

JÚNIA MARIA COTA VIDAL

ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁREAS DE PROTEÇÃO  
AMBIENTAL – APAs PIRACICABA E PUREZA EM ITABIRA-MG

BAMBUÍ - MG  
2019

JÚNIA MARIA COTA VIDAL

ANÁLISE DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NAS ÁREAS DE PROTEÇÃO  
AMBIENTAL – APAs PIRACICABA E PUREZA EM ITABIRA-MG

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – IFMG, como requisito para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Área de concentração: Ciências Ambientais

Linha de Pesquisa: Planejamento e Gestão Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Jairo Rodrigues Silva

BAMBUÍ – MG  
2019

V648a Vidal, Júnia Maria Cota.

Análise do uso e ocupação do solo nas Áreas de Proteção Ambiental – APAs Piracicaba e pureza em Itabira-MG. / Júnia Maria Cota Vidal. – Bambuí, 2019.

88 f.: il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Jairo Rodrigues da Silva.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2019.

1. Unidades de conservação. 2. Unidades de conservação. 3. Classificação de uso e ocupação. I. Silva, Jairo Rodrigues. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 631.4

*À minha família e em especial à minhas avós  
Aurora e Conceição (in memoriam).*

**DEDICO**



## FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada "ANÁLISE DOS CONFLITOS SOCIOAMBIENTAIS NAS ÁREAS DE PROTEÇÃO AMBIENTAL – APAs PIRACICABA E PUREZA EM ITABIRA-MG", de autoria da mestranda em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental Júnia Maria Cota Vidal, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 27/05/2019, com a média de pontuação de 73,5.

Título do Trabalho – houve alteração (X) Sim ( ) Não

Se sim, qual o título Análise do uso e ocupação do solo nas áreas de proteção ambiental - APAs Piracicaba e Pureza em Itabira - MG

Ouro Preto (MG), 27 de maio de 2019.

  
Prof. Dr. Jairo Rodrigues Silva – Orientador (IFMG/Ouro Preto)

  
Prof. Dra. Cecília Félix Andrade Silva – (IFMG/Ouro Preto)

  
Prof. Dr. Julio Cesar de Oliveira – membro externo (UFV)

  
Prof. Dra. Simone Magela Morcini (IFMG/Bambui)  
Coordenadora do Programa de Pós-graduação em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do IFMG – Campus Bambui

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos os colegas do Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal/Campus Bambuí pelos bons momentos de aprendizagem e companheirismo nesses dois últimos anos, assim como a equipe da SMMA - Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Itabira, pela parceria.

Ao Professor Dr. Jairo Rodrigues Silva pelo aprendizado, orientação e contribuição para o melhor encaminhamento deste trabalho.

A toda minha família pelo apoio incondicional, especialmente minha mãe Nitinha, meu pai Geraldo e meus irmãos Ana Flávia e Vinícius. Ao Geraldo e a Ângela sempre muito prestativos, e agradeço ao Luís Paulo, meu amado, companheiro em todos os momentos e maior incentivador para conclusão dessa etapa.

## **BIOGRAFIA**

Júnia Maria Cota Vidal filha de Ana Maria Cota Vidal e Geraldo Delfino Vidal Filho nascida na cidade de João Monlevade-MG. cursou o Ensino Médio no Colégio Kennedy em João Monlevade e a graduação em Geografia em 2009 (licenciatura e bacharelado) pela Universidade Federal de Viçosa-UFV com o trabalho de conclusão de curso denominado “Análise do processo de (re)configuração espacial a partir da mineração no município de São Gonçalo do Rio Abaixo-MG”. Concluiu em 2010 a especialização *lato sensu* em Gestão Ambiental e Geoprocessamento pela Universidade de Belo Horizonte-UNIBH. Trabalhou no IBGE entre 2010-2011, com o cargo de Agente de Pesquisas e Mapeamento no setor da Base Territorial de Minas Gerais. Na empresa Terrativa Minerais trabalhou como Técnica em Geoprocessamento e desde 2012 é servidora efetiva na Prefeitura Municipal de Itabira como Analista de Meio Ambiente. Atua também como professora, trabalhando em escolas municipais e estaduais. Desde 2018 é professora concursada do Estado de Minas Gerais atuando na cidade de Itabira.

*“Não importa aonde você parou...  
Em que momento da vida você cansou...  
O que importa é que sempre é possível e necessário "Recomeçar".  
Recomeçar é dar uma chance a si mesmo...”*

*(Carlos Drummond de Andrade)*

## RESUMO

VIDAL, Júnia Maria Cota; Análise do uso e ocupação do solo nas Áreas de Proteção Ambiental – APAs Piracicaba e Pureza em Itabira-MG. Bambuí, 2019. 88 p.

Com o intuito de preservação do principal manancial de abastecimento público e da biodiversidade local, o município de Itabira-MG estabeleceu no ano 2000 criação da APA Pureza e em 2004 a APA Piracicaba. Verifica-se a sobreposição de áreas das duas UCs e ressalta-se que ambas não possuem plano de manejo até o presente momento. Fato que evidencia a precária gestão dessas áreas protegidas. Soluções definitivas para o abastecimento público já estão sendo discutidas no âmbito governamental, mas, o sistema Pureza ainda é o principal manancial para abastecimento da cidade. Neste contexto, este trabalho objetivou analisar o uso e ocupação do solo nas áreas de proteção ambiental – APAs Piracicaba e Pureza em Itabira-MG por meio da realização de uma análise multitemporal através das imagens do satélite *LANDSAT* do ano de 1999 e 2018 com a verificação das alterações no uso do solo. Analisou-se o processo da ocupação da APA Pureza, com enfoque nos conflitos dos usos das Áreas de Preservação Permanente - APP. Foi realizada a classificação das imagens *LANDSAT TM 5* do ano de 1999 e *LANDSAT OLI* para 2018 a partir do método de digitalização manual, com uso do software *ArcGis 10.2*. Com a imagem SRTM e uso do mesmo *software* foram gerados o MDE juntamente com a hidrografia municipal foram delimitadas APPs na APA Pureza. Em posse da classificação do ano de 2018 foi gerado o mapa de usos dessas APPs. A acurácia da classificação foi verificada por meio do Índice Global parâmetro que representou 83,13 e 90,50% e o índice *Kappa* que retornou um valor de 0,77 e 0,88, para os anos de 1999 e 2018, respectivamente. A partir da classificação foram delimitadas 6 (seis) classes distintas de uso e ocupação: mineração, pastagem, solo exposto, água, vegetação (nativa e plantada) e área urbana. As classes “vegetação e pastagem” foram predominantes em ambos os anos. Constatou-se que nos 18 anos houve um crescimento das áreas de mineração e por consequência da classe “água” devido ao crescimento das áreas de barragem da atividade minerária. A área urbana também obteve um crescimento relevante, destaque para o crescimento da urbanização na APA Pureza. Com a delimitação das APPs e verificação dos seus usos na Pureza observou-se uma significativa ocupação das APPs com uso classificado como áreas urbanas. Destaque para as ocupações e adensamentos em desacordo com o Plano Diretor municipal. Conclui-se que o crescimento urbano acelerado dos últimos anos, coloca em risco o abastecimento público de água de Itabira sendo um grande desafio para o planejamento da área. Ressalta-se que enquanto o município depender do manancial Pureza para o abastecimento público, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Candidópolis deve ser um foco para uma gestão sustentável. É recomendável a exclusão da APA Pureza e novo zoneamento ambiental da APA Piracicaba, que inclua a área do manancial, uma vez que há a necessidade de proteção da região da Pureza devido à importância para o abastecimento público da cidade. Sugere-se trabalhos futuros que estabelecem propostas e ações para a recuperação das matas ciliares na região da APA Piracicaba, assim como, estudos em relação às áreas degradadas na APA com indicações pontuais dos trechos que maior vulnerabilidade e que necessitam que recuperação.

**Palavras-chave:** Unidades de Conservação, Área de Proteção Ambiental, Classificação de uso e ocupação, Área de Preservação Permanente.

VIDAL, Júnia Maria Cota; Analysis of land use and occupation in the Environmental Protection Areas - APAs Piracicaba and Pureza in Itabira-MG. Bambuí, 2019. 88p.

### ABSTRACT

With the purpose of preserving the main source of public supply and local biodiversity, the municipality of Itabira-MG established in 2000 the creation of the APA Pureza and in 2004 the APA Piracicaba. The overlap of areas of the two APAs is verified and it is emphasized that both have no management plan up to the present moment. Final solutions for public supply are already being discussed at the government level, but the Pureza system is still the main source for supplying the city. In this context, this work aimed to analyze the use and occupation of the soil in the areas of environmental protection - APAs Piracicaba and Pureza in Itabira-MG by means of a multitemporal analysis through the images of LANDSAT satellite of the year 1999 and 2018. The process of the occupation of APA Pureza was analyzed, with focus on the conflicts of uses of the Areas of Permanent Preservation - APP. The classification of the LANDSAT TM 5 images of the year 1999 and LANDSAT OLI for 2018 was performed using the manual scanning method, using the ArcGis 10.2 software. With the SRTM image and use of the same software were generated the DEM along with the municipal hydrography were delimited APPs in the Pureza APA. In possession of the classification of the year 2018 was generated the map of uses of these APPs. The accuracy of the classification was verified through the Global Index parameter which represented 83.13% and 90.50% and the Kappa index which returned a value of 0.77 and 0.88 for the years 1999 and 2018 respectively. From the classification, 6 (six) distinct classes of use and occupation were delineated: mining, pasture, exposed soil, water, vegetation (native and planted) and urban area. The "vegetation and pasture" classes were predominant in both years. It was verified that in the 18 years there was a growth of the mining areas and consequently of the class "water" due to the growth of the mining areas of the mining activity. The urban area also achieved significant growth, highlighting the growth of urbanization in the APA Pureza. With the delimitation of APPs and verification of their uses in Pureza, a significant occupation of APPs with use classified as urban areas was observed. Highlight the occupations and densities in disagreement with the municipal Master Plan. It is concluded that the accelerated urban growth of the last years, jeopardizes the public water supply of Itabira being a great challenge for the planning of the area. It is emphasized that as long as the municipality depends on the Purity for public supply, the Ribeirão Candidópolis River Basin should be a focus for sustainable management. It is advisable to exclude the APA Puriteza and new environmental zoning of APA Piracicaba, which includes the area of the spring, since there is a need for protection of the Pureza region due to the importance for the public supply of the city. Future work is suggested that establishes proposals and actions for the recovery of riparian forests in the APA Piracicaba region, as well as studies in relation to the degraded areas in the APA, with specific indications of the areas that are most vulnerable and requiring recovery.

