava a área de estudo. Os métodos foram aplicados para o mesmo conjunto de amostras, para que não houvesse beneficiamento de um deles. Então, foram realizados dois processos de matriz de confusão; um entre o mapeamento manual e o método classificatório de distância euclidiana (Quadro 7); e outro entre o mapeamento manual e o método classificatório da máxima verossimilhança, o MaxVer (Quadro 8).

Quadro 7. Matriz de Confusão Entre o Mapeamento Manual e o Método da Distância Euclidiana.

Classe	F. Florestal	Massa D'Água	A. Agropecuária	Solo Exposto	F. Campestre	$\Sigma$	Erro de Comissão (%)
F. Florestal	90364	1334	735	29	28469	120931	25,28
Massa D'Água	623	5275	569	175	1176	7818	32,53
A. Agropecuária	18444	19339	135974	25670	204549	403976	66,34
Solo Exposto	0	0	14	15	19	48	68,75
F. Campestre	10347	64	1371	10	93035	104827	11,25
$\Sigma$	119217	26012	138663	25899	327248	637600	
Erro de Omissão (%)	24,56	79,72	1,94	99,94	71,57	Erro Global (%)	49,08

Acurácia Global: 51%; Coeficiente Kappa: 0,3383.

Como pode ser observada no Quadro 7, a acurácia global obtida pelo Método da Distância Euclidiana foi de aproximadamente 51%. O coeficiente Kappa deste método foi de 0,3383. Este valor indica que o método teve um desempenho razoável no mapeamento da área de aplicação.

Quadro 8. Matriz de Confusão Entre o Mapeamento Manual e o Método da Máxima Verossimilhança.

Classe	F. Florestal	Massa D'Água	A. Agropecuária	Solo Exposto	F. Campestre	$\Sigma$	Erro de Comissão (%)
F. Florestal	96345	1275	3689	921	18701	120931	20,33
Massa D'Água	597	5647	311	960	303	7818	27,77
A. Agropecuária	16718	149	264065	24240	98804	403976	34,63
Solo Exposto	0	0	23	24	1	48	50
F. Campestre	12516	2	11244	1043	80022	104827	23,66
$\Sigma$	126176	7073	279332	27188	197831	637600	
Erro de Omissão (%)	23,64	20,16	5,47	99,91	59,55	Erro Global (%)	30,03

Acurácia Global: 70%; Coeficiente Kappa: 0,5261.

A Quadro 8 mostra que o resultado da estimativa da acurácia global foi de aproximadamente e o coeficiente Kappa (0,5261). Tais valores indicam um bom desempenho do classificador utilizado nesta pesquisa para a área de estudo.

Com base no exposto acima, o classificador com melhor desempenho para a área de estudo foi a classificação supervisionada com o algoritmo Máxima Verossimilhança.

## 5.2 AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS NA ÁREA DE ESTUDO

Para cada ano do período de estudo (1984, 1994, 2004 e 2014) foi estimado o uso e cobertura da terra para a área do entorno da BR-262 no município de Araxá, Minas Gerais. O Quadro 9 abaixo mostra os resultados obtidos a partir do mapeamento para a área e período de estudo.

Quadro 9. Dinâmica do uso e cobertura da terra na área de estudo.

Tipo de Uso e Ocupação	Área (ha)			
	1984	1994	2004	2014
Formação Florestal	2728,51	2422,30	2229,19	2824,09
Massa D'Água	10,87	9,78	9,71	10,04
Atividade Agropecuária	6417,24	9442,50	11252,06	13123,17
Solo Exposto	438,93	204,12	28,82	67,36
Área Urbana	10,78	98,11	96,85	94,82
Formação Campestre	11283,12	8712,62	7299,66	4764,94

Os resultados das áreas de formação florestal mostram certa estabilidade no período de estudo. Tal fato indica que as formações florestais não foram alvo de desmatamento, provavelmente devido à condição das APPs ou por serem protegidas por lei. Além disso, por ser uma área onde há grande ocorrência de atividades agrícolas, os agricultores têm entendimento de que a preservação destas matas influencia diretamente na qualidade e quantidade de água disponível na região. Além do que instalar atividades agropecuárias neste tipo de formação requer grande utilização de maquinário para efetuar a derrubada de árvores. O relevo também influencia diretamente. Foi provavelmente pela manutenção das formações florestais que a área ocupada pelos recursos hídricos se manteve estável entre 1984 a 2014.

Entretanto, as áreas de atividades agropecuárias cresceram mais de 100% no período de 30 anos do estudo. Este crescimento pode ter sido favorecido pela facilidade de escoamento de produtos agropecuários proporcionado pela construção da BR-262. As formações campestres cederam espaço para o avanço da agricultura e pecuária na área de estudo. Diferentemente das regiões de preservação ao longo dos cursos d'água, as áreas campestres não possuem leis rígidas que assegurem sua preservação. Com isso, há uma grande substituição deste tipo de vegetação natural por atividades que geram renda.

A rodovia possibilitou fácil acesso à região e isto explica o fato das áreas urbanas terem crescido ao longo dos 30 anos.

A Figura 4 mostra de maneira simplificada como se comportaram as áreas destinadas aos usos e cobertura da terra estudada e o comportamento inverso entre atividade agropecuária e formação campestre.



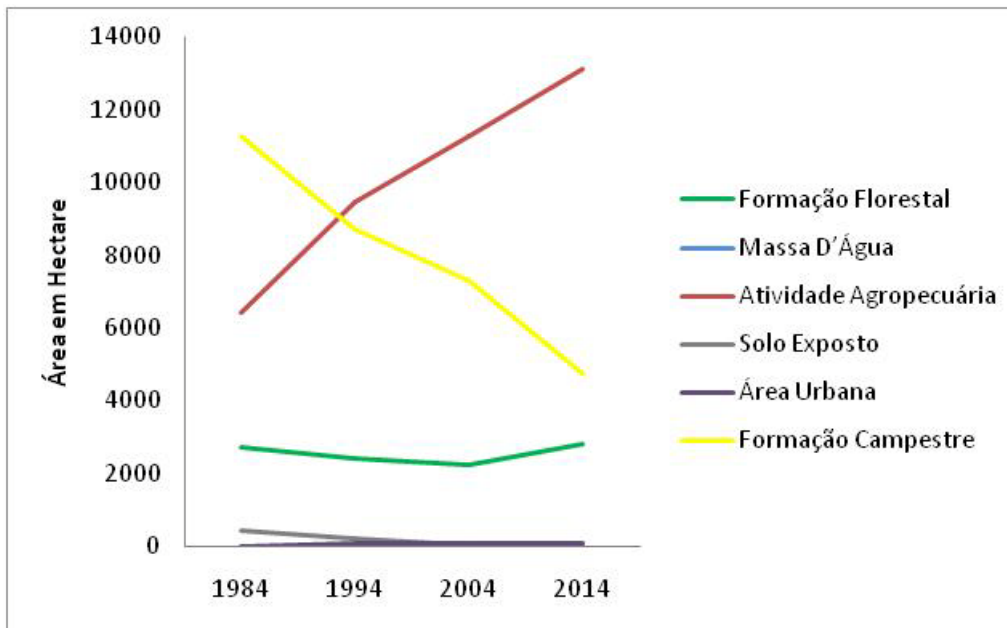


Figura 4. Dinâmica do uso e ocupação da terra no entorno da BR-262 no município de Araxá, Minas Gerais.

A disposição espacial das classes de uso dentro da área de estudo também é importante para a compreensão das mudanças ocorridas ao longo dos anos. As Figuras 5 a 8 apresentam a distribuição espacial dos diferentes usos e cobertura da terra na área desta pesquisa no ano de 1984.

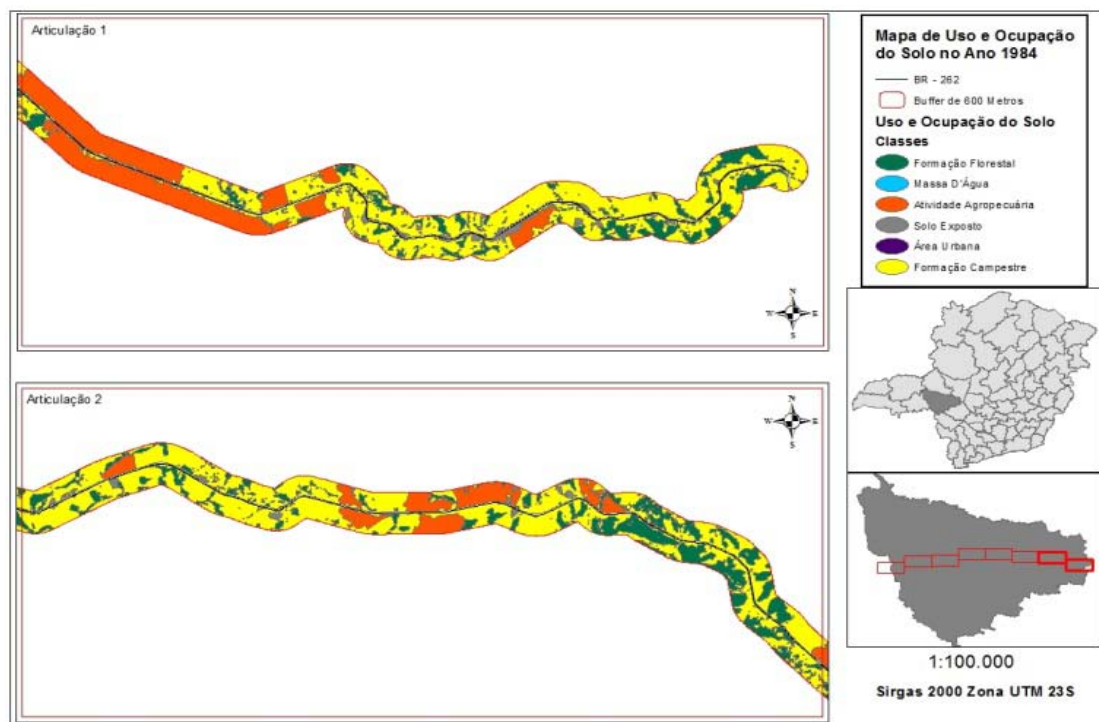


Figura 5. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 1984. Articulações 1 e 2.

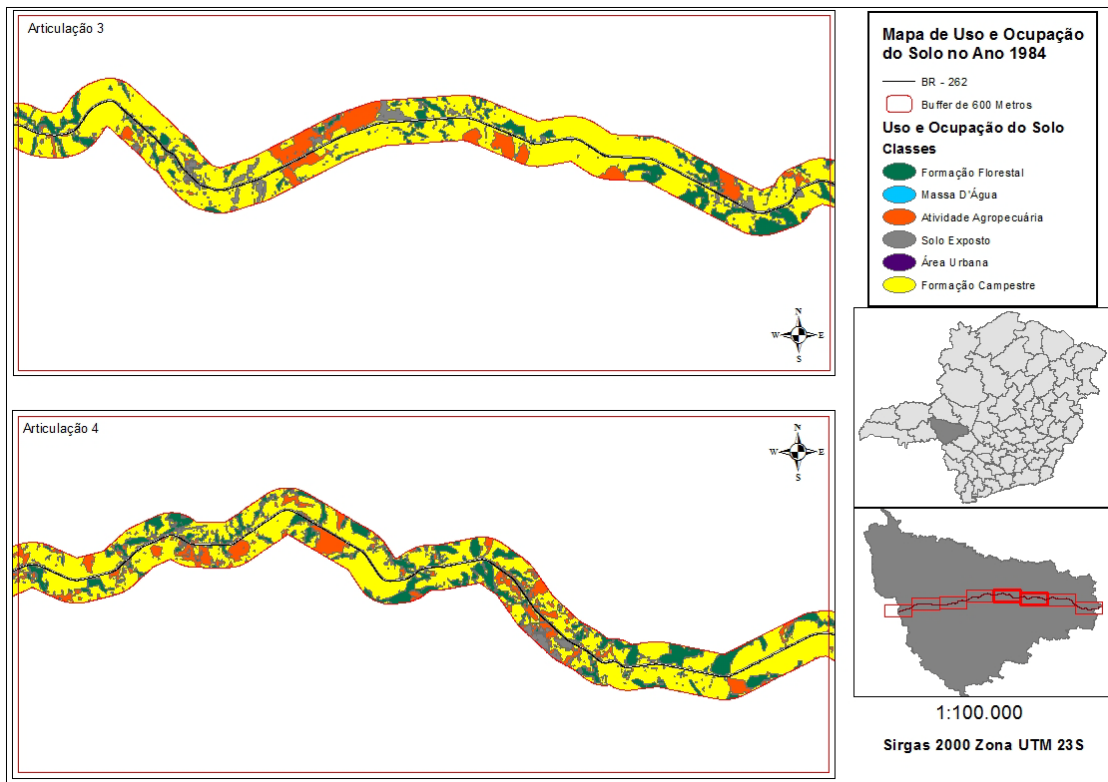


Figura 6. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 1984. Articulações 3 e 4.

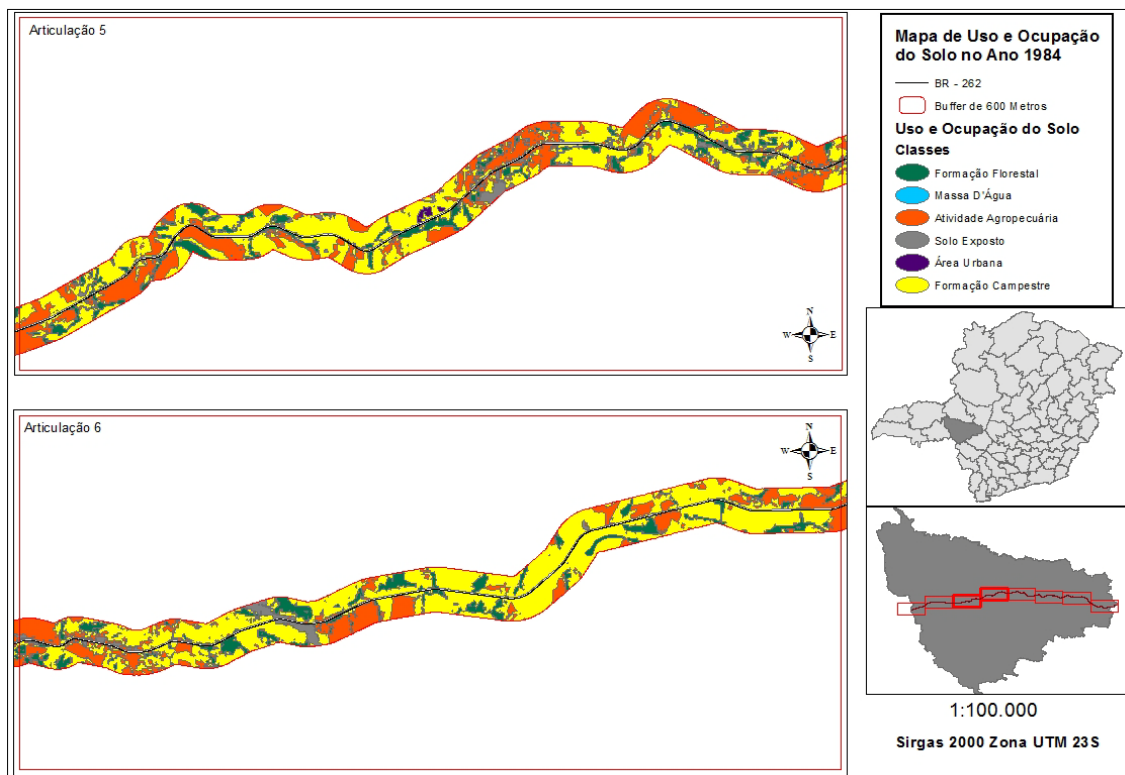


Figura 7. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 1984. Articulações 5 e 6.