**Keywords:** Conservation Units, Environmental Protection Area, Use and Occupancy Classification, Permanent Preservation Area.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Série histórica LANDSAT.....	14
Figura 2 - Localização de Itabira-MG .....	16
Figura 3 - Geologia da APAs Pureza e Piracicaba. ....	19
Figura 4 - Modelo Digital de Elevação APAs Piracicaba e Pureza.....	21
Figura 5 – Modelo Digital de Elevação APA Pureza. ....	22
Figura 6- Tipos de solos - APAs Pureza e Piracicaba. ....	24
Figura 7 - Localização da APA Piracicaba em Itabira. ....	28
Figura 8 - Localização da APA Pureza em Itabira. ....	29
Figura 9 - Sobreposição entre as APAS Pureza e Piracicaba no município de Itabira.....	31
Figura 10 - Composição 3(R) 4(G) e 5(B) APAs Pureza e Piracicaba -1999. ....	33
Figura 11 - Composição 6(R) 5(G) e 4(B) APAs Pureza e Piracicaba - 2018. ....	34
Figura 12 – Mapa do uso e ocupação das APAs Piracicaba e Pureza dos anos de 1999 (a) e 2018(b). ....	39
Figura 13 - Localidade dos “Pedros” APA Piracicaba, Itabira-MG.....	43
Figura 14 - Processos de voçorocamento em áreas de pastagens degradadas na APA Piracicaba.....	44
Figura 15 - Processos de ravinamento em áreas de pastagens degradadas na APA Piracicaba. ....	44
Figura 16 - Distrito Industrial de Itabira.....	45
Figura 17 - Hidrografia Piracicaba de Itabira-MG .....	48
Figura 18 - Hidrografia APA Pureza.....	49
Figura 19 - Classes de declividade APA Pureza .....	51
Figura 20 - Áreas de preservação Permanente APA Pureza. ....	52
Figura 21 - Classificação de uso e ocupação APA Pureza, 2018. ....	53
Figura 22 - Conflito de uso em APP APA Pureza, 2018.....	54
Figura 23 - Áreas em destaque no bairro Barreiro, APA Pureza, Itabira-MG, 2005. ....	56
Figura 24 - Áreas em destaque no bairro Barreiro, APA Pureza, Itabira-MG, 2018. ....	56
Figura 25 - Área em destaque na APA Pureza, 2005. ....	57
Figura 26 - Área em destaque na APA Pureza, 2018. ....	57
Figura 27 - Ocupações em APP´s na APA Pureza, 2018 .....	58
Figura 28 - Despejo de esgoto doméstico Barreiro, APA Pureza, 2018 .....	59

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Unidades de Conservação de Itabira-MG, 2019.....	8
Quadro 2 - Áreas consideradas Áreas de Preservação Permanente.....	37

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Áreas de uso e ocupação - APAs Pureza e Piracicaba, 1999.....	40
Tabela 2 - Áreas de uso e ocupação - APAs Pureza e Piracicaba, 2018.....	41
Tabela 3 - Comparativo de área para o mapa de uso.....	42
Tabela 4 - Matriz de erro 1999.....	46
Tabela 5 - Matriz de erro 2018.....	47
Tabela 6 - Áreas de uso na APP APA Pureza, 2018.....	55

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Áreas de uso e ocupação - APAs Pureza e Piracicaba, 1999.....	40
Gráfico 2 - Áreas de uso e ocupação - APAs Pureza e Piracicaba, 2018.....	42
Gráfico 3 – Áreas de uso na APP – APA Pureza, 2018.....	55

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP	Áreas de Preservação Permanente
APA	Área de Proteção Ambiental
CDI	Centro de Desenvolvimento Industrial
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
COPAM	Conselho Estadual de Política Ambiental
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ETA	Estação de Tratamento de Água
EFVM	Estrada de Ferro Vitória-Minas
FUNARBE	Fundação Arhtur Bernardes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMS	Imposto de Circulação de Mercadorias e Serviços
IEF	Instituto Estadual de Florestas
IGA	Instituto de Geociências Aplicadas de Minas Gerais
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
QF	Quadrilátero Ferrífero
MDE	Modelo Digital de Elevação
NASA	Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço
<i>NIMA</i>	<i>National Imagery and Mapping Agency</i>
<i>OLI</i>	<i>Operational Terra Imager</i>
PMSB	Plano Municipal de Saneamento Básico
PMI	Prefeitura Municipal de Itabira
RPPN	Reserva Particular do Patrimônio Natural
SAAE	Sistema Autônomo de Água e Esgoto
SEMAD	Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SEBRAE	Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas
SGEO	Superintendência de Geoprocessamento da Prefeitura de Itabira
SMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Itabira
SNUC	Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

SIG	Sistemas de Informação Geográfica
<i>SRTM</i>	<i>Shuttle Radar Topography Mission</i>
<i>TM</i>	<i>Thematic Mapper</i>
<i>TIRS</i>	<i>Thermal Infrared Sensor</i>
UC	Unidades de Conservação
UPGRH	Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos
<i>USGS</i>	<i>United States Geological Survey</i>
VANTs	Veículos Aéreos não tripulados

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	1
1.1	OBJETIVO GERAL.....	3
1.1.1	<i>Objetivos Específicos</i> .....	3
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
2.1	Áreas Protegidas no Brasil .....	4
2.2	Áreas Protegidas em Itabira.....	5
2.3	Unidades de Conservação .....	6
2.4	Áreas de Preservação Permanente.....	8
2.5	Geoprocessamento.....	10
2.5.1	<i>SIGs na Gestão Ambiental</i> .....	12
2.5.2	<i>Imagens LANDSAT</i> .....	13
2.5.3	<i>Imagens SRTM e Modelo Digital de Elevação</i> .....	15
3	METODOLOGIA.....	16
3.1	Caracterização da Área de Estudo.....	16
3.1.1	<i>Caracterização Geológica</i> .....	18
3.1.2	<i>Caracterização Geomorfológica</i> .....	20
3.1.3	<i>Caracterização Pedológica</i> .....	23
3.1.4	<i>Caracterização Climática</i> .....	25
3.1.5	<i>Caracterização da cobertura vegetal</i> .....	26
3.1.6	<i>Caracterização hidrográfica</i> .....	26
3.2	Características da APA Piracicaba .....	27
3.3	APA Pureza .....	29
3.4	Materiais e Métodos .....	31
3.4.1	<i>Materiais</i> .....	31
3.4.2	<i>Métodos</i> .....	32
3.4.3	<i>Mapas de uso e ocupação</i> .....	32
3.4.4	<i>Delimitação das APPs na APA Pureza</i> .....	36
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	38
4.1	Classificação Supervisionada imagens <i>LANDSAT TM 5</i> e <i>LANDSAT OLI 8</i> .....	38
4.1.1	<i>Acurácia da Classificação</i> .....	45
4.2	Delimitação de APP's na APA Pureza .....	48
5	CONCLUSÃO .....	61
6	RECOMENDAÇÕES .....	63
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	64
	ANEXO A – Unidades de Conservação do município de Itabira-MG .....	70
	ANEXO B - Hierarquia de métodos de classificação de imagens de satélite .....	71
	ANEXO C – Bacias Hidrográficas do município de Itabira-MG.....	72

## 1 INTRODUÇÃO

Devido à intensificação dos problemas ambientais causados pelo homem nas últimas décadas, destaca-se a necessidade de intervenções de maneira a conciliar as atividades antrópicas com a sustentabilidade do ambiente natural.

Um dos mecanismos de intervenção mais utilizado é a gestão ambiental, que tem como objetivo a redução de danos causados pela ação antrópica na natureza, bem como, a prevenção dos impactos negativos. A gestão ambiental é uma maneira de estabelecer diretrizes, planejamento e alocação de recursos. Para tal se faz necessário pesquisas que forneçam dados para um melhor gerenciamento dos recursos naturais.

Para o planejamento ambiental o uso de técnicas de geoprocessamento exerce um papel importante, pois possibilitam o monitoramento das áreas por meio de imagens de satélites ou fotografias adquiridas por VANTs (Veículos Aéreos não tripulados) reduzindo custos com a aquisição dos dados e com o processamento das informações.

Com o advento da internet o geoprocessamento e o sensoriamento remoto foram amplamente difundidos, e estão ao alcance de um público cada vez maior. Os *softwares* livres democratizaram o acesso a tecnologias, muitos portais na internet fornecem gratuitamente *softwares*, dados cartográficos e imagens de satélites os quais possibilitam análises cada vez mais integradas dos fenômenos espaciais.

Os sistemas computacionais conhecidos como Sistemas de Informação Geográfica (SIG), são amplamente utilizados para estudos e análises espaciais, pois, permitem a realização de análises espaciais, a integração de dados de diversas fontes e elaboração de bancos de dados georreferenciados. Os SIG's são importantes para o suporte às análises espaciais dos fenômenos, com suas ferramentas computacionais, é possível a determinação de evoluções espaciais e temporais permitindo as inter-relações entre diferentes fenômenos.

As utilizações das técnicas de geoprocessamento contribuem para uma gestão ambiental adequada e eficiente, pois permitem realizar mapeamentos e monitoramentos que servem de suporte aos órgãos responsáveis pela gestão nas diferentes esferas públicas. As mesmas possibilitam diversos tipos de análises como o mapeamento, identificação e alteração do padrão do uso e ocupação do solo, mapeamento das áreas de interesse para preservação ambiental como as Unidades de Conservação, fiscalização, planejamento, entre outras.

A gestão de áreas protegidas é um desafio para a administração pública. Vê-se em muitos municípios a criação de Unidades de Conservação como instrumento de preservação

dos recursos naturais, mas o planejamento ambiental demanda mais do que criação de leis, fazendo necessária a gestão voltada para o ordenamento territorial.

Visando à preservação da biodiversidade local, o município de Itabira-MG criou por meio do Decreto nº 2.542 de 23 de setembro de 2004 a Área de Proteção Ambiental – APA Piracicaba que abrangendo uma área de 38.824 ha 15 de janeiro de 2019, o Decreto nº 2156, retificou a área para 38.034,5692 hectares. Esta APA municipal abrange a área do principal manancial de abastecimento público da cidade, denominado manancial Pureza. Para limitar a ocupação da área, visando à proteção do manancial, foi criada no ano 2000 a APA Pureza, que se encontra territorialmente sobreposta a APA Piracicaba. Até o presente momento nenhuma das Unidades de Conservação - UCs possuem plano de manejo, o que evidencia a precária gestão dessas áreas protegidas.

Há intrinsecamente um conflito territorial, no que tange a sobreposição de áreas, além de conflitos ambientais como ocupações irregulares das Áreas de Preservação Permanente, usos industriais como a criação do distrito industrial na área de manancial de abastecimento, além de atividades minerárias conforme estudos da FUNARBE (2014) e Silva (2007).

A falta do plano de manejo dificulta ações efetivas para o planejamento adequado da área atrelado ao fato de que na cidade o problema da escassez hídrica já é uma realidade. Nos últimos anos o município enfrentou períodos de pouca precipitação que gerou um grande déficit nos reservatórios de água (FUNARBE, 2014).

Ressalta-se que um dos grandes problemas que o município enfrenta é a escassez hídrica. O crescimento econômico e o aumento populacional dos últimos anos trouxeram consigo um aumento da demanda por água faz-se assim, a necessidade do planejamento da área para uma gestão eficiente dos recursos hídricos, pois, a disponibilidade de água é um dos fatores limitantes para o desenvolvimento dos municípios.

Soluções definitivas para o abastecimento público já estão sendo discutidas no âmbito governamental, mas, o sistema Pureza ainda é a maior fonte de abastecimento da cidade. Diante da importância do problema há a necessidade de estudos com o objetivo de auxiliar o planejamento da área.

Em toda área da APA Piracicaba a região da Pureza possui maior taxa de urbanização e em função da sua relevância, área de recarga do principal manancial de abastecimento público de Itabira, é importante a análise dos usos nas Áreas de Preservação Permanente e seus impactos.

## 1.1 OBJETIVO GERAL

Analisar o uso e ocupação do solo nas APAs Pureza e Piracicaba localizadas no município de Itabira-MG.

### *1.1.1 Objetivos Específicos*

- Realizar uma análise multitemporal com o mapeamento o uso e ocupação nas APAs Pureza e Piracicaba por meio das imagens *LANDSAT* do ano de 1999, anterior à criação das UCs, e em 2018 verificando se houve significativas alterações no uso do solo.
- Mapear as áreas de Preservação Permanente na APA Pureza.
- Identificar e espacializar os conflitos nas APPs Cursos d'água e declividade superior a 45 graus na APA Pureza.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Áreas Protegidas no Brasil

O crescimento econômico traz consigo riscos iminentes de danos ambientais faz-se assim a maior necessidade de proteção ambiental. O Estado por sua vez necessita de mecanismos eficientes para agir em proteção da biodiversidade, com a finalidade de obter um desenvolvimento econômico preocupado com as externalidades negativas que as questões econômicas podem causar a toda sociedade ao longo dos anos (REIS, 2011).

As áreas protegidas são espaços com demarcação territorial estabelecida que possuem a função principal de preservação e/ou conservação dos recursos naturais e/ou culturais nelas existentes. Em seu sentido mais amplo elas correspondem a uma das principais estratégias de conservação da biodiversidade, valorização dos territórios das sociedades tradicionais e de desenvolvimento sustentável em todo o mundo. A criação dessas áreas pode ser uma estratégia importante para o controle do território uma vez que estabelece limites e dinâmicas de uso e ocupação específicos (MEDEIROS, 2006).

No Brasil o termo áreas protegidas corresponde a um espaço regulamentado que, de acordo com a Constituição Federal de 1988, atinge além dos objetivos de proteção ambiental, abarcando todos os espaços territoriais e seus componentes a serem especialmente protegidos. Nesse sentido, o governo brasileiro definiu os seguintes espaços territoriais que deveriam integrar as áreas protegidas: áreas terrestres e marinhas do Sistema Nacional de Unidades de Conservação, as terras indígenas e territórios quilombolas (PEREIRA e SCARDUA, 2008). Entretanto, no país, o termo ainda está bem restrito a Unidade de Conservação - UC, sendo a tipologia mais comum prevista na legislação brasileira.

No Brasil legislações foram aprovadas com o objetivo de dar suporte na gestão das áreas protegidas. Observa-se que a legislação avançou muito no que tange à participação na gestão ambiental pública e, em específico, dessas áreas. Isso pode ser constatado por meio da análise tanto da Política Nacional de Meio Ambiente (Lei nº 6.938/1981), quanto da legislação específica acerca das Unidades de Conservação (Lei nº 9.985/2000 e Decreto nº 4.340/2002), além da Política Nacional de Áreas Protegidas, regulamentada pelo Decreto nº 5.758/2006 (MACEDO, 2008). Nesse contexto, o estado de Minas Gerais legisla através da resolução SEMAD nº 318/2005, que disciplina o cadastramento de unidades de conservação

da natureza e outras áreas protegidas, bem como a divulgação periódica das informações básicas pertinentes.

O cadastramento de UC, instituído como um dos critérios de redistribuição de recursos do Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços - ICMS possibilita o recebimento do ICMS Ecológico. Tal possibilidade permite à administração pública encontrar alternativas para o fomento de atividades econômicas pautadas nas regras de proteção ambiental e do desenvolvimento sustentável nos seus municípios.

Para recebimento do ICMS Ecológico são analisados os seguintes critérios: a área da unidade de conservação e/ou área protegida; a área do município; o Fator de Conservação e o Fator de Qualidade. O órgão do governo estadual de Minas Gerais responsável pela referida análise é o Instituto Estadual de Florestas (IEF), que é órgão responsável por gerar o Índice de Conservação (IC), ou seja, os municípios que preservam suas florestas e conservam sua biodiversidade ganham uma pontuação maior nos critérios de repasse e recebem recursos financeiros a título de compensação pelas áreas destinadas à conservação, e, ao mesmo tempo, um incentivo para a manutenção e criação de novas áreas para a conservação da biodiversidade.

A criação de leis é importante para a gestão, entretanto, para garantir a integridade das Áreas Protegidas é importante coibir ocupações irregulares e o desmatamento, através da fiscalização local e monitoramento remoto, garantindo às populações locais seus direitos exclusivos. Os indicadores de gestão demonstram que um dos desafios é garantir uma na inspeção dessas áreas. No caso das Unidades de Conservação é preciso aumentar o número de planos de manejo concluídos e de conselhos gestores formados, bem como reforçar e qualificar o escasso quadro de funcionários lotados nas UCs (VERÍSSIMO et. al, 2011).

## **2.2 Áreas Protegidas em Itabira**

O território municipal integra uma complexa área de exploração mineral e verifica-se ao longo dos anos um crescimento desordenado. Desta forma, o município de Itabira entre os anos de 2008 e 2009 elaborou o Projeto Mosaico, como forma de possibilitar a gestão integrada e participativa do território. A Prefeitura de Itabira/MG em parceria com o Ministério do Meio Ambiente, o Instituto Estadual de Floresta-IEF, o Governo da França e o Sebrae elaborou o Projeto “Construção da Identidade Territorial do Município de Itabira, a

partir da criação de um mosaico entre as suas Unidades de Conservação” – Projeto Mosaico (SMMA, 2008).

O Projeto Mosaico tem como objetivo a geração de renda com a diversificação das cadeias econômicas e produtivas sustentáveis, a partir do uso racional direto ou indireto de sua biodiversidade (SMMA, 2008).

O Mosaico utiliza as microbacias hidrográficas do município como unidades de planejamento e em escala compatível com a gestão municipal, de forma a promover o efetivo desenvolvimento sustentável das populações no entorno das Unidades de Conservação (SMMA, 2008).

Com a efetivação do Projeto Mosaico Itabira ultrapassará o mínimo de 10% de seu território com áreas de proteção integral, atendendo aos compromissos da Convenção sobre a Diversidade da Convenção sobre a Diversidade Biológica e às Metas do Milênio. Contudo, o projeto foi elaborado e até a presente data não obteve continuidade das ações propostas. O Anexo A ilustra o mosaico de Unidades de Conservação de Itabira (SMMA, 2008).

### **2.3 Unidades de Conservação**

De acordo com a Lei nº 9.985/2000 do SNUC (Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza) denomina Unidade de Conservação - UC como áreas naturais passíveis de proteção por suas características especiais. De acordo com o Art 1º, inciso I, da referida legislação, as UCs são "espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituídos pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção da lei".

As UCs são divididas em dois grupos: Unidades de Proteção Integral e Unidades de Uso Sustentável. As UCs de Proteção Integral possuem como principal objetivo a proteção da natureza onde o uso é limitado, ou seja, é admitido somente o uso indireto dos recursos naturais, esse que não envolve o consumo, coleta ou danos nos recursos naturais como por exemplo as atividades de recreação, pesquisa científica e educação ambiental. As Unidades de Proteção Integral são classificadas em: Estação Ecológica, Reserva Biológica, Parque Nacional, Monumento Natural e Refúgio da Vida Silvestre (MMA, 2018).

As Unidades de Uso Sustentável objetivam a conservação da natureza aliado ao uso sustentável dos seus recursos naturais. Nesse grupo são permitidas as atividades de coleta e

uso dos recursos naturais desde que sejam mantidos os recursos naturais e os processos ecológicos. São categorias de uso sustentável: Área de Proteção Ambiental (APA), Área de Relevante Interesse Ecológico, Floresta Nacional, Reserva Extrativista, Reserva de Fauna, Reserva de Desenvolvimento Sustentável e Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) (MMA, 2018).

Atualmente a criação de Unidades de Conservação no Brasil constitui-se uma das principais maneiras de atuação governamental para proteger áreas da degradação ambiental. Contudo, é verificada a criação de leis neste sentido, mas, falta a efetivação dos planejamentos dessas áreas protegidas, principalmente no âmbito municipal.

Entre a categoria de uso sustentável destaca-se a Área de Proteção Ambiental (APA) que é um tipo de Unidade de Conservação onde a estratégia de gerenciamento visa compatibilizar as atividades humanas com a preservação da vida silvestre, a proteção dos recursos ambientais e a estabilidade ou melhoria da qualidade de vida da população. O objetivo geral de uma APA é conciliar o desenvolvimento da ocupação humana com as características ambientais da área, por meio do ordenamento do espaço territorial, em conjunto com os entre órgãos governamentais, e participação ativa da comunidade.

O município de Itabira tem um histórico de uso e ocupação de seu território marcado pela extensa remoção da cobertura vegetal nativa para a implantação de atividades mineradoras, agropecuárias, expansão urbana e instalação de indústrias, modificando diferentes segmentos de sua paisagem (FUNARBE, 2014). As ações de ocupação ao longo dos anos levaram a degradação de um percentual significativo da cobertura vegetal, e aliado ao interesse de preservação do ambiente as autoridades do município decidiram por criar Unidades de Conservação.