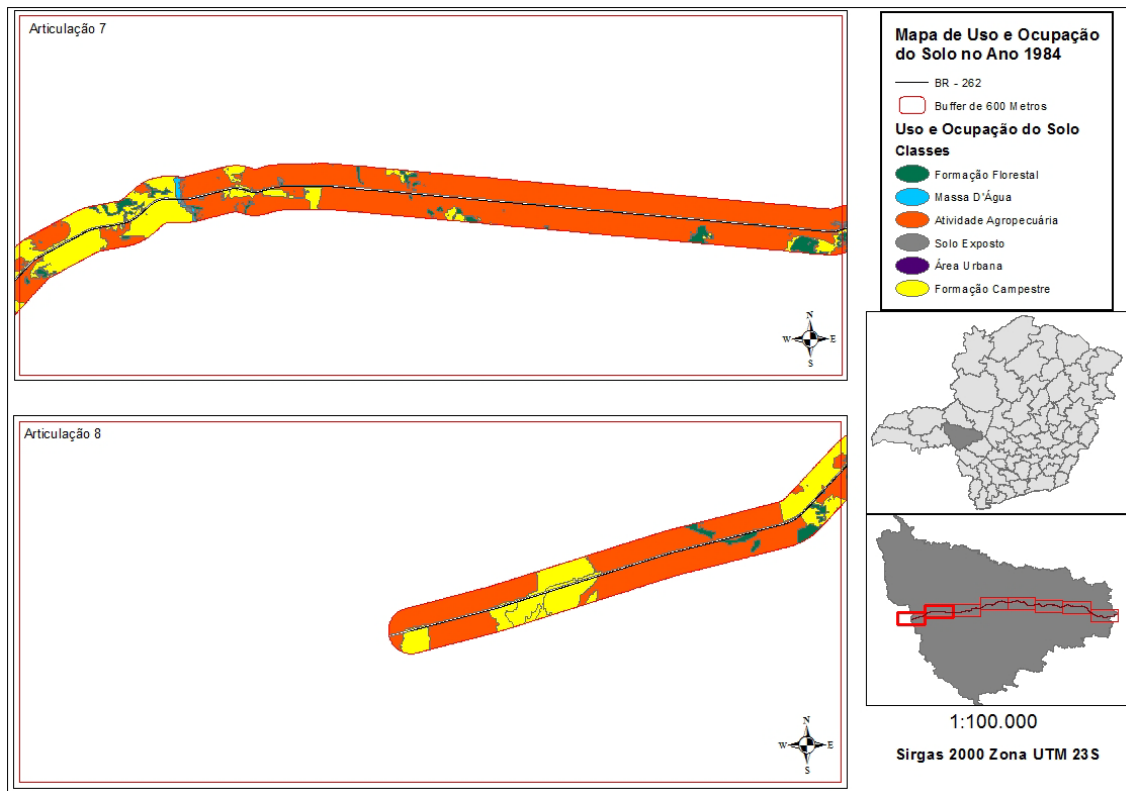


Figura 8. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 1984. Articulações 7 e 8.

A Figura 9, Figura 10, Figura 11 e a Figura 12 apresentam a distribuição espacial dos diferentes usos e cobertura da terra na área desta pesquisa no ano de 1994. Como pode ser observado, as áreas campestres já começam a ser substituídas pela atividade agropecuária principalmente no início do trecho. Outra classe de uso que teve aumento considerável neste período de tempo foram as áreas urbanas.

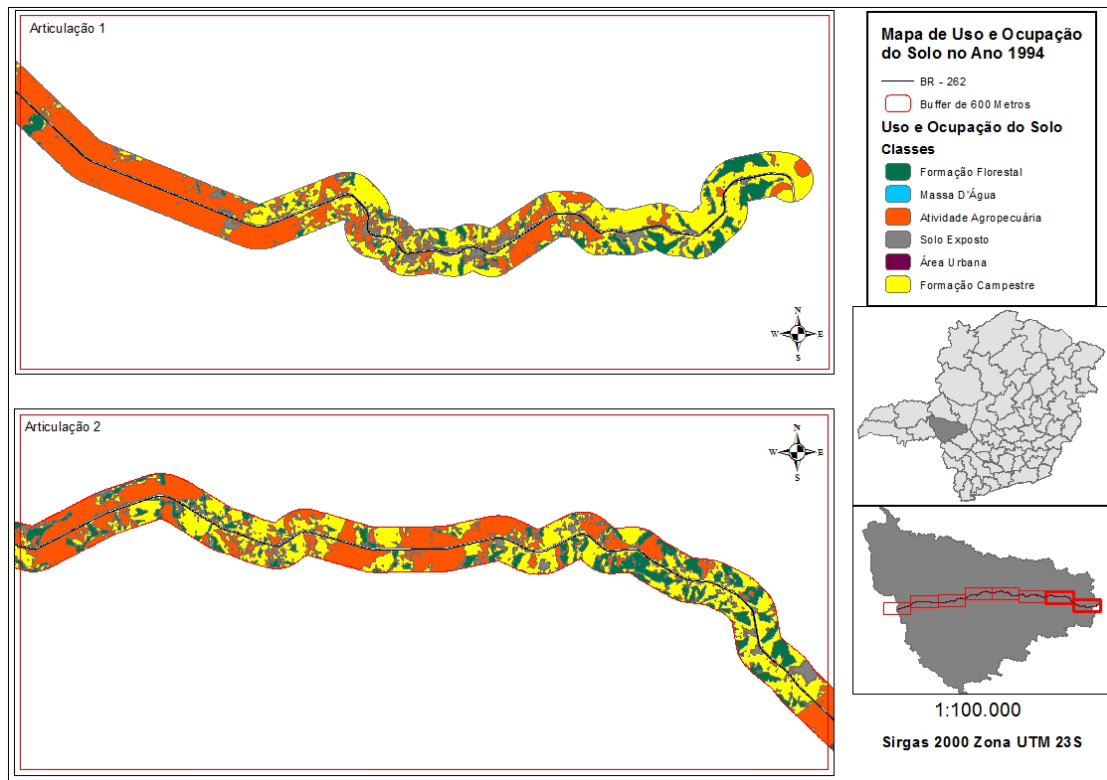


Figura 9. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 1994. Articulações 1 e 2.

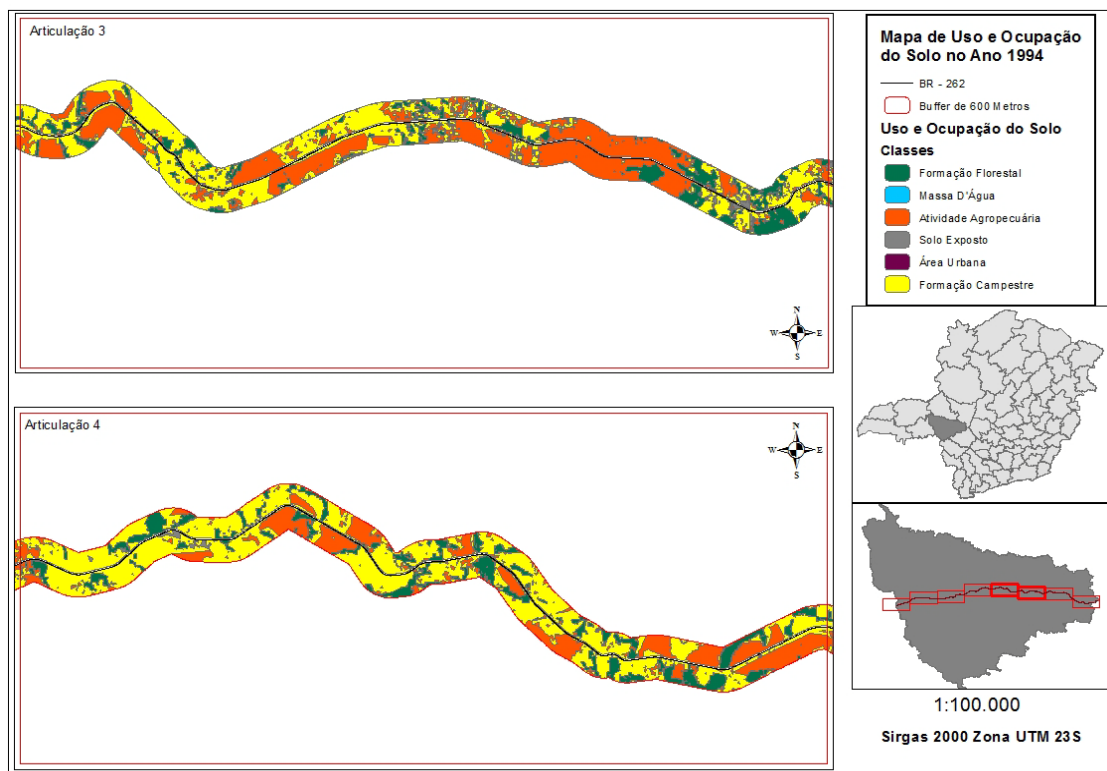


Figura 10. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 1994. Articulações 3 e 4.

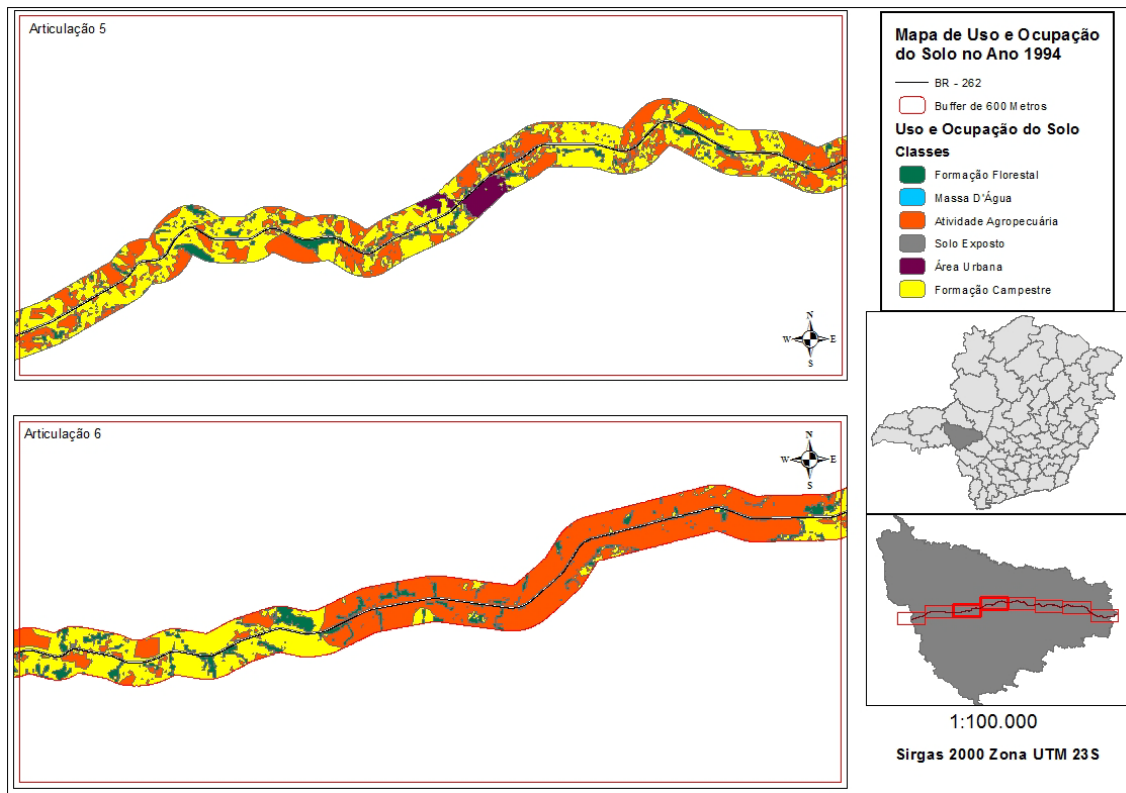


Figura 11. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 1994. Articulações 5 e 6.

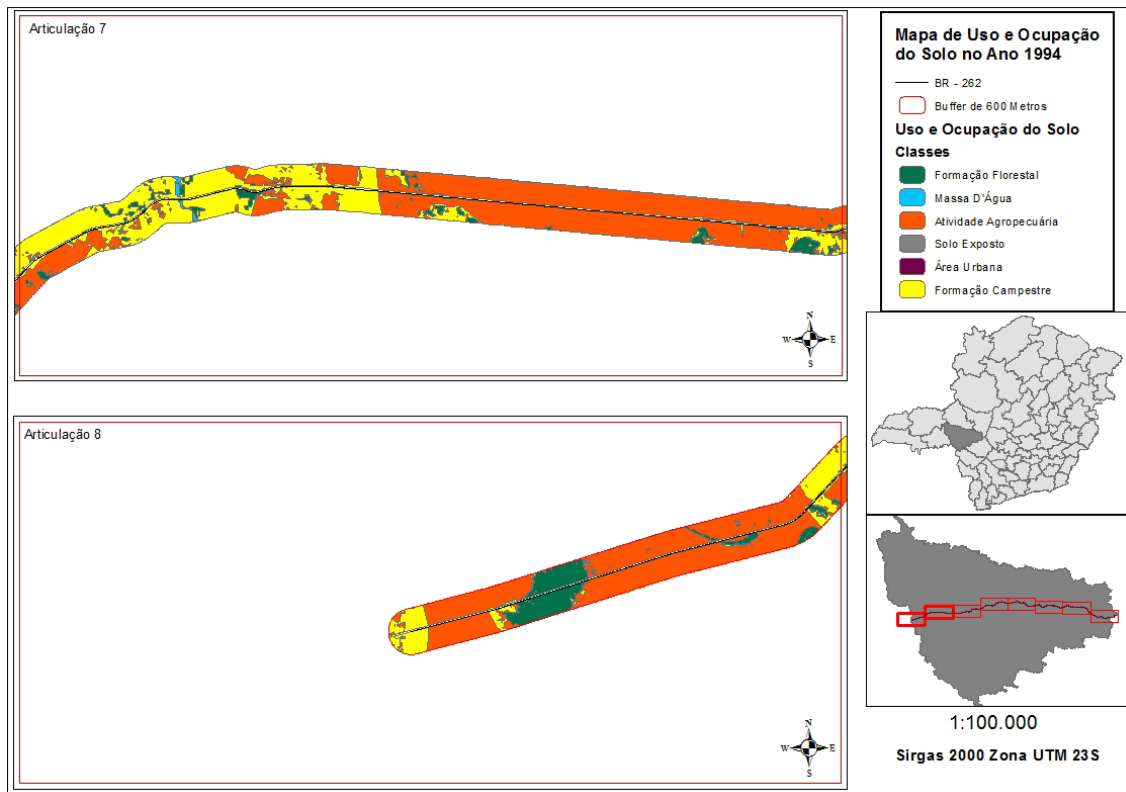


Figura 12. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 1994. Articulações 7 e 8.