O município possui quatro UCs de Proteção Integral e nove de Uso Sustentável, conforme Quadro 1. O Projeto Mosaico também contempla a criação da Mata do Tropeiro, localizada na região norte do município e a do Morro do Chapéu no sul do município.

Quadro 1 - Unidades de Conservação de Itabira-MG, 2019

Tipos	Categoria	UCs	Lei	Instância
Proteção Integral	Parque	PE Mata do Limoeiro	Dec. n° 45.566 de 22/03/2011	Estadual
		PM Ribeirão São José	Lei n° 3.465 de 10/12/1998	Municipal
		P. Natural Mata do Intelecto	Lei n° 2.770 de 27/12/1991, Dec. n° 1.851/2003 e Lei n° 4.105/2006	Municipal
	Reserva	Reserva Biológica Mata do Bispo	Lei n° 3.465 de 10/12/1998	Municipal
Uso Sustentável	APA	APA Morro da Pedreira	Dec. n° 98.891 de 26/01/90	Federal
		APA Santo Antônio	Dec. n° 2.543, de 23/09/2014 e Dec. 1.791/2018	Municipal
		APA Ribeirão Aliança	Lei n° 3.625 de 16/07/2001	Municipal
		APA Gatos	Lei n° 3.547 de fevereiro de 2000	Municipal
		APA Piracicaba	Dec. n° 2.542 de setembro de 2004 e Decreto n° 2156 de 15 de janeiro de 2019	Municipal
		APA Pureza	Lei n° 3.547 de fevereiro de 2000	Municipal
	RPPN	RPPN Sítio dos Borges	Portaria n° 185 de 27/12/2004	Estadual
		RPPN Itabiruçu	Portaria n° 254 de 27/12/2005	Estadual
		RPPN Mata São José	Portaria n° 252 de 27/12/2005	Estadual

Fonte: Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Itabira-MG (2019).

## 2.4 Áreas de Preservação Permanente

Instituídas por lei, as Áreas de Preservação Permanente (APP's) têm como objetivo principal minimizar os impactos provenientes das ações antrópicas e naturais no meio ambiente. De acordo com o Art. 8° do Código Florestal Mineiro Lei n° 20.922/2013, APP é considerada a área, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (MINAS GERAIS, 2013).

As APP's possuem um papel importante para manutenção e conservação das matas ciliares. Segundo Tundisi e Tundisi (2010) a qualidade da água dos rios, lagos e represas está associada diretamente com a vegetação que se encontra no entorno desses corpos d'água.

A vegetação ciliar possui um poder depurativo, comprovadamente eficiente para reter o nitrato de origem antrópica, evitando desta maneira a contaminação dos rios. Tal ação demonstra a relevância desse tipo de vegetação para conservação do recurso hídrico (BACELLAR, 2005).

Com o crescimento das áreas urbanas verifica-se também o crescimento de ocupações irregulares. A cidade entendida como produto social, analogamente é um campo de tensões entre as classes sociais. Neste contexto, é notório que as cidades sejam ambientes segregados por natureza. As camadas abastadas da sociedade, geralmente, optam por se localizar em áreas ambientalmente seguras, restando ambientes impróprios para as classes menos favorecidas (COELHO, 2001). A falta de planejamento e de fiscalização para coibir estas ocupações é uma realidade de muitos municípios.

Uma das grandes consequências da ocupação irregular em APP é a alteração negativa na qualidade das águas urbanas, que fica comprometida quando os mananciais são degradados em decorrência da contaminação por resíduos urbanos gerados, não tratados e nem condicionados adequadamente (ROCHA e HORA, 2012).

Alguns estudos como o de Caixeta (2009) utiliza as ferramentas de geoprocessamento para realização da delimitação das APP's dos cursos d'água. O autor alcançou resultados bastante satisfatórios ao mapear, identificar e monitorar as APPs ao longo Ribeirão Anicuns no Município de Goiânia – GO, com a geração de mapas que contribuíram para o planejamento da área.

Campos e Matias (2012) mapearam as áreas de preservação permanente no município de Paulínia-SP, e com o uso do geoprocessamento elaboram um mapa de adequação do uso e ocupação das APP's e a respectiva adequação com a legislação vigente.

Milanesi et al. (2015) ao realizarem uma análise multitemporal da ocupação irregular das APP's na sub-bacia do Arroio Manresa - Porto Alegre/RS verificaram que a Geografia juntamente com as técnicas de geoprocessamento e sensoriamento remoto permitiram o estudo do processo de ocupação irregular, juntamente com a verificação de um crescimento significativo da ocupação no período de 12 anos.

Desta forma, com a delimitação das Áreas de Preservação Permanente (APPs) é possível fazer inferências sobre as ocupações irregulares e assim dá subsídios para o planejamento dessas áreas tão importantes para manutenção do regime hídrico de uma determinada localidade.

## 2.5 Geoprocessamento

O geoprocessamento consiste em um conjunto de técnicas matemáticas e computacionais destinada à aquisição, tratamento e representação da informação geográfica. Essas técnicas são amplamente empregadas em diferentes áreas como a Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Planejamento urbano e regional dentre outras. Desta forma, o geoprocessamento é uma tecnologia interdisciplinar, que permite a convergência de diferentes disciplinas científicas para o estudo de fenômenos ambientais e urbanos (CÂMARA, 2001).

Entre as ferramentas computacionais utilizadas no geoprocessamento estão os Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Os SIG's integram dados de diversas fontes e possibilitam a criação de banco de dados georeferenciados. Desta forma é possível realizar análises complexas sobre evoluções espacial e temporal dos dados de interesse. Os SIG's armazenam a geometria e os atributos dos dados localizados na superfície terrestre e representados numa projeção cartográfica, tendo como importante característica a diversidade de fontes geradoras e de formatos apresentados (CÂMARA, 2000).

Os dados oriundos de sensores remotos, como por exemplo, as imagens obtidas por satélites, são considerados como fonte de dados para os SIG's, uma vez que estas imagens permitem a extração de diversas informações sobre a área imageada. A utilização dessas imagens pelos SIG's está intrinsecamente ligada ao Sensoriamento Remoto que é a ciência responsável pela a obtenção de imagens à distância da superfície terrestre, sendo que estas imagens são adquiridas através de sensores que captam a informação em faixas específicas do espectro eletromagnético.

O Sensoriamento Remoto é a tecnologia que permite obter imagens da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. À obtenção dos dados é relacionado ao termo sensoriamento, e remoto, que significa distante, é utilizado porque a obtenção é feita sem o contato físico entre o sensor e a superfície terrestre (FLORENZANO, 2013). Esses sensores, ou câmaras, estão a bordo de aeronaves ou de satélites orbitais onde cada sensor gera um produto de sensoriamento remoto denominado de imagem (RUDORFF, 2008).

As imagens obtidas por satélites ou por sistemas aerotransportadores apresentam possibilidades de aplicação em estudos ambientais e os SIG's, como tecnologia de integração, é um meio para realização de análises socioespaciais com finalidade de fornecer soluções para

problemas que exigem uma gestão eficaz e planejamento territorial (BUZAI e BEXANDALE, 2013).

Por meio de softwares direcionados para tratamento é possível gerar imagens com diferentes composições de cores, ampliações de partes das imagens e classificações temáticas dos objetos nelas identificados por meio de softwares dedicados exclusivamente para tratamento de imagens, obtendo-se assim mapas com diversas finalidades (CÂMARA, 2001).

A classificação de imagens é o processo de extração de informação para reconhecer padrões e objetos homogêneos e são utilizados em Sensoriamento Remoto para mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse. O resultado da classificação é representado por meio de classes temáticas, e a etapa de treinamento é o primeiro momento em um processo de classificação, ou seja, o reconhecimento da assinatura espectral das classes, sendo denominadas supervisionadas ou não supervisionadas as formas de treinamento. (INPE, 2019).

Existem várias técnicas e métodos para classificação de imagens de satélite podendo ser separados em três categorias: manual, híbrida ou automática. O Anexo B ilustra a hierarquia dos métodos de classificação.

Nos métodos automáticos são utilizados algoritmos que agrupam os pixels em categorias significativas sendo classificado em duas categorias: supervisionada e não supervisionada (ABBURU e BABU GOLLA, 2015). A classificação supervisionada é quando o usuário possui informações que permitem a identificação de uma classe de interesse e não supervisionada quando o usuário utiliza algoritmos para reconhecer as classes presentes na imagem (INPE, 2019).

Os métodos manuais são bastante eficazes e eficientes, contudo, consomem mais tempo do usuário. Ao utilizar esses métodos o analista deve estar familiarizado com a área sendo condicionada a eficiência e a precisão da classificação ao conhecimento de campo da área de estudo (ABBURU e BABU GOLLA, 2015).

Os métodos híbridos de classificação de imagens de satélites combinam características dos métodos automáticos e manuais. Inicialmente é utilizado o método automático para fazer a classificação e posteriormente usa-se o método manual para refinar a classificação e corrigir os erros (ABBURU e BABU GOLLA, 2015).

### *2.5.1 SIGs na Gestão Ambiental*

A falta de gestão dos recursos naturais pode ter como uma das principais consequências a degradação do meio ambiente. O monitoramento ambiental é uma ferramenta útil e de grande importância para o planejamento e gestão. Por meio dele é possível verificar, fornecer dados referentes aos processos de uso e ocupação. É um dos mecanismos de planejamento e gestão que apresenta excelentes resultados. Neste contexto, os SIG's são ferramentas que permitem obter maior conhecimento do território. Os dados gerados pelas análises espaciais são importantes, pois podem ser utilizados pelos órgãos públicos na tomada de decisões, resultando em uma gestão ambiental eficiente.

Para gestão do território, toda ação de planejamento, ordenação ou monitoramento do espaço deve incluir a análise dos diferentes componentes do ambiente, incluindo o meio físico-biótico, a ocupação humana, e seu inter-relacionamento. Considerando-se os estudos ambientais, pode-se apontar pelo menos quatro grandes dimensões em que o uso da tecnologia de SIG possui destaque: o Mapeamento temático, Diagnóstico Ambiental, Avaliação de Impacto Ambiental, Ordenamento Territorial e os Prognósticos Ambientais (MEDEIROS e CÂMARA, 2001).

Neste contexto, Mendonça (2011) utilizou as técnicas de geoprocessamento para realizar um diagnóstico da adequação de cada propriedade do município de Martelândia-MT aos critérios legais para Área de Preservação Permanente e de Reserva Legal. A partir do diagnóstico realizado, os autores apresentaram uma proposta de zoneamento a fim de possibilitar o planejamento a nível municipal para a regularização dos passivos ambientais.