A Figura 13, Figura 14, Figura 15 e a Figura 16 apresentam a distribuição espacial dos diferentes usos e cobertura da terra na área desta pesquisa no ano de 2004.

Neste caso pode-se observar os poucos fragmentos remanescentes de formação campestre no final do trecho.

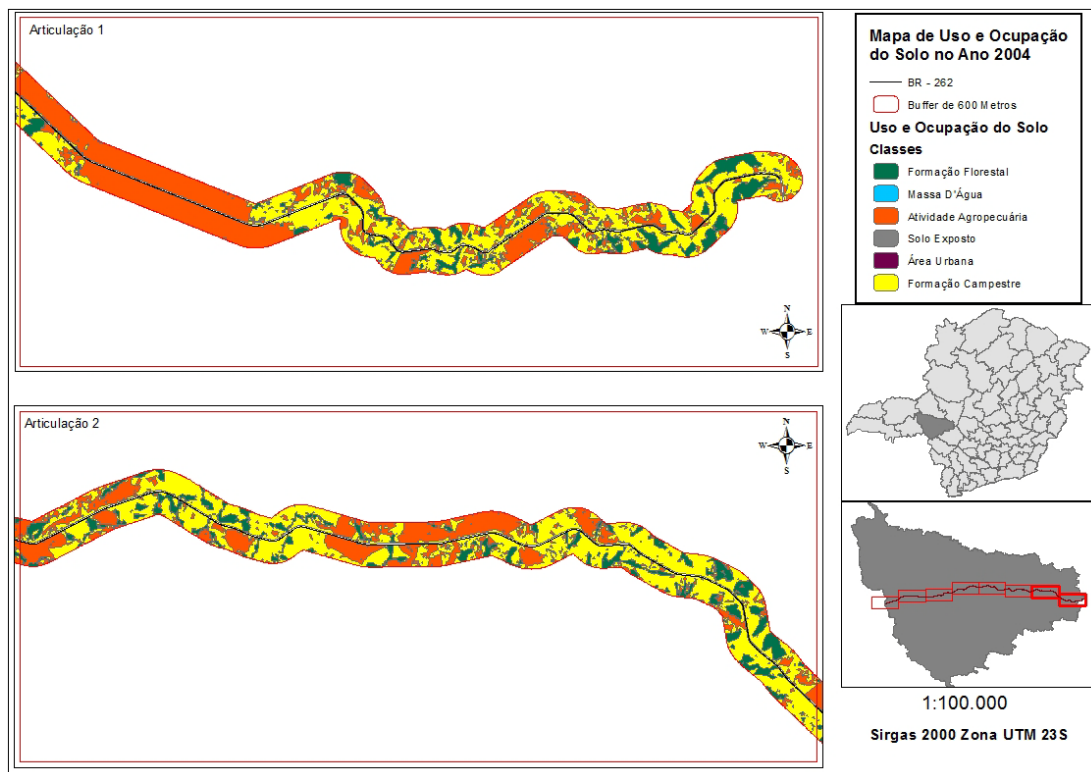


Figura 13. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 2004. Articulações 1 e 2.

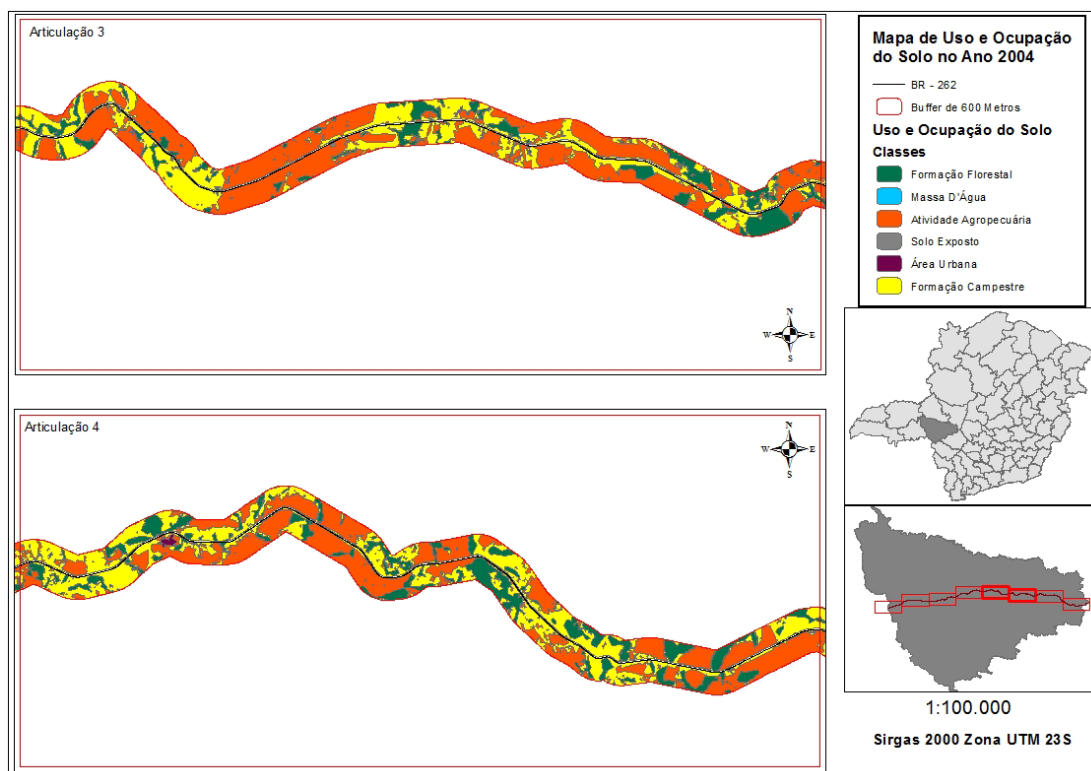


Figura 14. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 2004. Articulações 3 e 4.

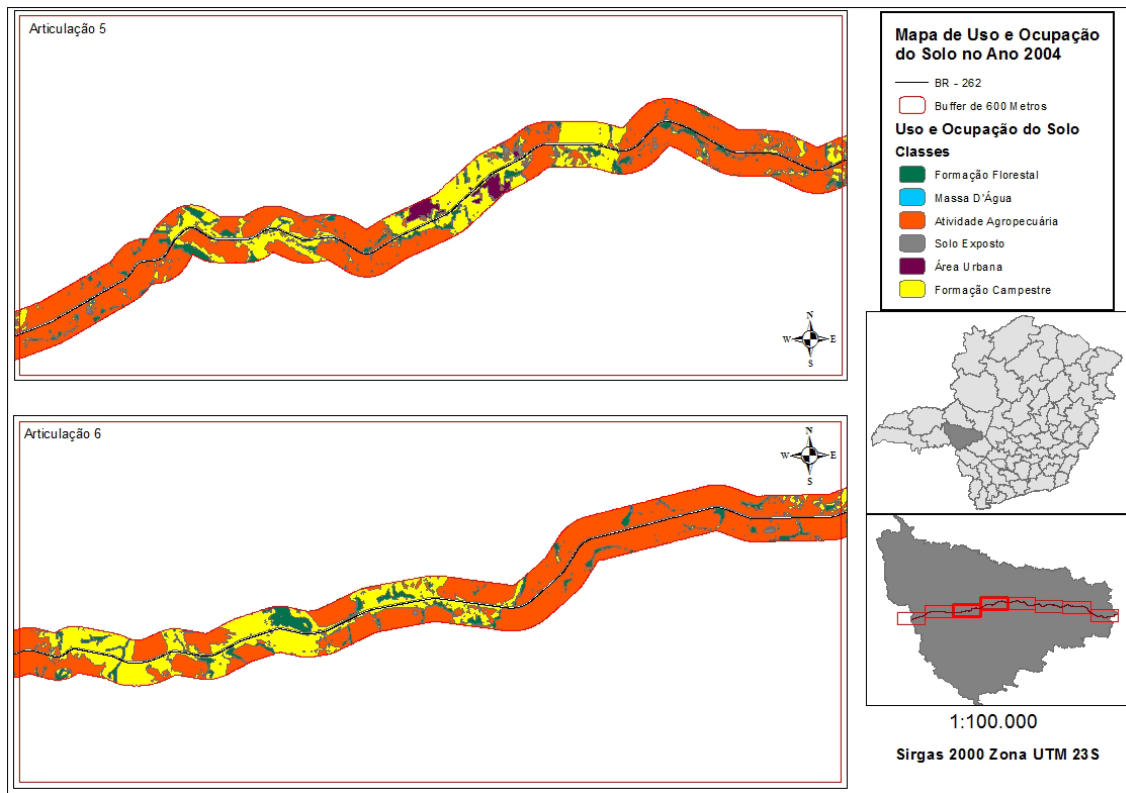


Figura 15. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 2004. Articulações 5 e 6.

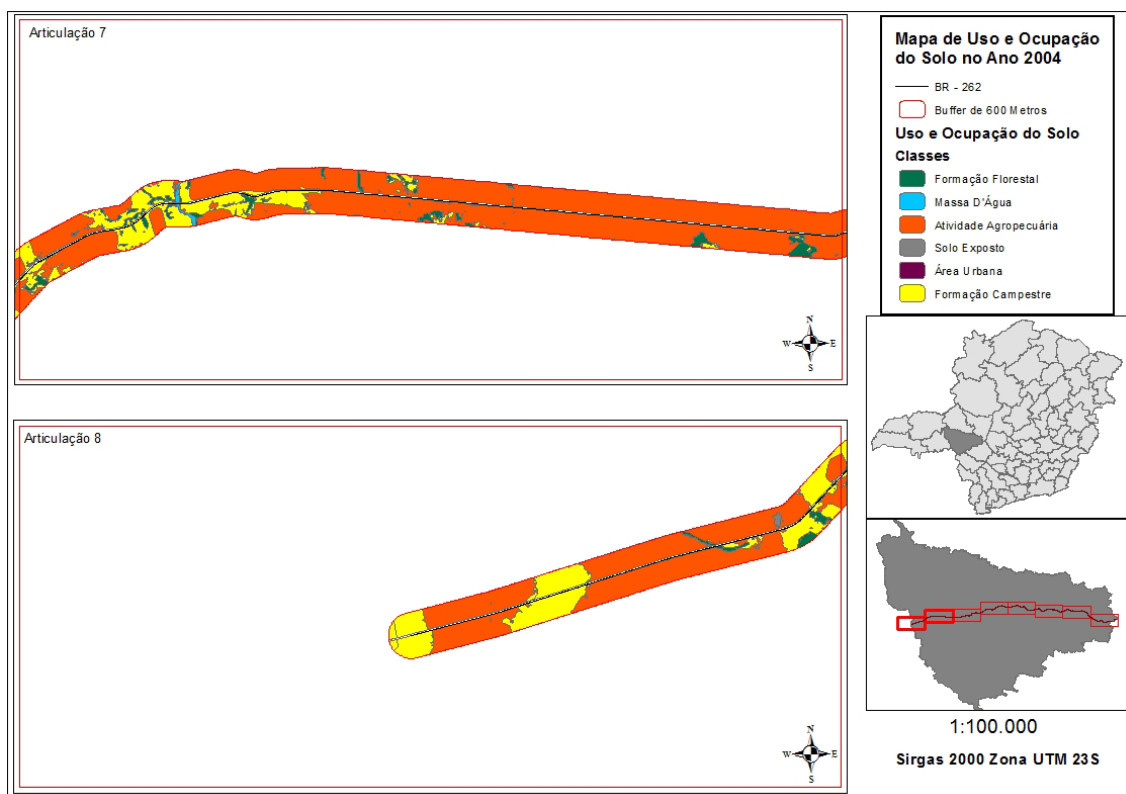


Figura 16. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 2004. Articulações 7 e 8.

A Figura 17, Figura 18, Figura 19 e a Figura 20 apresentam a distribuição espacial dos diferentes usos e cobertura da terra na área desta pesquisa no ano de 2014. Para este

ano, com base na visualização das figuras a seguir, fica claro a predominância das atividades agrícolas na região de estudo.

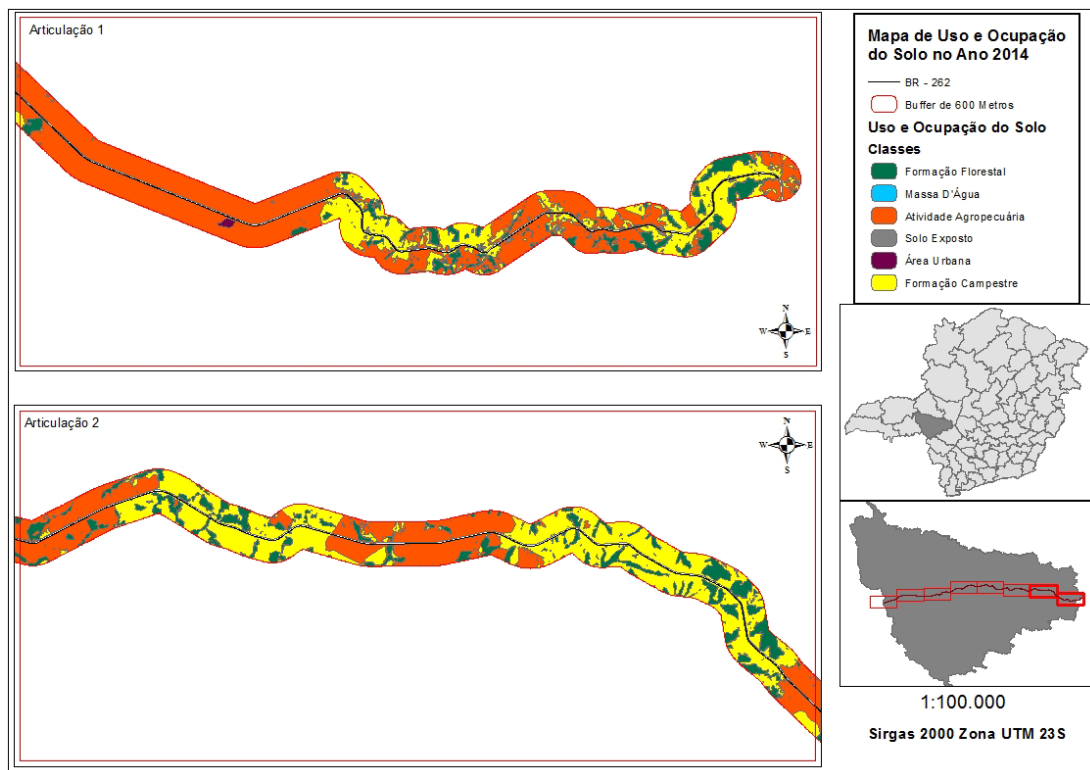


Figura 17. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 2014. Articulações 1 e 2.

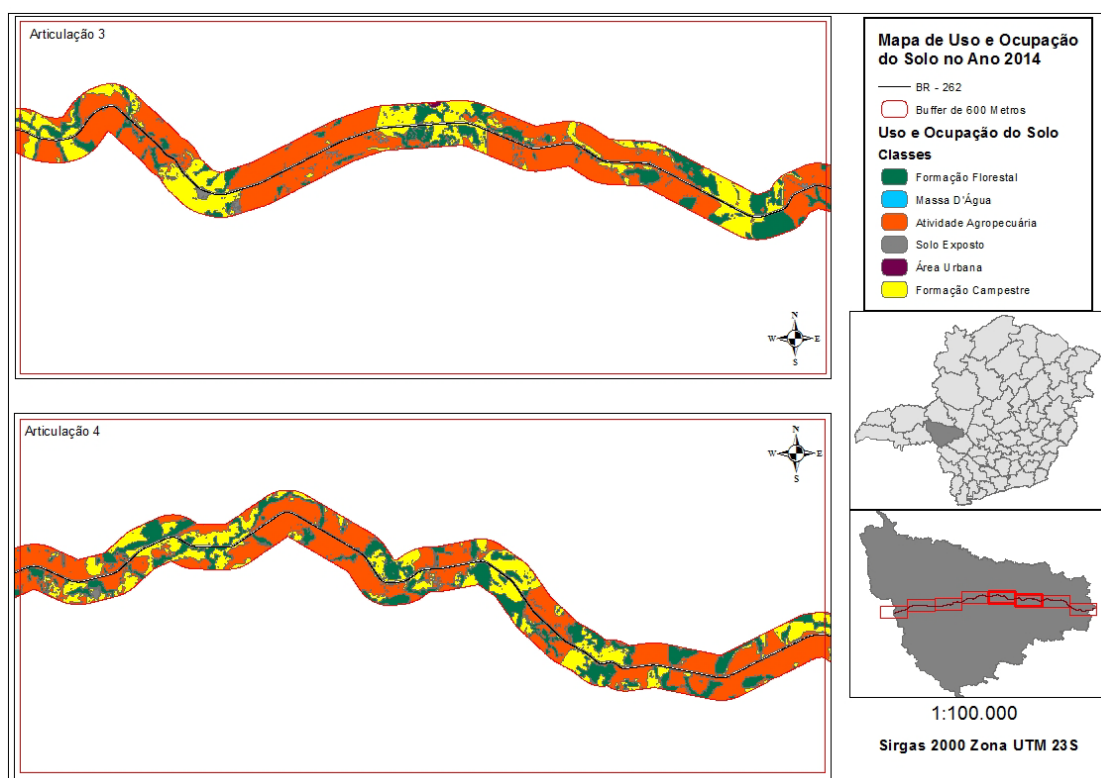


Figura 18. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 2014. Articulações 3 e 4.



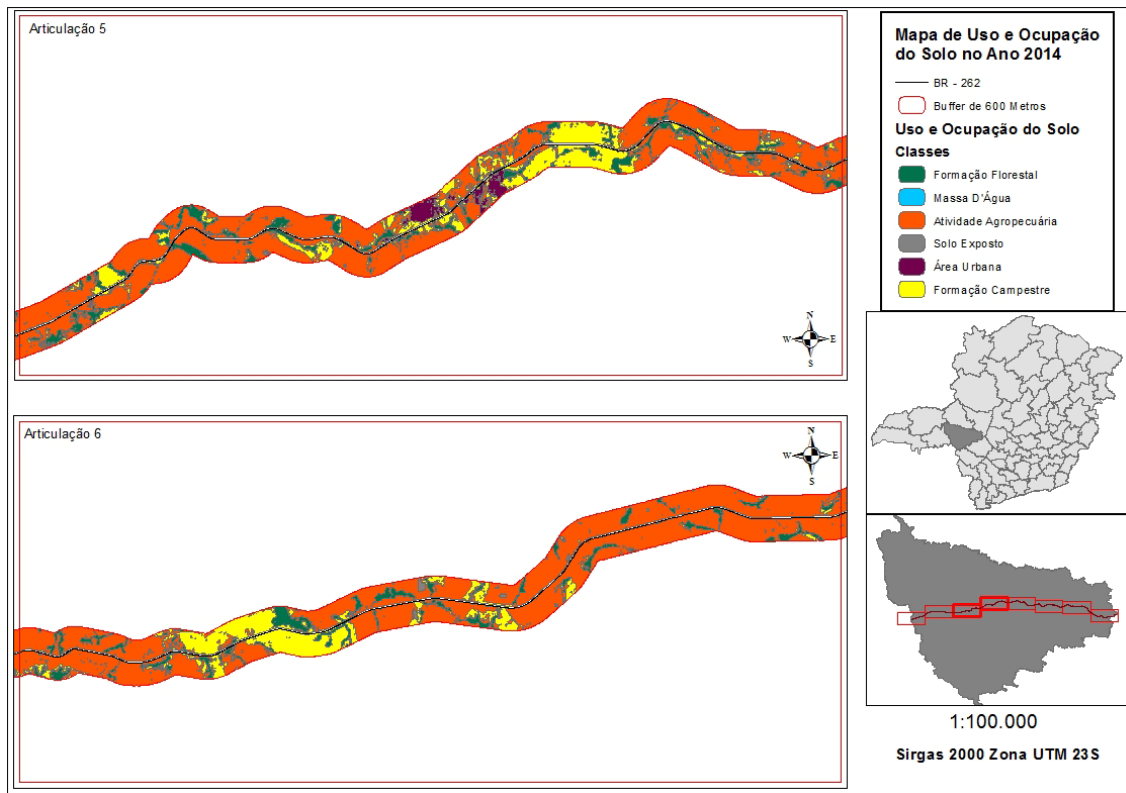


Figura 19. Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 2014. Articulações 5 e 6.

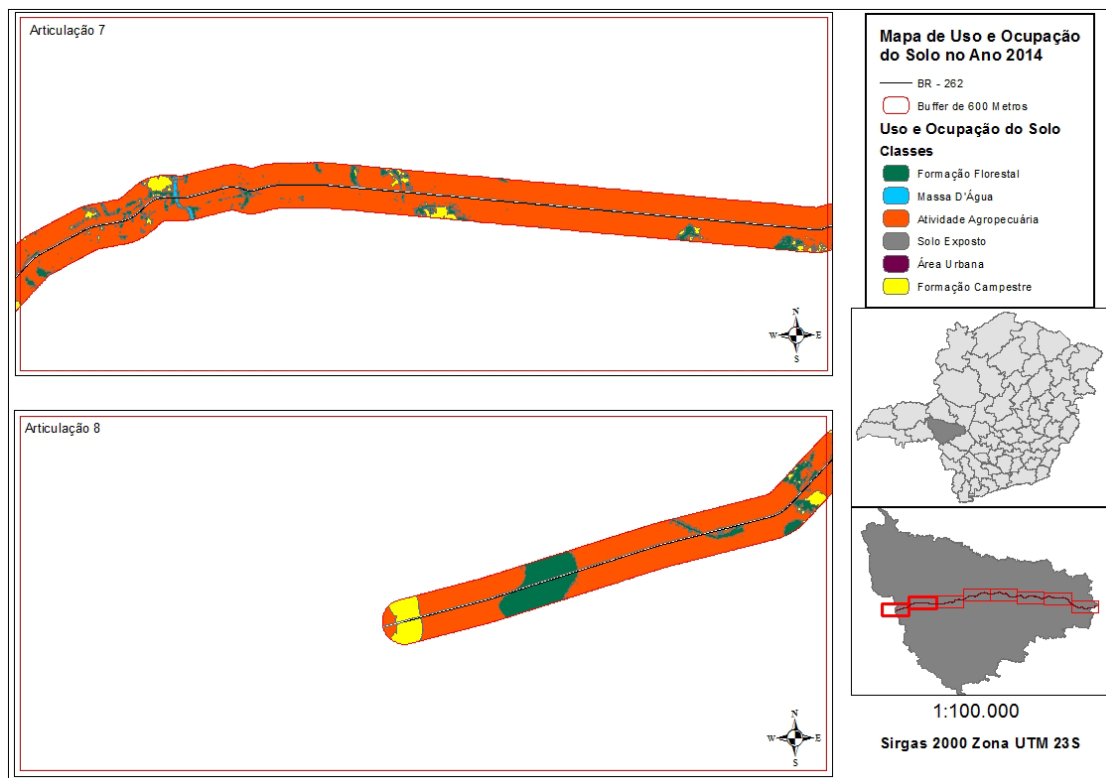


Figura 20 Distribuição espacial das classes de uso e ocupação do solo no ano 2014. Articulações 7 e 8.

### 5.3 AVALIAÇÃO DA INTEGRIDADE NAS ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE

O trecho da BR-262 em Araxá foi instalado numa região divisora de águas, portanto, há grande incidência de nascentes e cursos d'água. A preservação das APPs nessas localidades é importante, pois, as alterações e os impactos à montante desses rios serão prolongados a jusante.

Ao todo, a área de estudo possui 403 áreas de preservação permanente, totalizando 1887,1 hectares. A maior área de APP observada na área de estudo foi de 47,3 hectares e a menor de 0,4 hectares. A dinâmica do uso e cobertura da terra nas APPs é apresentada no Quadro 10:

Quadro 10. Dinâmica do uso e cobertura da terra dentro das APP da área de estudo.

Uso e Ocupação do Solo	Área (ha)			
	1984	1994	2004	2014
Formação Florestal	848,29	712	874	1144,17
Massa D'Água	11,9	9,69	10,47	11,14
Atividade Agropecuária	220	356,7	384,84	457,15
Solo Exposto	24,3	6,96	1,73	0,30
Área Urbana	0	0	0	1,14
Formação Campestre	782,36	800	615,53	273,13

Nas áreas de preservação permanente ocorreu um aumento da formação florestal. Tal fato indica que bom estado de conservação dos recursos hídricos e de manutenção dos corredores ecológicos.

Por outro lado, a forte redução na formação campestre foi em consequência do grande aumento nas atividades agropecuárias nas áreas de preservação permanente. Tais atividades são quase 100% ilegais. Entre os anos 1984 e 1994, as áreas destinadas à agricultura aumentaram em 62,1%; entre as 1994 e 2004 o aumento foi de 7,9% e de 2004 para 2014 aumentaram em 18,8%. Isto mostra que está ocorrendo um processo de supressão das áreas de vegetação natural em favor da agricultura nas APPs.

A Figura 21 mostra como se comportou cada feição ao longo destes 30 anos de estudo.

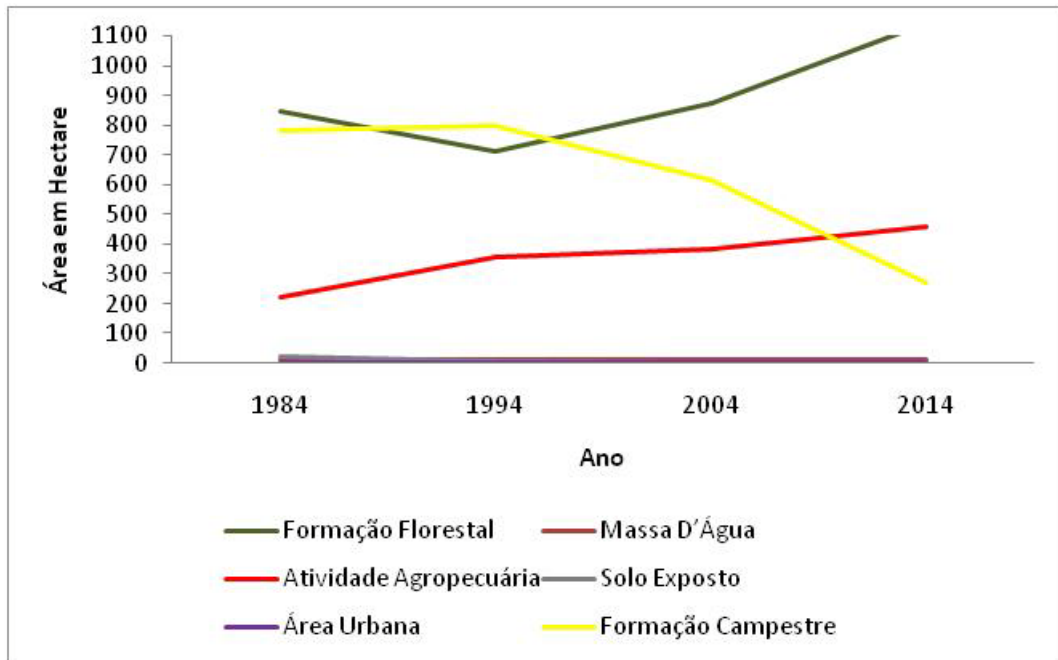


Figura 21. Dinâmica das classes de uso do solo dentro das APPs.

As Figuras 22 a 25 mostram como ficaram distribuídas espacialmente as classes de uso da terra no período e área de estudo.

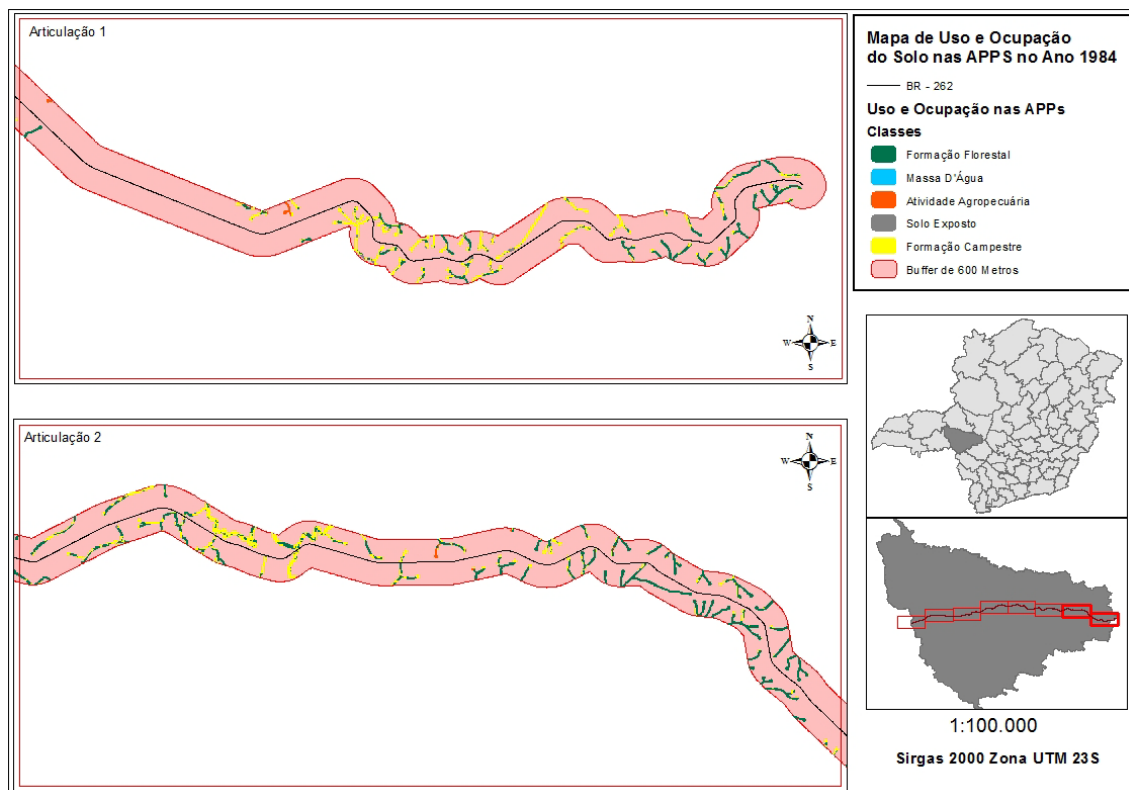


Figura 22. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 1984. Articulações 1 e 2.