Mello e Lima (2011) realizaram um diagnóstico ambiental com o uso de ferramentas de SIG's, onde foi possível a confecção de mapas temáticos compilando informações sobre o ambiente da microbacia estudada. Os resultados mostraram conflitos do uso e ocupação do solo com as atividades agropecuárias, além da necessidade de regeneração de Áreas de Proteção Permanentes e regularização das Áreas de Reserva Legal presentes nas propriedades. Com este estudo Mello e Lima (2011) verificaram a interpretação das informações geradas por meio da pesquisa de campo e demonstraram a eficiência do uso do geoprocessamento no diagnóstico geoambiental.

Os SIG's estão a cada dia sendo mais utilizados no planejamento, gerenciamento e monitoramento de Unidades de Conservação. O banco de dados georreferenciado auxilia na localização precisa e no intercruzamento de informações a partir da sobreposição de camadas

vetoriais e/ou matriciais, compondo os diversos temas dentro dos diferentes estudos e projetos (ARAÚJO e PIRES, 2004).

O próprio Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis - IBAMA já prevê que para a gestão das Unidades de Conservação é necessário que cada unidade tenha um banco de dados georeferenciados para auxílio na tomada de decisão (IBAMA, 2000).

Vieira (2009) concluiu que as técnicas de geoprocessamento utilizadas foram essenciais para o levantamento topográfico cadastral, para avaliação da área de estudo quanto ao uso, ocupação do solo e o estado da flora e, também, na organização dos dados para estruturar o sistema cadastral do Parque Municipal do Manguezal do Itacorubí. Desta forma, as ferramentas para geoprocessamento contribuíram para o estudo de caso no apontamento das causas e conseqüências dos impactos ambientais, causados pela degradação ambiental do ecossistema na Unidade de Conservação estudada.

Os SIG's oferecem suporte para diversas análises, como por exemplo as análises multitemporais do uso e ocupação do solo e mapeamento das áreas de interesse para preservação ambiental como as Unidades de Conservação, auxiliando assim a gestão pública. Desta forma, a classificação de imagens multiespectrais obtidas por satélite é uma boa opção, pois, permitem uma análise dinâmica ao longo do tempo, além de serem fornecidas gratuitamente pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

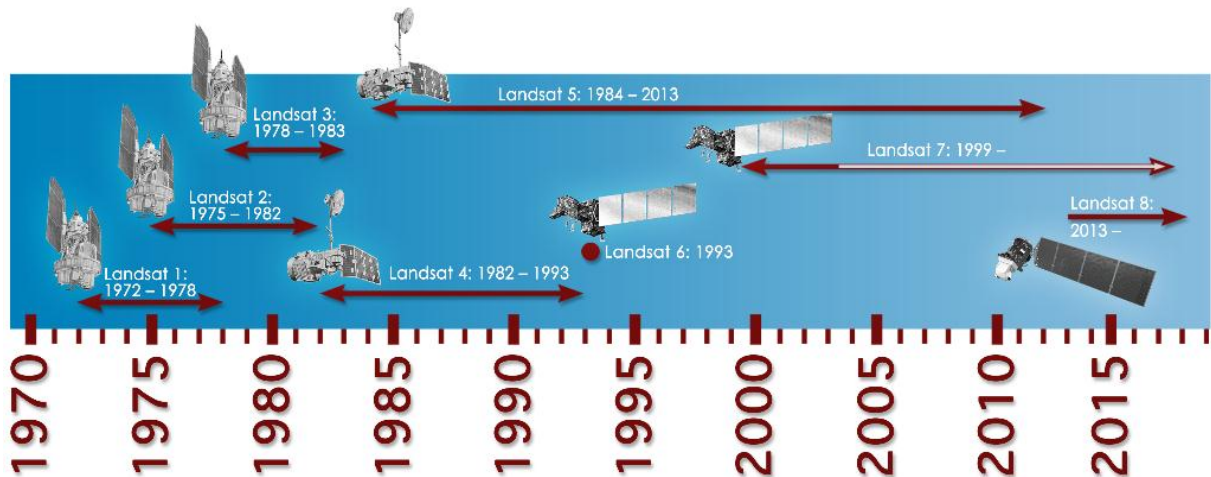
### 2.5.2 *Imagens LANDSAT*

A série *LANDSAT* teve início na segunda metade da década 60, a partir de um projeto desenvolvido pela Administração Nacional de Aeronáutica e Espaço (NASA), sendo dedicado exclusivamente à observação dos recursos naturais terrestres. Inicialmente o programa era conhecido como *ERTS (Earth Resources Technology Satellite)* e em 1975 passou a se denominar *LANDSAT* com objetivo principal de realizar o mapeamento multispectral em intermediária resolução da superfície da Terra (INPE, 2017).

O *LANDSAT-1*, lançado em 1972, foi o primeiro satélite a atuar diretamente em pesquisas de recursos naturais. Atualmente já foram lançados 8 satélites da série, todos com imagens multiespectrais. Entre os sensores embarcados destaca-se o *Thematic Mapper (TM)* de 30 m resolução espacial presentes no satélite *LANDSAT-5 (1984-2013)* e os sensores *OLI (Operational Terra Imager)* e *TIRS (Thermal Infrared Sensor)*, de 15 e 30 metros de

resolução espacial respectivamente, presentes no *LANDSAT-8* desde 2013. As imagens do *LANDSAT-8* são ortorretificadas e todos os produtos do catálogo do INPE estão em formato *GeoTIFF* (INPE, 2018). A Figura 1 ilustra a série histórica dos satélites *LANDSAT*.

Figura 1 - Série histórica *LANDSAT*.



Fonte: INPE (2018).

Desde 1972, a série conjunta de satélites de observação da Terra da NASA/U.S. Geological Survey *LANDSAT* forneceu um acervo de dados espaciais da superfície terrestre que contribuiu para o avanço da pesquisa científica no entendimento de nosso planeta e o impacto ambiental causados por seus habitantes. Os primeiros satélites *LANDSAT* ofereceram novos dados que melhoraram o mapeamento de áreas e características geológicas, juntamente com a análise da vegetação. A resolução espacial e espectral do *LANDSAT* mostrou importantes análises que beneficiam a sociedade, como previsão global de culturas, monitoramento de florestas, uso de água, avaliações de carbono e a base para o Google Maps (BUTCHER, BARNES e OWEN, 2019)

O acervo de dados de longo prazo do *LANDSAT*, desde 1972, fornece um robusto recurso para observar a cobertura da terra e a mudança no uso da terra ao longo de uma escala de tempo de décadas (BUTCHER, BARNES e OWEN, 2019). Desta forma, as imagens de satélites fornecidas pelo INPE, principalmente a oriundas da série *LANDSAT*, apresentam elevado potencial para análises multitemporais, pois permitem o monitoramento e identificação das alterações dos recursos naturais ao longo do espaço-tempo. Outra vantagem é a gratuidade das imagens que reduzem os custos da análise e facilitam a gestão pública.

### 2.5.3 *Imagens SRTM e Modelo Digital de Elevação*

O SRTM, sigla para *Shuttle Radar Topography Mission*, foi uma missão promovida pelas instituições *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA) e a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). O propósito da missão SRTM foi atuar na produção de dados necessários na elaboração de um Modelo Digital de Elevação (MDE) das terras continentais, ou seja, obter informações altimétricas da superfície terrestre (EMBRAPA, 2018).

O SRTM consistiu em um sistema modificado que esteve a bordo do ônibus espacial Endeavour por 11 dias em fevereiro de 2000. Para levantar os dados topográficos utilizou a técnica de interferometria, em que duas imagens obtidas de pontos de vistas diferentes permitem a determinação da altitude da superfície terrestre (NASA, 2019).

O uso do SRTM está cada vez mais frequente em estudos geológicos, hidrológicos, geomorfológicos, ecológicos, dentre outros, em particular para análises tanto quantitativas como qualitativas do relevo e seus agentes modificadores (CARVALHO, LATRUBESSE, 2004).

Com popularização e gratuidade das ferramentas computacionais a obtenção de imagens orbitais tem se tornado cada vez mais comum. Como exemplo os MDE que podem ser obtidos através do radar SRTM. O MDE é o modelo digital que representa as altitudes da superfície topográfica agregada aos elementos geográficos existentes sobre ela, como cobertura vegetal e edificações (IBGE, 2018).

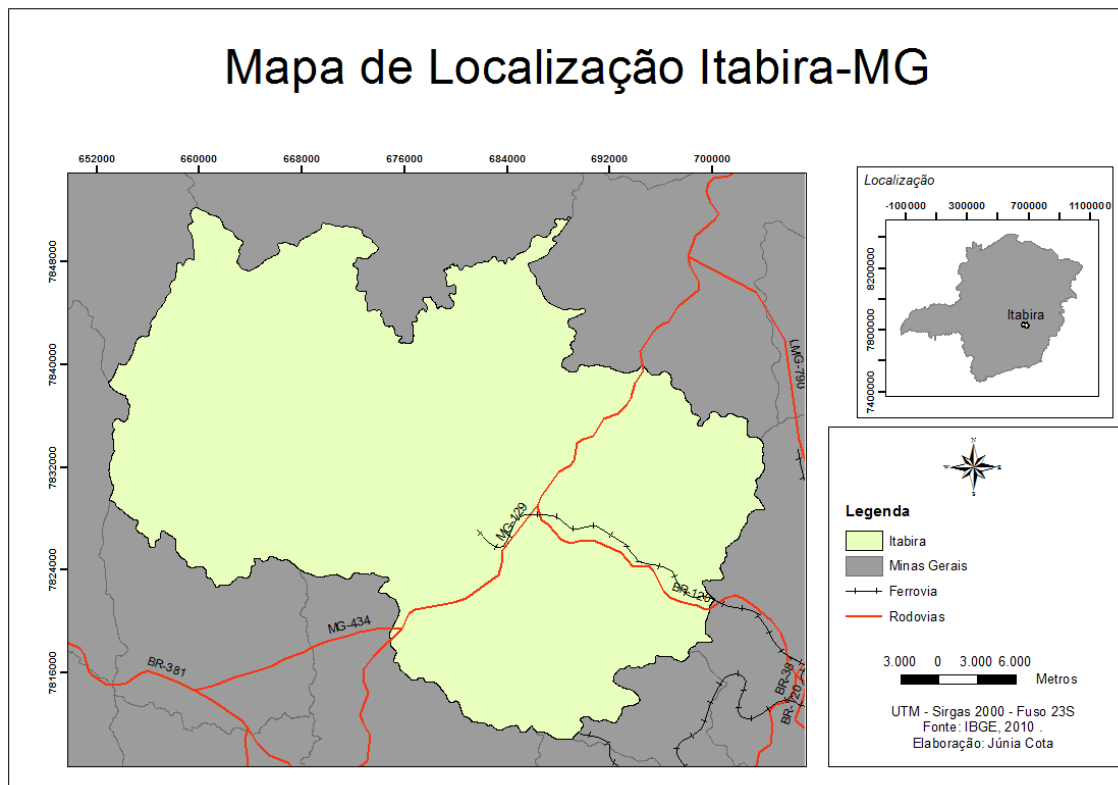
A partir do MDE é possível realizar estudos como a geração de redes de drenagens, delimitação de bacias hidrográficas, dados de altimetrias de diferentes lugares sendo suporte para delimitação das Áreas de Preservação Permanentes.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Caracterização da Área de Estudo

O município de Itabira localiza-se nas coordenadas 19°15'18 "S e 43°47'45" W, na região do Quadrilátero Ferrífero, porção central do estado de Minas Gerais. Situa-se a 111 quilômetros de Belo Horizonte, capital do estado, integrando uma complexa área de exploração mineral. As principais vias de acessos rodoviários são: BR-381, BR-262, MG-120 e MG-129, além da Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM) (GEOAMBIENTE, 2003). A Figura 2 representa a localização do município de Itabira-MG.