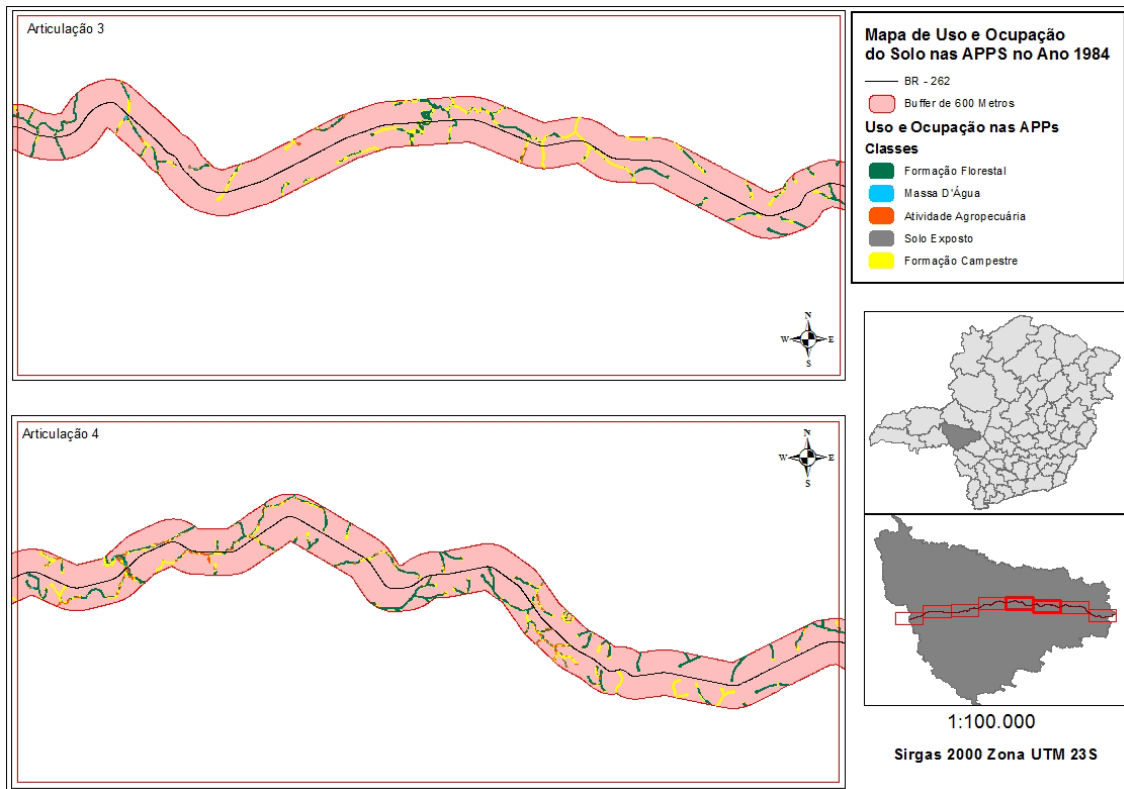


Figura 23. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 1984. Artificações 3 e 4.

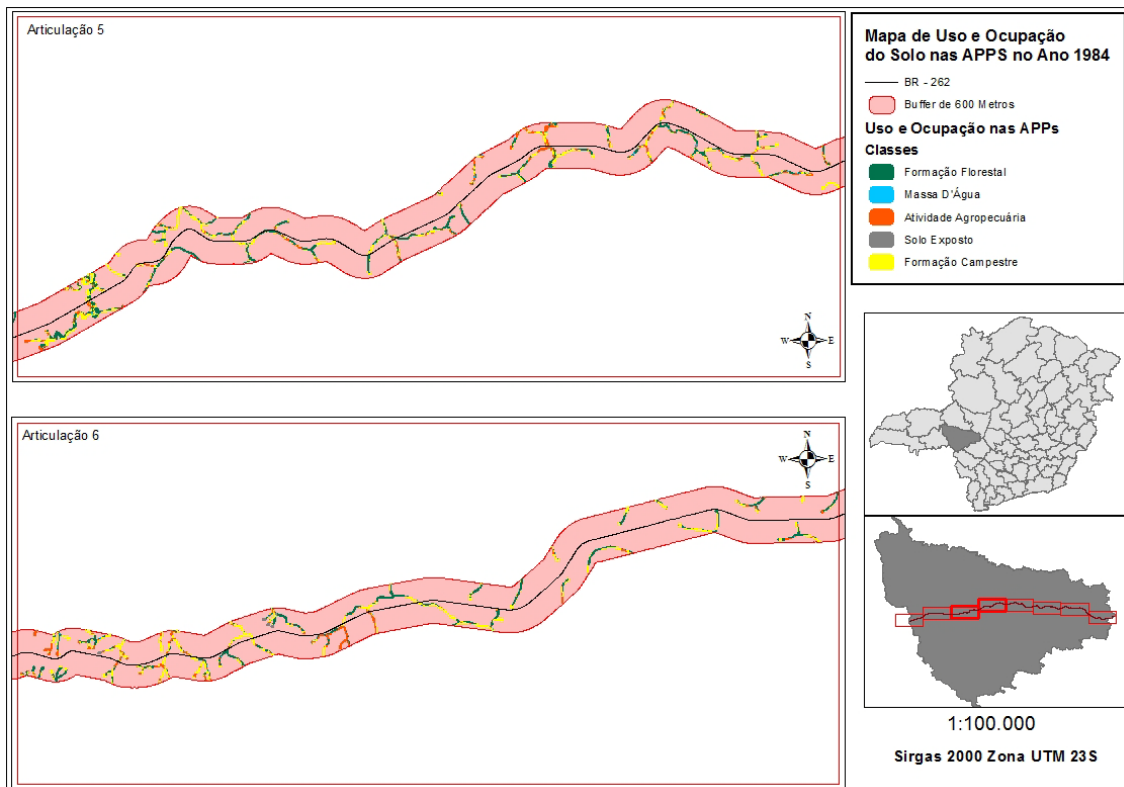


Figura 24. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 1984. Artificações 5 e 6.

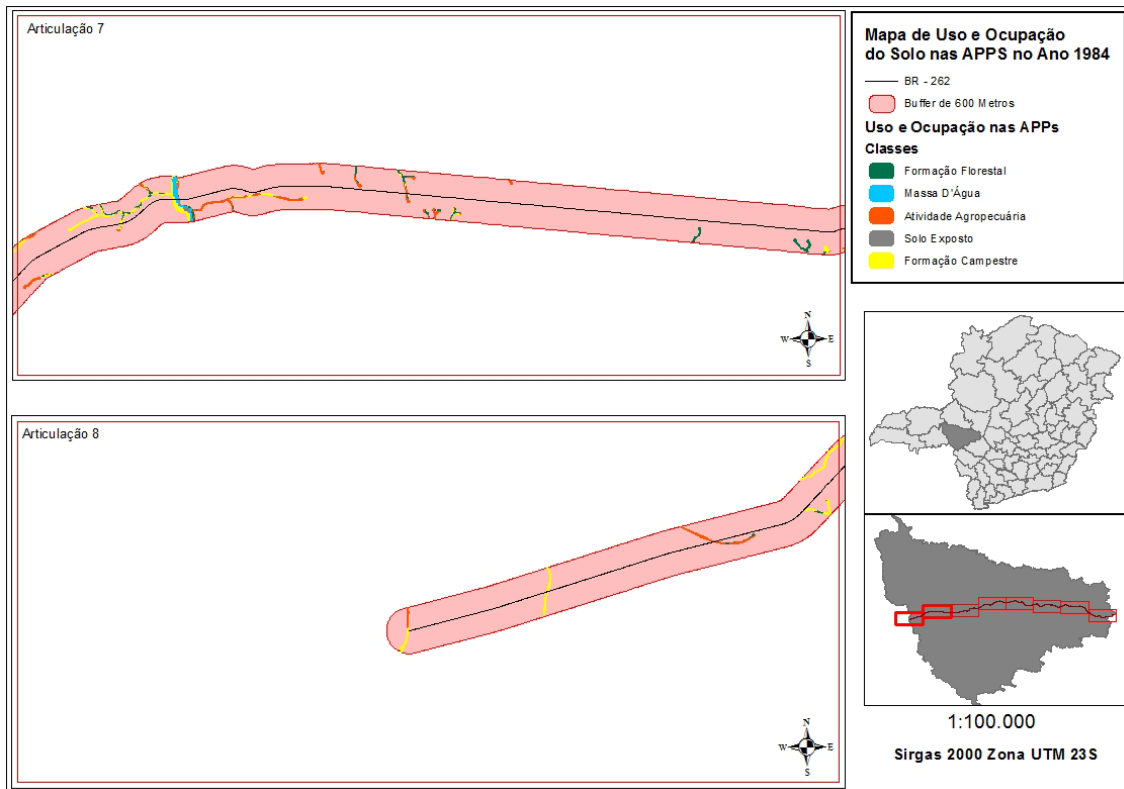


Figura 25. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 1984. Articulações 7 e 8.

As figuras acima mostram que no ano 1984 grande parte das áreas de preservação permanente está preservada, ou seja, estão ocupadas por vegetação natural.

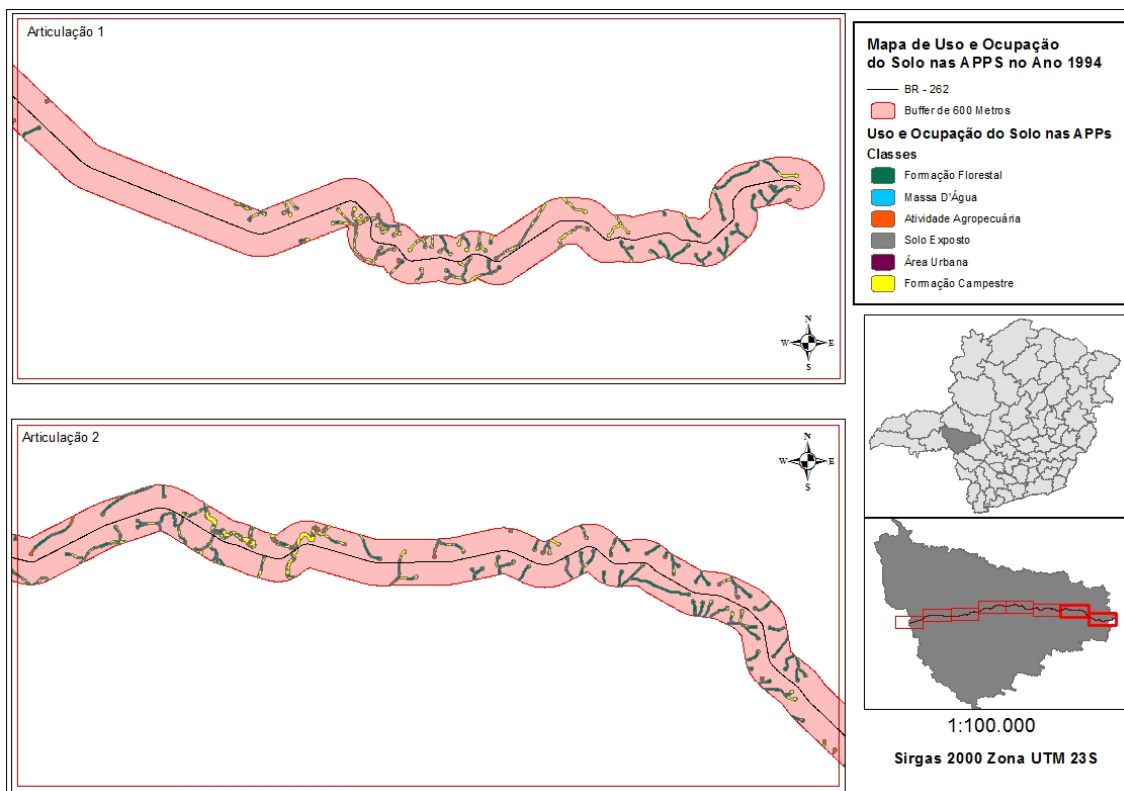


Figura 26. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 1994. Articulações 1 e 2.

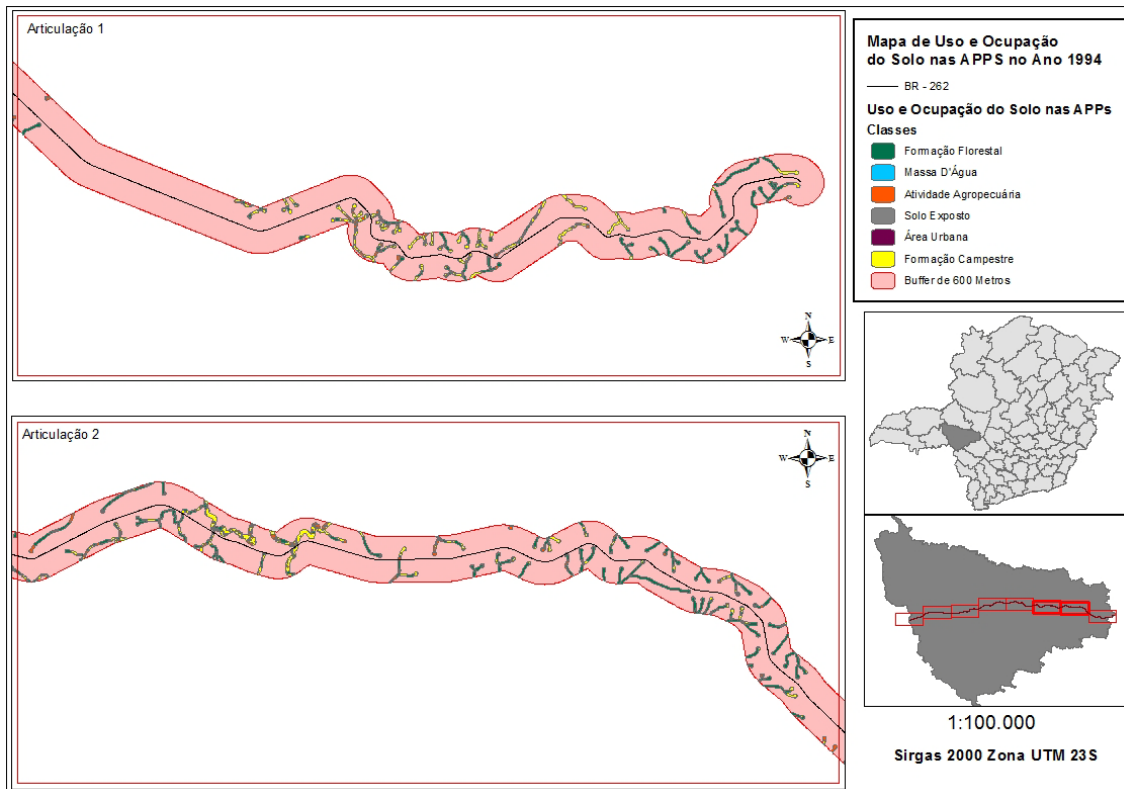


Figura 27. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 1994. Articulações 3 e 4.

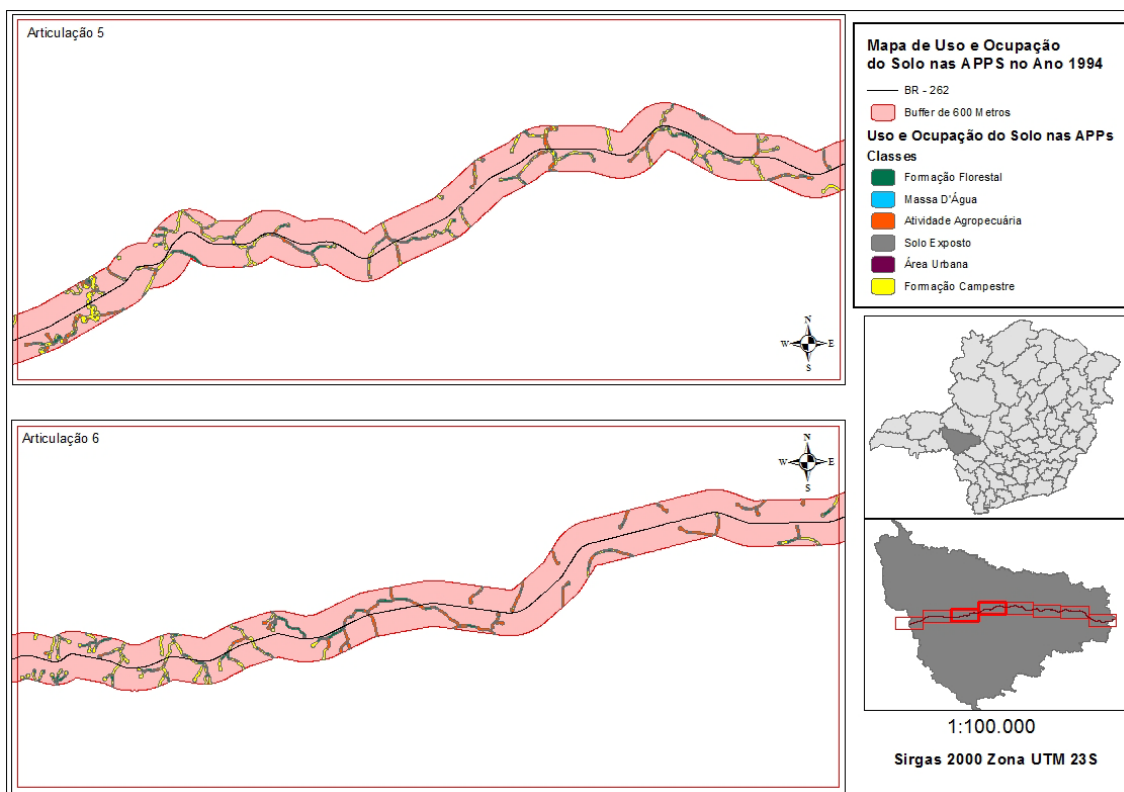


Figura 28. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 1994. Articulações 5 e 6.

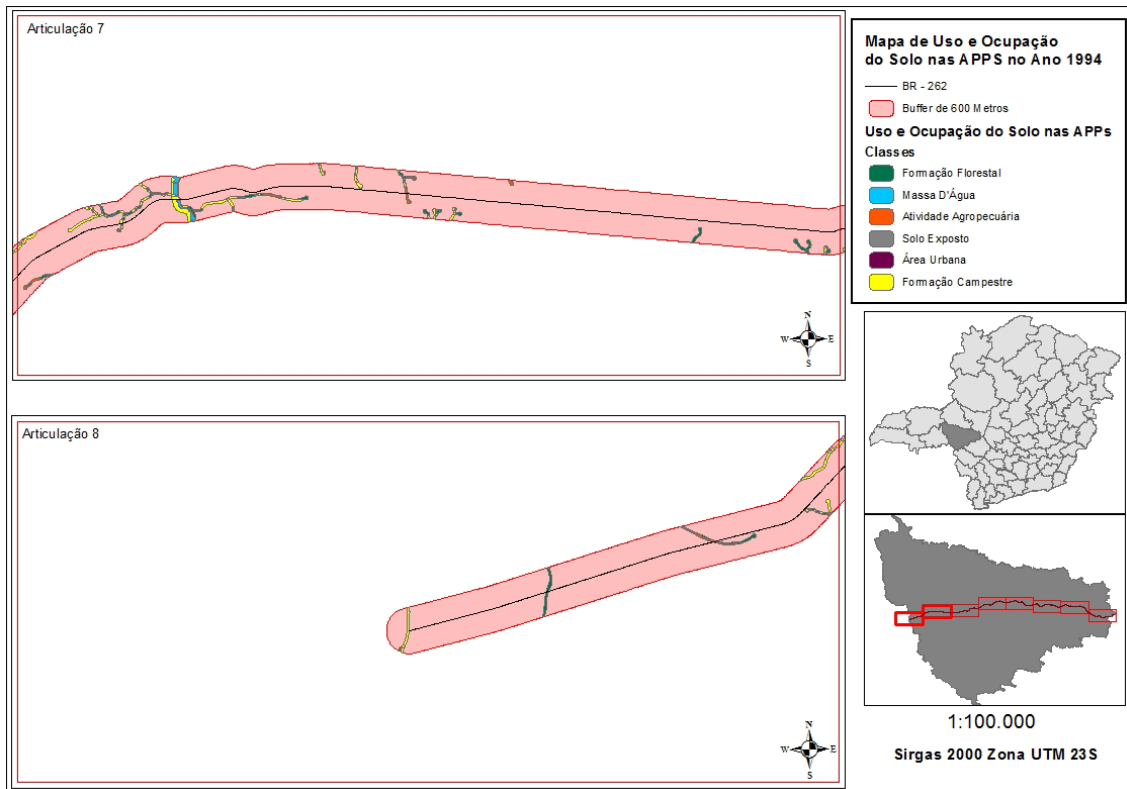


Figura 29. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 1994. Articulações 7 e 8.

Com base na Figura 26 a Figura 29 é possível afirmar que as APPs mais degradadas se localizam na região das articulações 5 e 6. Portanto, para o ano de 1994, esta é uma área crítica.

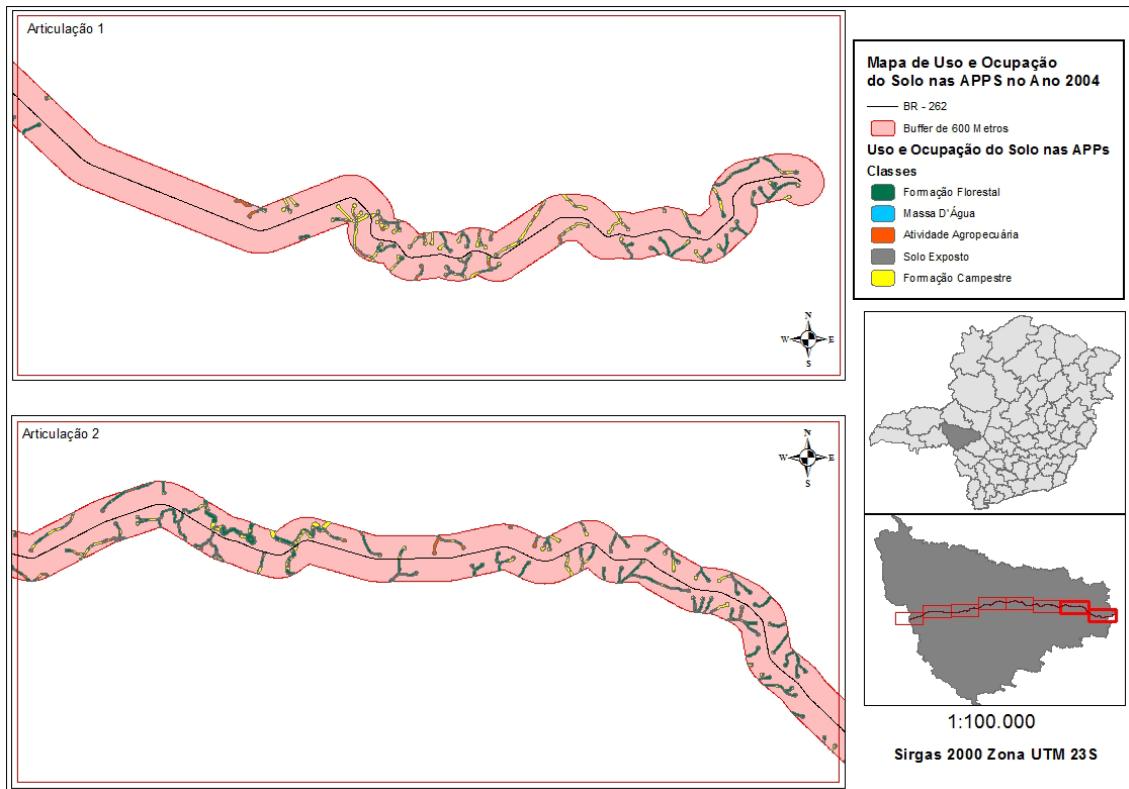


Figura 30. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 2004. Articulações 1 e 2.

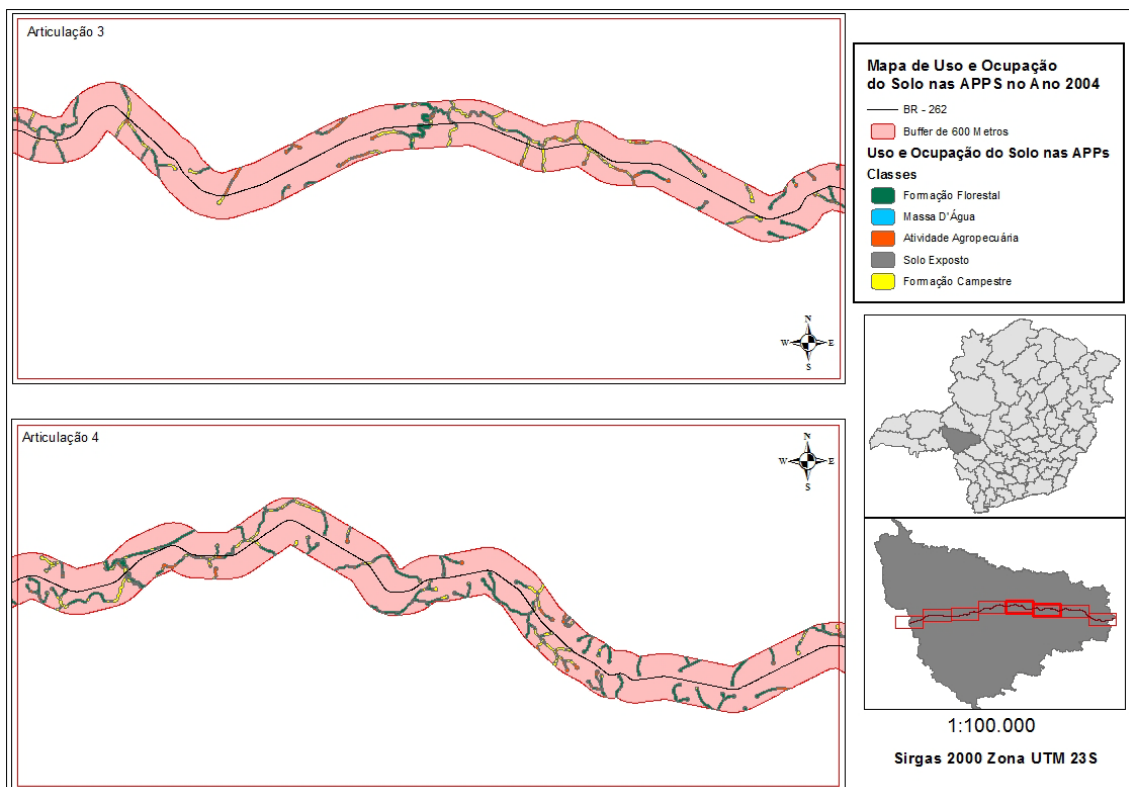


Figura 31. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 2004. Articulações 3 e 4.



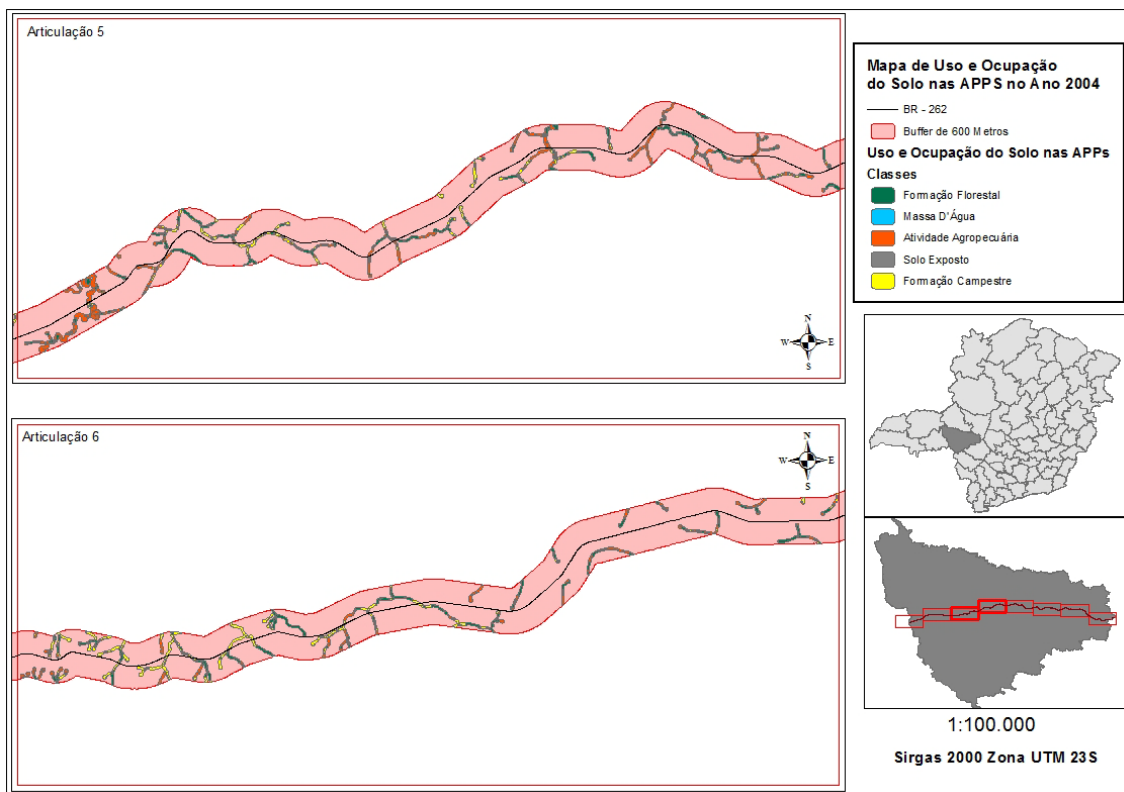


Figura 32. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 2004. Articulações 5 e 6.