Figura 2 - Localização de Itabira-MG



Segundo dados do IBGE (2019) Itabira-MG possui uma população estimada de 119.196 habitantes, uma extensão territorial equivalente a 1.256,49 Km<sup>2</sup>, inserida na bacia hidrográfica do Rio Doce, drenado por dois cursos d'água afluentes do Rio Doce, o Rio Piracicaba, localizado ao sul, e o Santo Antônio ao norte do município.

O município está inserido na área de abrangência das Unidades de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos DO2 Piracicaba – UPGRH DO2 Piracicaba – e DO3 Santo

Antônio – UPGRH DO3 Santo Antônio – que compõem a bacia do Rio Doce (PMSB Itabira, 2016) conforme ilustra o Anexo C.

A região de Itabira é enquadrada no Complexo Mata Atlântica que Ab'Saber (1977) denomina como "Mares de Morros Florestados", em transição com o Domínio dos Cerrados. Veloso (1991) afirma que a formação dominante na região é a Floresta Estacional Semidecidual, que está condicionada pela dupla estacionalidade climática.

De um modo geral, a cobertura vegetal predominante é composta por campos antrópicos intercalados com florestas estacionais semidecíduais secundárias, em vários estágios de regeneração e reflorestamentos. Esta situação é antiga e se confirma pelas descrições de Von Martius e Saint Hilaire, que, já em 1816, identificavam como secundárias as formações vegetais de Itabira (Itabira, 2006).

Itabira é uma cidade com potencial para a atividade mineradora desde sua origem, devido à ocorrência de uma formação ferrífera rica em hematitas e itabiritos. A Companhia Vale do Rio Doce – CVRD, atual Vale S/A, uma das mais importantes indústrias extrativas do mundo, localiza-se em Itabira desde 1939, quando ainda era denominada Companhia Brasileira de Mineração e Siderurgia. As minas formam um arco em torno da cidade e deixam apenas a direção leste para a expansão da área urbana, onde está localizada a bacia hidrográfica do Ribeirão Candidópolis, principal manancial da cidade, que sofre com a ocupação urbana e a utilização rural predatória (PMSB Itabira, 2016).

Dentre as principais minas de minério de ferro estão a Mina do Cauê e a Mina da Conceição pertencentes a empresa Vale S/A. O município é composto também por dois Distritos Industriais, CDI-I e CDI-II, que contam com aproximadamente 62 empresas, conforme dados de 2018 da Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico.

No município de Itabira, observa-se a predominância de população urbana, o grau de urbanização segundo o censo demográfico realizado pelo IBGE em 2010 equivale a 93%, percentual acima da média brasileira e do Estado que se situam em torno de 81,2% e 81,9% respectivamente. Infere-se que as atividades econômicas, principalmente nos setores industriais e de mineração, foram atrativas o processo de urbanização. A população economicamente ativa distribui-se da seguinte maneira, por setores de atividades: cerca de 10% no setor agropecuário, 34% no setor industrial (transformação, mineração, construção e serviços industriais de utilidade pública), 12% no setor comercial, 4% nos setores de transporte, comunicação e armazenagem e 40% em outros Serviços (prestação de serviços, atividades sociais, administração pública e outras atividades) (IBGE, 2010).

A atividade agropecuária não apresenta muita relevância considerando as condições do relevo e solos, além da vocação de exploração assentada a muito tempo no potencial mineral. A pecuária bovina é a mais desenvolvida do ponto de vista setorial, sendo voltada para a produção leiteira seguindo uma tradição já estabelecida (GEOAMBIENTE, 2003).

Em termos de produção de divisas, a principal atividade econômica do município é a mineração de ferro, enquanto a atividade que ocupa a maior parte do espaço municipal é a pecuária extensiva, cuja produção de rendas não pode ser comparada à primeira atividade, mas em termos de geração de problemas ambientais as atividades são semelhantes (PMSB Itabira, 2016).

### ***3.1.1 Caracterização Geológica***

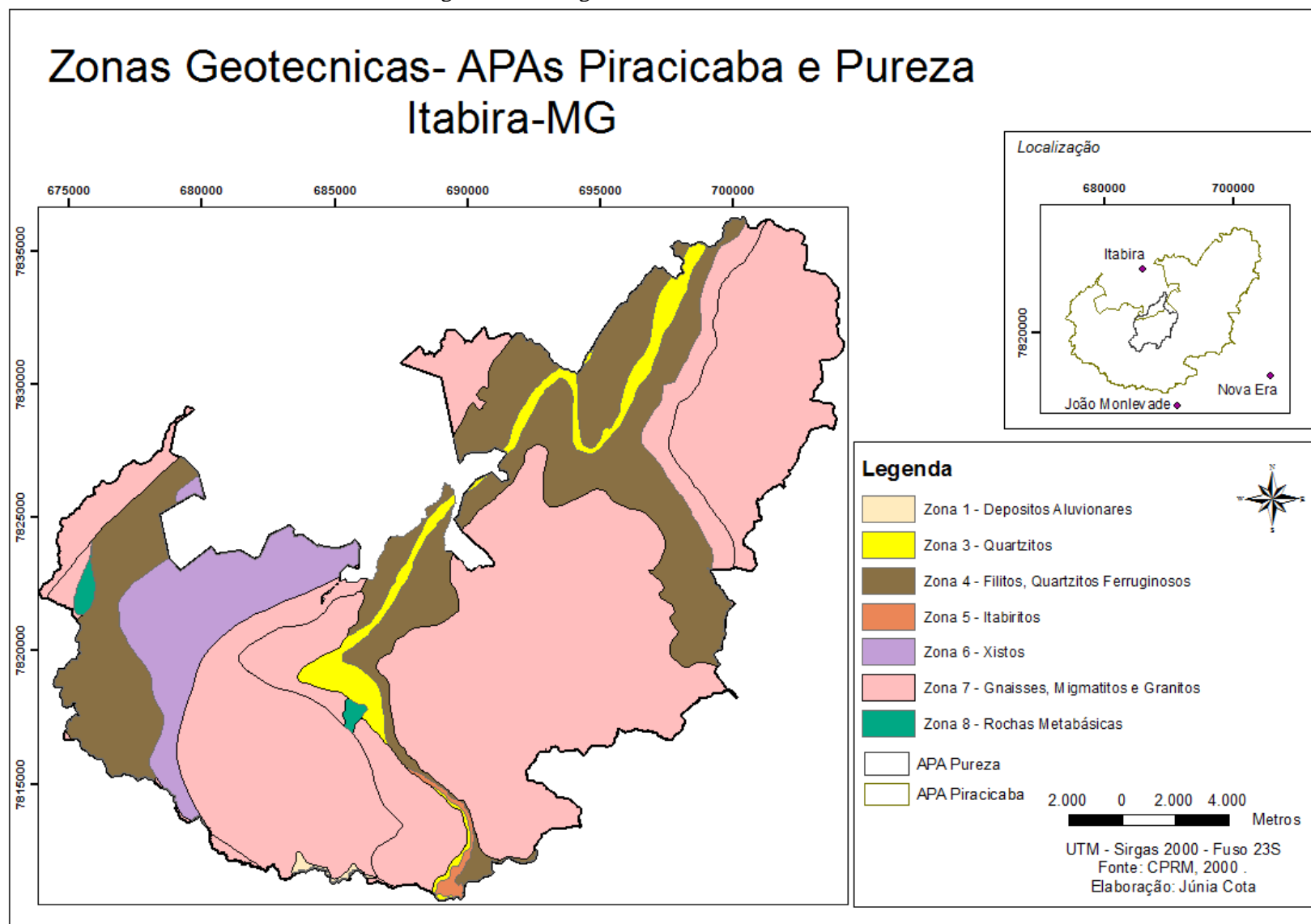
O município de Itabira encontra-se na borda nordeste do Quadrilátero Ferrífero (QF), que por sua vez, se localiza no centro leste do estado de Minas Gerais, abrangendo uma área de aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup> (SILVA, 2016). O QF caracteriza-se por sua forma geométrica retangular que se limita ao norte pela Serra do Curral, Piedade e Cipó, ao sul pelas serras de Ouro Branco e Itatiaia, a leste pela serra do Caraça, e a oeste pela serra da Moeda (FIP, 2013).

O QF é considerado uma das principais províncias metalogenéticas do Brasil, sendo uma região de grande importância econômica em mineralizações, com significativas reservas de minério de ferro, manganês, ouro, calcário, bauxita entre outros de menor importância. Por suas características peculiares, esta região tem sido objeto de estudo por diversos pesquisadores (FIP, 2013).

Na região do município de Itabira podem ser encontradas rochas dos complexos Granito Gnáissicos, dos Supergrupos Rio das Velhas, Minas e Espinhaço, bem como metabasitos e coberturas terciárias e quaternárias.

De acordo com Dorr (1958a) a principal formação ferrífera do Quadrilátero Ferrífero é composta por itabiritos, itabiritos dolomíticos, itabiritos anfíbolíticos, camadas delgadas de filitos e xistos, corpos de hematita (formação Cauê). No município de Itabira, a formação citada é composta principalmente por itabirito, minério de ferro, itabirito manganésífero e, apesar da alteração, são reconhecíveis itabiritos dolomíticos, além de quartzo-muscovita xistos. O mapa das zonas geotécnicas ilustrada na Figura 3 identifica a geologia da APAs Pureza e Piracicaba.