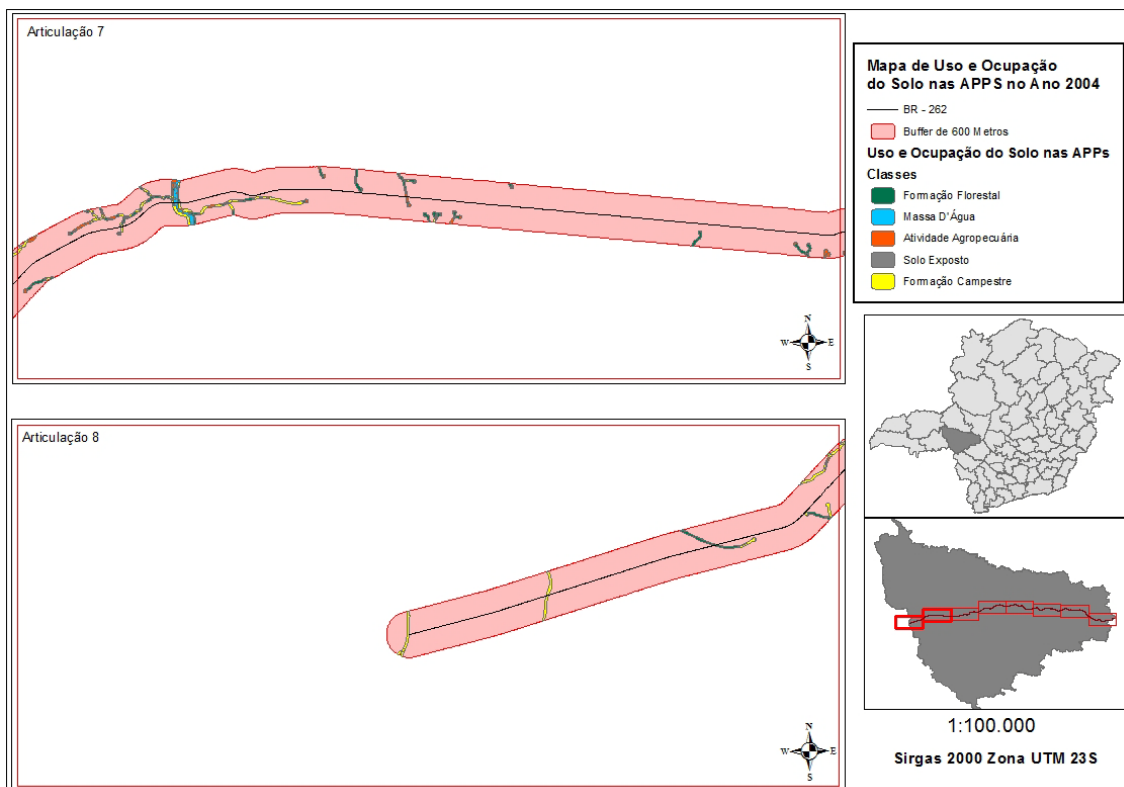


Figura 33. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 2004. Articulações 7 e 8.

Com base na Figura 30, Figura 31, Figura 32 e a Figura 33 é possível verificar que um dos maiores rios da região, localizado na articulação 5, teve sua área de

preservação permanente tomada quase que totalmente pela atividade agropecuária. Este processo de supressão ocorreu entre os anos 1994 e 2004.

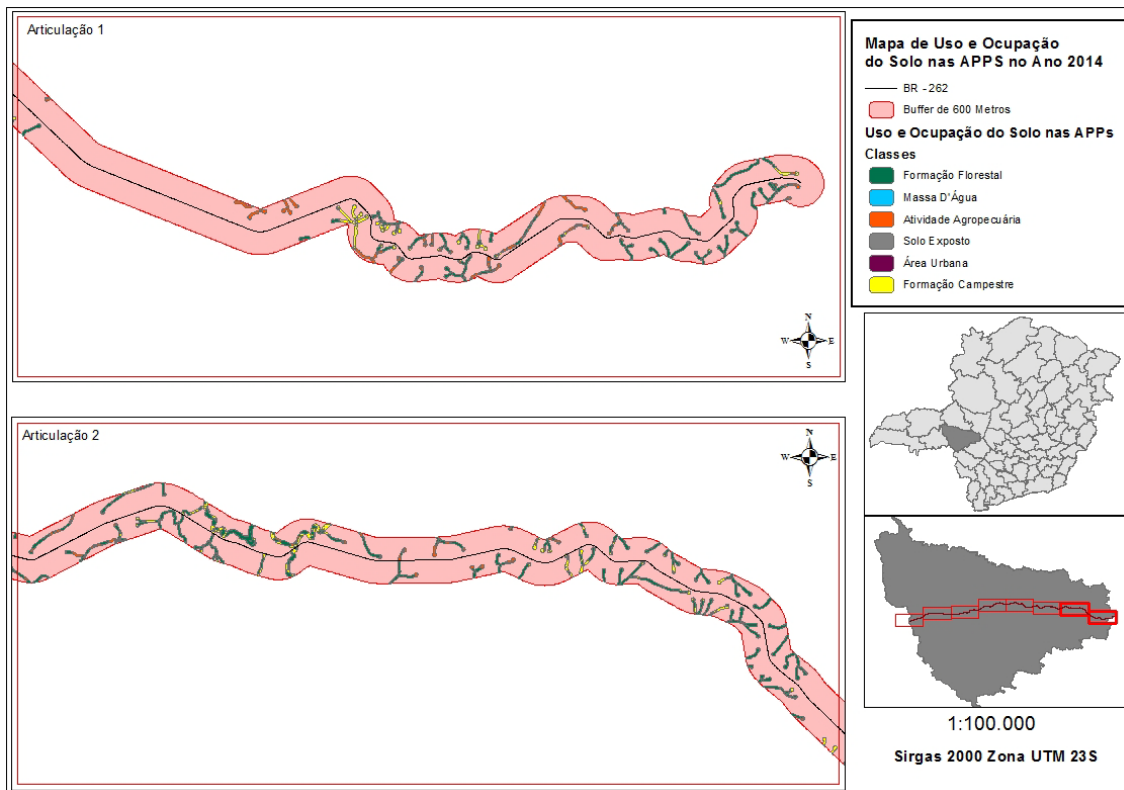


Figura 34. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 2014. Articulações 1 e 2.

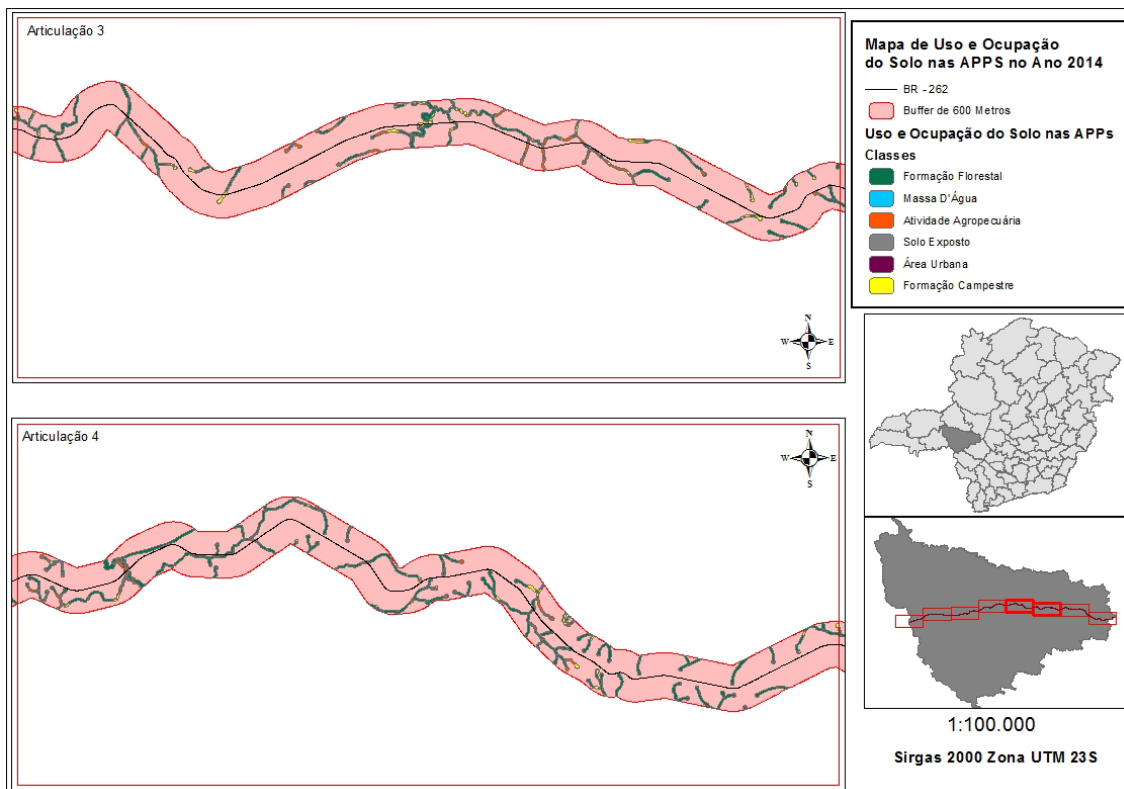


Figura 35. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 2014. Articulações 3 e 4.

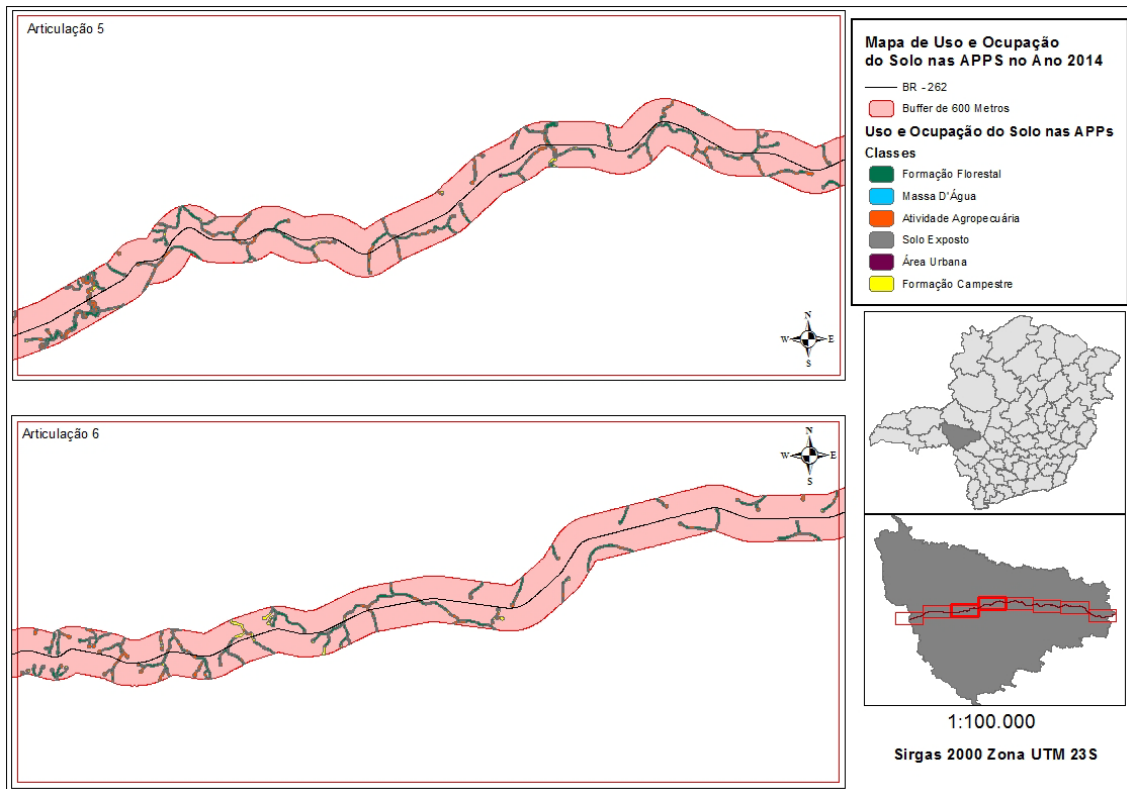


Figura 36. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 2014. Artificações 5 e 6.

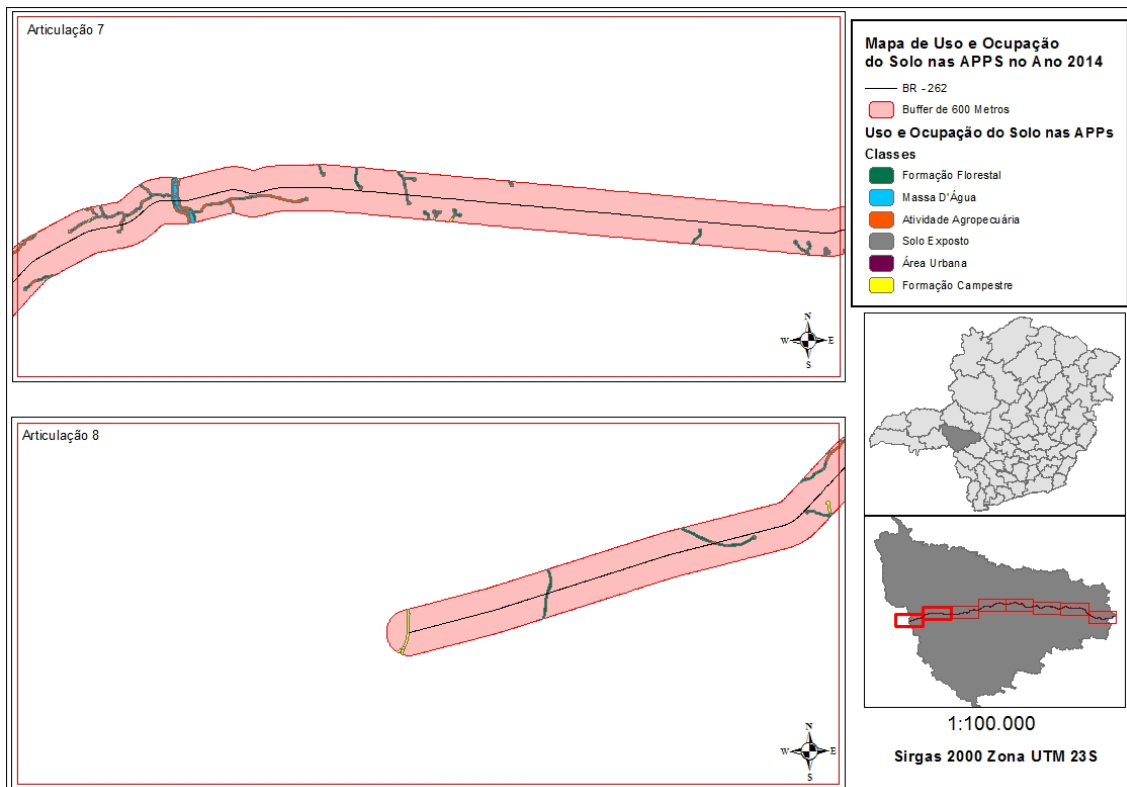


Figura 37. Uso e ocupação da terra dentro das APPs em 2014. Artificações 7 e 8.