Figura 3 - Geologia da APAs Pureza e Piracicaba.



### 3.1.2 Caracterização Geomorfológica

O Grupo Itabira, constituído por rochas do tipo itabiritos, é mais resistente permanecendo como cristas, apresentando os relevos mais altos. Essa configuração permite a formação de linhas de cristas de cumeadas que estão associados a processos estruturais de elaboração do relevo, como as falhas normais e de empurrão,<sup>2</sup> e os fatores litológicos (SALGADO, 2006).

Conforme Silva (2007), o município de Itabira é compreendido pela unidade de paisagem serrana, representado pelas principais serras e morros que delimitam a região, além de arcabouços residuais que se manifestam na porção central e em algumas áreas do entorno, como a Serra de Cauê. Porém, a intensa exploração mineral é responsável pela descaracterização da serra.

As serras que delimitam a região de Itabira correspondem às abas dos anticlinais e sinclinais invertidos constituídos de metassedimentos (VARAJÃO, 1991). A ocorrência da inversão dessas grandes estruturas dobradas, em que as anticlinais foram desmontadas e as sinclinais elevadas, propiciou geomorfológicamente, que no interior e nas abas sinclinais algumas das mais antigas superfícies de erosão pudessem ser conservadas. Verificou-se, com a análise dos perfis topográficos, a configuração do relevo do Complexo Itabira, caracterizado pelas sinclinais em suspensão de Cauê, Dois Córregos e Conceição e pelas anticlinais Chacrinha e Periquito (SILVA, 2012).

Geomorfológicamente a formação Cauê se expressa com *cuestas* (forma de relevo constituído por alternância de camadas com diferentes resistências ao desgaste e que se inclinam numa direção, formando um declive suave e um corte abrupto na chamada frente de *cuesta*) e *hogbacks* (forma de relevo semelhante a *cuesta* mas com inclinações superiores a 30°). Isso deve em parte à resistência à erosão do itabirito bem como resistência do capeamento de canga formado a partir da oxidação e consolidação superficial do itabirito e do minério rico de ferro (FIP, 2013).

Em relação à declividade foi elaborado os MDEs, a partir das imagens SRTM, das APAs Pureza e Piracicaba, conforme Figuras 4 e 5. A maior altitude nas APAs corresponde a 1.236 m e a menor 570 m, sendo que a APA Pureza possui o terreno mais suave, em relação à APA Piracicaba, uma vez que a maior elevação dentro da Pureza corresponde a 1.099 m.

Figura 4 - Modelo Digital de Elevação APAs Piracicaba e Pureza.

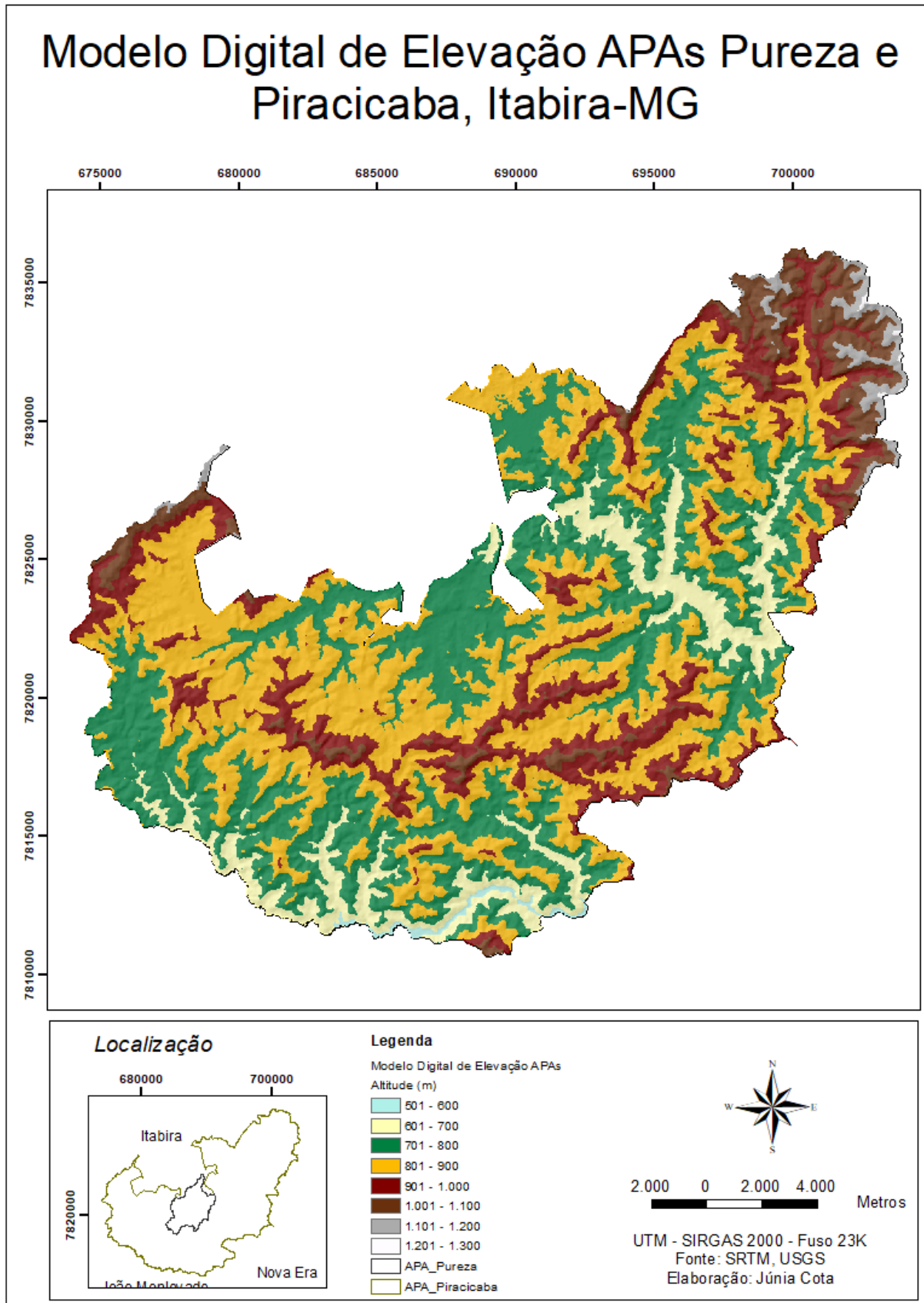
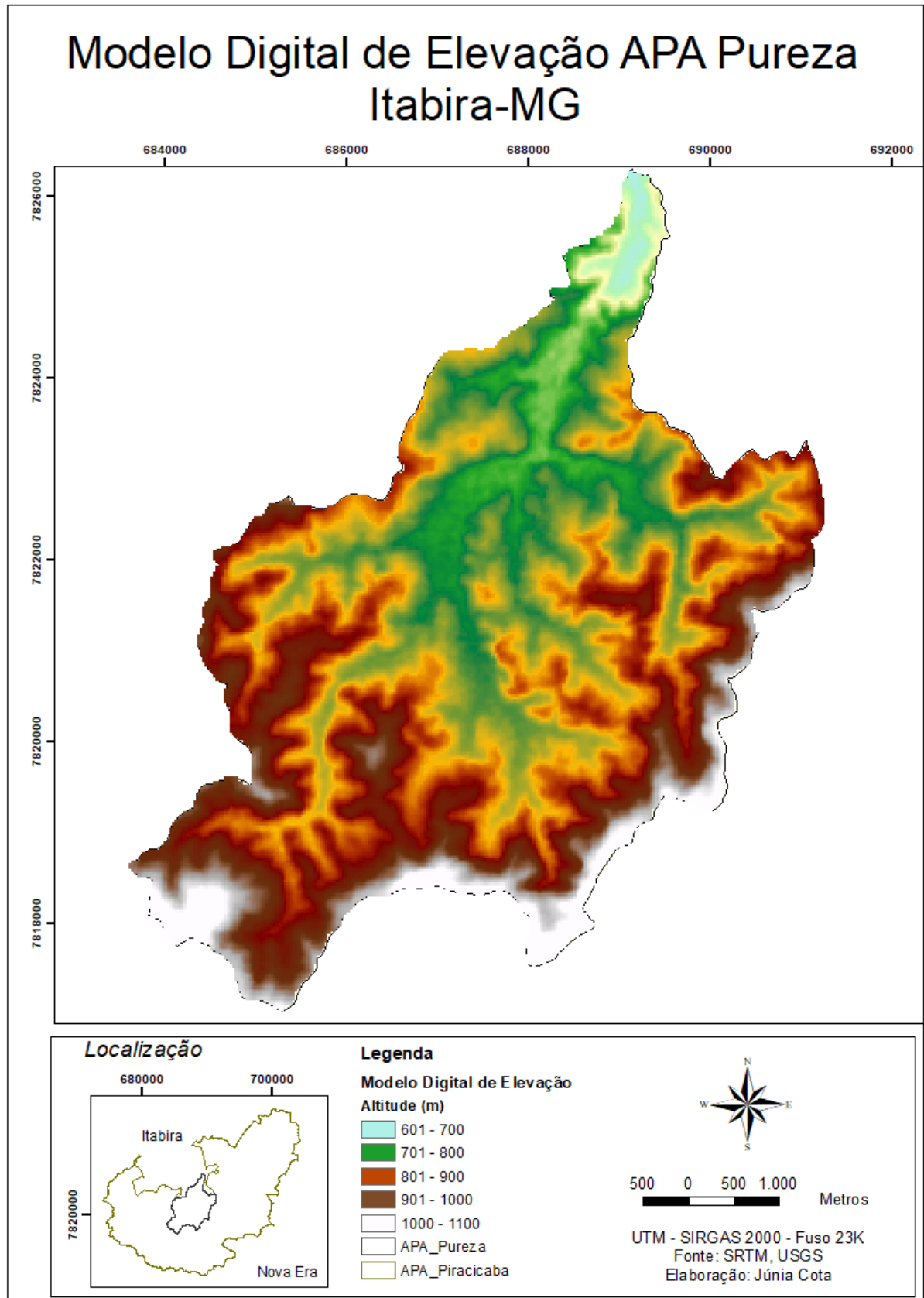


Figura 5 – Modelo Digital de Elevação APA Pureza.