Ao analisar a Figura 34, Figura 35, Figura 36 e a Figura 37; principalmente as articulações 1 e 2, nota-se que as APPs localizadas no início do trecho da rodovia – até

então eram as mais preservadas- estão passando pelo processo de substituição da vegetação em consequência da expansão agrícola.

## **6 CONCLUSÃO**

As mudanças do uso e cobertura da terra ocorridas na BR-262 no contexto do município de Araxá, Minas Gerais, refletem o crescimento e expansão das atividades agropecuárias no Brasil. A implantação de uma rodovia de grande porte, como é o caso da BR-262, viabiliza o acesso e escoamento da produção, reduzindo custos e culmina na super-exploração dos recursos naturais das áreas mais próximas do empreendimento.

Observou-se ainda que a atividade agrícola apresentou um grande crescimento nos últimos anos, o que foi responsável por diversas perturbações ao ambiente natural, como por exemplo: redução da área de vegetação natural e risco de contaminação dos recursos hídricos com agrotóxicos, aumento de erosões e diminuição da biodiversidade local.

Além disso, a atividade agropecuária dentro das APPs aumentou mais de 100% no período de estudo. Tal fato indica que o poder público e a comunidade rural envolvida devem tomar medidas de prevenção do desmatamento das APPs para evitar impactos em nível local e regional nos recursos hídricos.

## 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, A. C.; FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. M. DESEMPENHO DE CLASSIFICADORES PARAMÉTRICOS E NÃO PARAMÉTRICO NA CLASSIFICAÇÃO DE FISIONOMIA VEGETAL. Revista Brasileira de Cartografia. Rio de Janeiro. 2014.

ARAUJO, A. M.; LOBÃO, J. S. B. ANÁLISE DO USO E COBERTURA DA TERRA NA CARTA SANTA LUZ SC-24-Y-D-III A PARTIR DAS GEOTECNOLOGIAS. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 3455-3462.

BELUCO, A. CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO BASEADA EM TEXTURA POR REDES NEURAIS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. 2002.

BERNARDES, T. CARACTERIZAÇÃO DO AMBIENTE AGRÍCOLA DO COMPLEXO SERRA NEGRA POR MEIO DE SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2006, 119p.

BOSCHINI, A. P. M.; LACERDA, M. P. C.; LOUSADA, B. M. S.; SANTANA, H. M. P. GEOTECNOLOGIAS APLICADAS NA ANÁLISE TEMPORAL DO USO AGRÍCOLA DAS TERRAS DO NÚCLEO RURAL DO RIO PRETO (DF). Universidade de Brasília – UnB. 2008.

CAMPOS, C. J. M.; MANZIONE, R. L. UTILIZAÇÃO DE IMAGENS LANDSAT PARA ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO GRANDE, REGIÃO DO MÉDIO PARANAPANEMA, SÃO PAULO. Unesp.

CARVALHO, L. L. R. ESTUDO COMPARATIVO DO CLIMA DE ARAXÁ COMPARADO COM BAMBUÍ, PATOS DE MINAS E UBERABA NO PERÍODO DE 1976 A 2006. Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. 2007.

CONGALTON, R. G. A REVIEW OF ASSESSING THE ACCURACY OF CLASSIFICATIONS OF REMOTELY SENSED DATA. REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, v. 49 n. 12, p. 1671-1678, 1991.

CORREIA, M. R. D.; d'ANDREA, A. F.; LOPES, L. M. USO DO GEOPROCESSAMENTO NA ANÁLISE AMBIENTAL DA MICROBACIA DO CÓRREGO GAMELEIRA NA CIDADE DE GOIÂNIA-GO. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2463-2470.

CROSTA, A. P. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS DE SENSORIAMENTO REMOTO. Campinas: IG/UNICAMP, ISBN 85-853-690-27, 1992.

DE PAULA, A. S. ; CAINZOS, R. L. P.; BARROS, O. N. F.; RALISCH, R. ANÁLISE MULTITEMPORAL DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO ENTRE 1987 E 2004 NA ZONA DE EXPANSÃO URBANA NORTE DE LONDRINA-PR, UTILIZANDO SENSORIAMENTO REMOTO (SR) E SISTEMA DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG). UEL. Departamento de Ciências Agrárias. 2012.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. SISTEMAS ORBITAIS DE MONITORAMENTO E GESTÃO TERRITORIAL. EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Campinas. Disponível em: <http://www.sat.cnpm.embrapa.br/conteudo/landsat.htm> . Acesso em: 1 de novembro de 2009.

FELIX, I. M.; KAZMIERCZAK, M.L.; ESPINDOLA, G. M. RAPIDEYE: A NOVA GERAÇÃO DE SATÉLITES DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. INPE. 2009.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. ESTUDO DO COMPORTAMENTO DOS ÍNDICES DE EXATIDÃO GLOBAL, KAPPA E TAU, COMUMENTE USADOS PARA AVALIAR A CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS DO SENSORIAMENTO REMOTO. Departamento de Engenharia Civil. Universidade Federal de Viçosa. 2007.

FONSECA, L. M. G. PROCESSAMENTO DIGITAL DE IMAGENS. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), 2000. 105p.

FRANÇA, M. M. AVALIAÇÃO DE CLASSIFICAÇÕES SUPERVISIONADAS COM REDES NEURAIS E MAXVER PR CARACTERIZAÇÃO DO USO DA TERRA NO MUNICÍPIO DE VIÇOSA – MG. 2007. 66f. Dissertação (Mestrado em em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

FRANCISCO, N.C. DESCRIÇÃO DOS PRINCIPAIS SISTEMAS DE SENSORES ORBITAIS EM OPERAÇÃO. INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS. Universidade Federal Fluminense- UFF. 2002.

FREITAS, E. P.; MORAES, J. F. L.; FILHO, A. P.; STORINO, M. INDICADORES AMBIENTAIS PARA ÁREAS DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 2013.

GAMEIRO. P. H.; GONÇALVES, V. T.; BAZZAN, T.; LAHM, R. A. ANÁLISE MULTI-TEMPORAL DO USO DO SOLO ATRAVÉS DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO PARA AVALIAR IMPACTOS AMBIENTAIS

CAUSADOS PELA CONSTRUÇÃO DE ONDOMÍNIOS RESIDENCIAIS NO MUNICÍPIO DE XANGRI-LÁ. UFRGS. Instituto de Geociências. 2011.

GARCIA, F.N.; FERREIRA, L.G.; LEITE, J. F. ÁREAS PROTEGIDAS NO BIOMA CERRADO: FRAGMENTOS VEGETACIONAIS SOB FORTE PRESSÃO. INSTITUTO DE ESTUDOS SÓCIO-AMBIENTAIS – IESA. Universidade Federal de Goiás – UFG. 2011.

GRIGIO, A. M. APLICAÇÃO DO SENSORIAMENTO REMOTO E SISTEMAS DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA NA DETERMINAÇÃO DA VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL DO MUNICÍPIO DE GUARAMÉ(RN): SIMULAÇÃO DE RISCO ÀS ATIVIDADES DA INDÚSTRIA PETROLÍFIRA. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geodinâmica e Geofísica. UFRN. 2003. 230p.

HORNING, N. REMOTE SENSING FOR ECOLOGY AND CONSERVATION. Oxford: New York, 2010. p.451.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). DADOS DO TERRACLASS REVELAM A DINÂMICA DO USO DAS ÁREAS DESMATADAS NA AMAZÔNIA. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). METODOLOGIA PARA CÁLCULO DA TAXA ANUAL DE DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA LEGAL. São José dos Campos. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). MONITORAMENTO DA COBERTURA FLORESTAL DA AMAZÔNIA POR SATÉLITES, SISTEMAS PRODES, DETER, DEGRAD E QUEIMADAS 2007-2008. Coordenação Geral de Observação da Terra. São José dos Campos. 2008.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). SISTEMA DETER. COORDENAÇÃO GERAL DE OBSERVAÇÃO DA TERRA. 2014.

KALAF, R.; BRASILEIRO, R.; CRUZ, C. B. M. LANDSAT 8: AVANÇOS PARA MAPEAMENTO EM MESOESCALA. Departamento de Geografia. Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ. 2014.

KAVZOGLU, T.; VIEIRA, C. A. O. AN ANALYSIS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORK PRUNING ALGORITHMS IN RELATION TO LAND COVER CLASSIFICATION ACCURACY. In: REMOTE SENSING STUDENTS CONFERENCE, 1998, Proceedings. Oxford: 1998. p.53-58.

KLAIS, T. B. A. ANÁLISE MULTITEMPORAL DA COBERTURA DO SOLO E VULNERABILIDADE NATURAL E AMBIENTAL DE PONTA PORÃ – MS. Universidade Federal Mato Grosso do Sul. 2009.

LEONARDI, F.; ALMEIDA C. M.; FONSECA, L. M. G.; CAMARGO, F. F. AVALIAÇÃO COMPARATIVA ENTRE CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA POR REGIÕES E ORIENTADA A OBJETO PARA IMAGENS DE ALTA RESOLUÇÃO ESPACIAL: CBERS 2B-HRC E QUICKBIRD. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p.981-988.

LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. HIDROLOGIA DE MATAS CILIARES. IN: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (ED.). MATAS CILIARES: CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO. São Paulo: EDUSP, FAPESP, 2.ed. 2004. 320p.

MANUAL TÉCNICO DE USO DA TERRA. 3. Ed. Rio de Janeiro. 2013. IBGE. Disponível em<[ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursos\\_naturais/manuais\\_tecnicos/manual\\_uso\\_da\\_terra.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/documentos/recursos_naturais/manuais_tecnicos/manual_uso_da_terra.pdf)>. Acesso em: jun. 2015.

MARKOSKI, P. R. AVALIAÇÃO DE IMAGENS DO SENSOR ASTER PARA CARACTERIZAÇÃO E MAPEAMENTO DE REJEITOS DE GARIMPOS DE AMETISTAS. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Porto Alegre. 2006.

MARMONTEL, C. V. F.; RODRIGUES, V. A. PARÂMETROS INDICATIVOS PARA QUALIDADE DA ÁGUA EM NASCENTES COM DIFERENTES COBERTURAS DE TERRA E CONSERVAÇÃO DA VEGETAÇÃO CILICAR. Floresta Ambient. Vol.22 no.2 Seropédica abr./jun. 2015 Epub 12-Maio-2015.

MOREIRA, M. A. FUNDAMENTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E METODOLOGIA DE APLICAÇÃO. 3ª Ed. Atual. Ampl. Viçosa: Ed. UFV, 2005.

MOREIRA, M.A. FUNDAMENTOS DE SENSORIAMENTO REMOTO E METODOLOGIAS DE APLICAÇÃO. 2ª ed. Viçosa, UFV, 2003.

OLIVEIRA, F. P. FILHO, E. I. F.; SOARES, V. P.; SOUZA, A. L. MAPEAMENTO DE FRAGMENTOS FLORESTAIS COM MONODOMINÂNCIA DE AROEIRA A PARTIR DA CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA DE IMAGENS RAPIDEYE. Revista Árvore. Viçosa – MG. 2013.

PLANO DIRETOR ESTRATÉGICO DE ARAXÁ, DIAGNÓSTICO E TENDÊNCIAS. Jorge Wilhelm Consultores Associados. 2002.

PRADO, R. B. FERREIRA, C. E. G.; BENITES, V. de M.; NAUMOV, A.. MAPEAMENTO E DESCRIÇÃO DO PADRÃO DE USO E COBERTURA DA TERRA EM MUNICÍPIOS DO SUDOESTE GOIANO A PARTIR DE IMAGENS ORBITAIS TM/LANDSAT-5. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 44p.



RAPIDEYE, SATELLITE IMAGERY PRODUCT SPECIFICATIONS. Disponível em: <[www.rapideye.com](http://www.rapideye.com)>. Acesso em jun. 2015.

REBOUÇAS, S. P.; PIRES, A.; SOUSA, L. METODOLOGIAS DE CLASSIFICAÇÃO SUPERVISIONADA PARA ANÁLISE DE DADOS DE *MICROARRAYS*. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 2010.

RIBEIRO, A. G; MEDEIROS, C. S. A SUSTENTABILIDADE ECOLÓGICA DA AGRICULTURA IRRIGADA NAS CHAPADAS DO BRASIL CENTRAL: O CASO DA BACIA DO RIBEIRÃO PANTANINHO. Uberlândia: EDUFU, 2000. p. 87-103

ROCHA, M. B.B. LEVANTAMENTO DO MEIO FÍSICO DO MUNICÍPIO DE ARAXÁ – MG, UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Uberlândia – UFU. 2006.

ROMANINI, P. U. RODOVIAS E MEIO AMBIENTE: PRINCIPAIS IMPACTOS AMBIENTAIS, INCORPORAÇÃO DA VARIÁVEL AMBIENTAL EM PROJETOS RODOVIÁRIOS E SISTEMA DE GESTÃO AMBIENTAL. Tese de doutorado. Instituto de Biociências – IB. Universidade de São Paulo – USP. 2000.

SILVA, L.R. ANÁLISE DAS IMAGENS DO SATÉLITE RAPIDEYE PARA DISCRIMINAÇÃO DE CLASSES DE COBERTURA VEGETAL DO CERRADO. Dissertação de Mestrado. Universidade de Brasília. 2015.

SIMONETI, H. ESTUDO DE IMPACTOS AMBIENTAIS GERADOS PELAS RODOVIAS: SISTEMATIZAÇÃO DO PROCESSO DE ELABORAÇÃO DE EIA/RIMA. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010.

TRANSPORTA BRASIL. BRASIL TEM A PIOR MALHA VIÁRIA ENTRE OS BRICS. Disponível em <<http://www.transportabrasil.com.br/2014/03/brasil-tem-a-pior-malha-viaria-entre-os-bric/>>. Acessada em: 30 de Novembro de 2014.

UICN, PROTECTED AREAS AND DEMOGRAPHIC CHANGE: PLANNING FOR THE FUTURE. GLAND, Switzerland. IUCN, 1992.

VANZELA, L. S.; HERNANDEZ, F. B. T.; FRANCO, R. A. M. INFLUÊNCIA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NOS RECURSOS HÍDRICOS DO CÓRREGO TRÊS BARRAS, MARINÓPOLIS. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.14, p.55-64, 2010.

VIEIRA, C. A. O. ACCURACY OF REMOTELY SENSING CLASSIFICATION OF AGRICULTURAL CROPS: A COMPARATIVE STUDY. 2000. 323 f. Thesis (Ph. D.) – University of Nottingham, Nottingham, 2000.