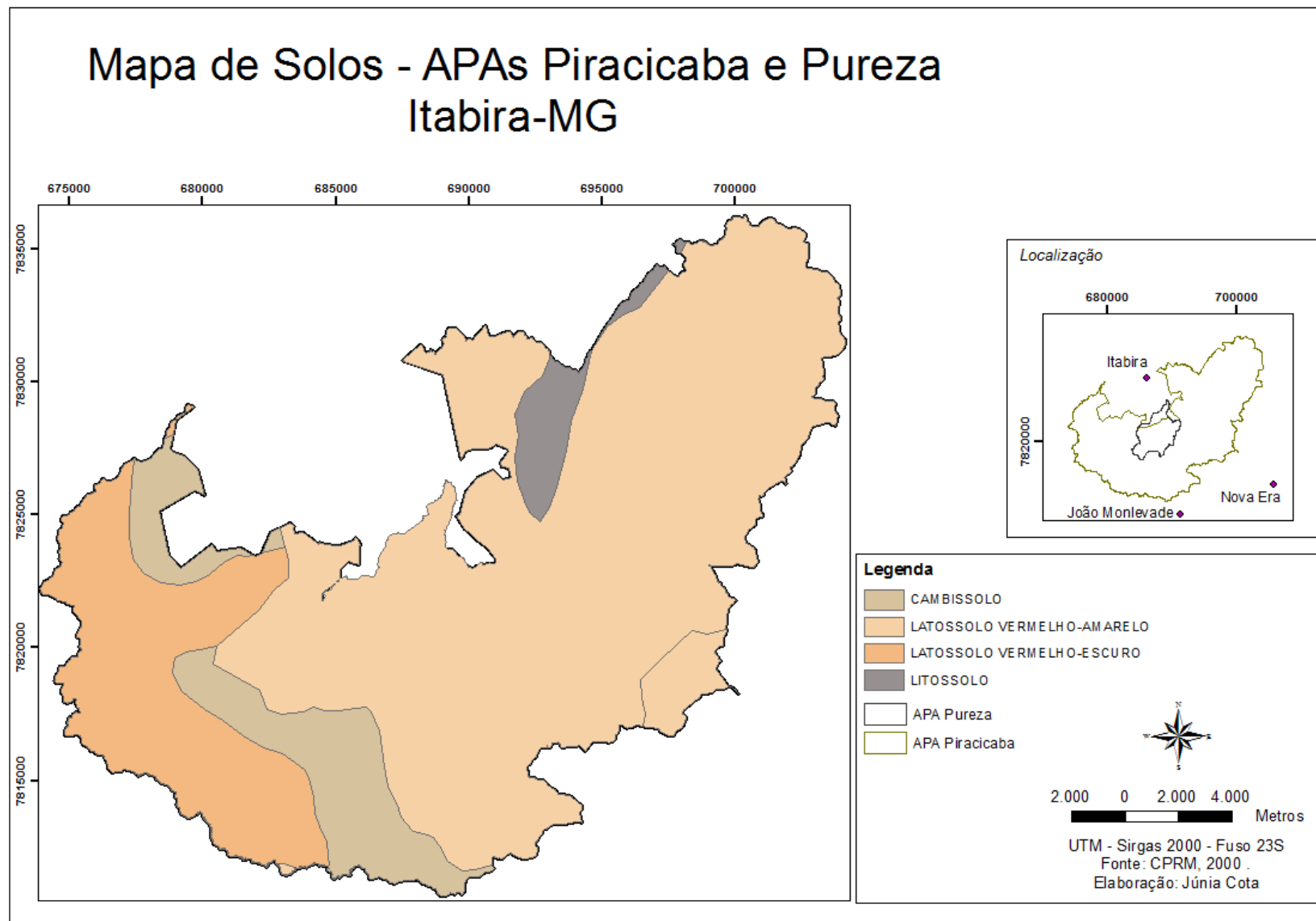
### ***3.1.3 Caracterização Pedológica***

O relevo do Quadrilátero Ferrífero tem sido caracterizado como fruto da estrutura geológica e de processos de erosão diferencial, sendo que as áreas que têm por substrato os quartzitos e itabiritos são mais resistentes à erosão do que aquelas moldadas sobre xistosfilitos e granito-gnaisses (VARAJÃO et al., 2009).

Na maior parte do território do município de Itabira afloram litologias menos resistentes, como as granitos-gnáissicos, granitos gnáissicos migmatíticos e ortognaisses. A partir do intemperismo dessas rochas se desenvolveram as classes de solos: Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo-Vermelho distrófico e Argissolo. As áreas que têm como substratos quartzitos e itabiritos predominantes, respectivamente na Serra do Espinhaço e Serra do Cauê são encontrados solos mais rasos, os Neossolos Litólicos e, por vezes, os Neossolos Regolíticos. Já o compartimento de Morros e Superfícies Fortemente Onduladas sustentados por xistos, quartzitos e filitos predominam os cambissolos (FIP, 2013).

O levantamento pedológico do município de Itabira foi realizado com base Mapeamento de Solos e Aptidão Agrícola das Terras do estado de Minas Gerais, produzido pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMPRAPA, 2000). Nas áreas das APAs Pureza e Piracicaba são identificados os seguintes tipos de solo: Cambissolo, Latossolo vermelho-amarelo, Latossolo vermelho escuro e Litossolo (Figura 6).

Figura 6- Tipos de solos - APAs Pureza e Piracicaba.



Os cambissolos são solos minerais de desenvolvimento incipiente e podem apresentar mudança textural abrupta entre um ou mais horizontes ao longo do perfil, ocorrendo em áreas aplainadas de planícies e/ou terraços aluviais recentes ou não. Os cambissolos flúvicos ocorrem em terraços fluviais de relevo plano sendo utilizados com pastagens. (FUNARBE, 2014). Já os litossolos encontram-se em regiões mais íngremes assentados diretamente sobre a rocha (CAMPO, 2001).

Fazem parte da constituição dos latossolos os minerais muito intemperizados com presença de horizonte B latossólico, sendo praticamente inexistentes materiais primários, com exceção do quartzo, ou secundários menos resistentes ao intemperismo (FUNARBE, 2014). Os latossolos são uma classe de solo com muita expressividade nas APAs ocupando mais de 50% da área total.

Os latossolos vermelhos ocorrem em relevo montanhoso e sempre estão associados a cambissolos háplicos que tendem a ser latossólicos ocupando o terço superior das vertentes e as feições côncavas das mesmas. A principal distinção entre os latossolos vermelhos e os vermelhos-amarelos é a cor principalmente devido à composição mineralógicas (FUNARBE, 2014).

#### ***3.1.4 Caracterização Climática***

Conforme a classificação de Koppen o município de Itabira localiza-se na região com clima do tipo Cwa, clima com duas estações bem definidas, uma quente e úmida durante as estações da primavera e verão e outra seca e fria com ocorrência no outono e inverno. O índice médio pluviométrico anual é de 1.471 mm e a temperatura média anual é em torno dos 20.4° C (CLIMATE-DATA, 2015).

Os principais centros de pressão atuantes na região de Itabira são o Anticiclone Semifixo do Atlântico Sul e o Anticiclone Polar Móvel. O primeiro é responsável pelas condições de bom tempo na região como insolação, altas temperaturas e ventos alísios, já o Anticiclone Polar Móvel é responsável pelas frentes frias provenientes do extremo sul do continente (SILVA, GARCIA e REIS, 2009).

Devido essas características o clima de Itabira está na faixa do clima tropical, sendo caracterizado por uma não conformidade climática, que possui relações pelas peculiaridades do relevo, que condicionam o fluxo das massas de ar entre outros fatores climatológicos (PMSB Itabira, 2016).

### **3.1.5 Caracterização da cobertura vegetal**

O município de Itabira está localizado entre os biomas Mata Atlântica e do Cerrado. As formações vegetais são representadas por Campos, Campos Rupestres, e Floresta Estacional Semidecidual. Sendo que as áreas com vegetação nativa compõem atualmente fragmentos florestais que correspondem a 24,4% da área total do município (PMSB Itabira, 2016).

Os fragmentos florestais estão dispersos por todo o município, principalmente concentradas nas áreas de maior declividade, principalmente, nas vertentes da Serra do Espinhaço localizada à oeste e nas regiões leste e sudeste do município e uma área localizada à nordeste do núcleo urbano.

Na região compreendida pelas APAs Piracicaba e Pureza os remanescentes de vegetação nativa são tipicamente do bioma Mata Atlântica caracterizadas por Florestas Estacionais Semidecíduais. Ressalta-se que a cobertura vegetal atual da área de estudo reflete o resultado da atuação humana sobre o meio ambiente, uma vez que, grande parte da cobertura vegetal original foi substituída pela exploração mineral, pastagens, reflorestamentos de eucaliptos e pela ocupação urbana (SILVA, 2007).

### **3.1.6 Caracterização hidrográfica**

O município de Itabira está totalmente inserido na bacia do Rio Doce. A área de drenagem da bacia do Rio Doce abrange 83.400 km<sup>2</sup>, dos quais 86% desta área pertencem a Minas Gerais e 14% ao Espírito Santo. O município é drenado por cursos d'água que formam dois grandes afluentes do Rio Doce: o Rio Piracicaba ao sul, e o Rio Santo Antônio ao norte do município (GEOAMBIENTE, 2003).

Na Sub-bacia do Rio Santo Antônio destacam-se os principais rios: Salgado, Rancharia, Jirau, Pari, Pião, Carmo, Conquista, Duas Barras, Derrubada, Turvo, Serra, Linhares, Tanque, Santana, Fuma, Macuco, Aliança e Demanda (GEOAMBIENTE, 2003).

Na Sub-bacia do Rio Piracicaba os principais rios são: Santa Bárbara, Peixe, São José, Chapada, Candidópolis, José Antônio, Cachoeira e Santa Cruz. (GEOAMBIENTE, 2003). Esta Sub-bacia, especificamente a micro-bacia do Candidópolis possui grande importância para o abastecimento público do município. O Anexo C ilustra as Bacias Hidrográficas do município de Itabira.

### 3.2 Características da APA Piracicaba

A APA Piracicaba corresponde à área da Sub-bacia do Rio Piracicaba no município de Itabira. O referido Rio nasce na serra do Espinhaço, na Serra do Caraça, Distrito de São Bartolomeu no município de Ouro Preto e deságua no Rio Doce no município de Ipatinga. Com uma extensão linear de 241 km, a bacia do Rio Piracicaba cobre uma área de 5.381 km<sup>2</sup> onde estão localizados 19 municípios, dos quais apenas 3 municípios possuem suas sedes fora da área da bacia. Em Itabira seus principais afluentes são o Rio Santa Bárbara, o ribeirão do Peixe e o ribeirão São José (GEOAMBIENTE, 2003).

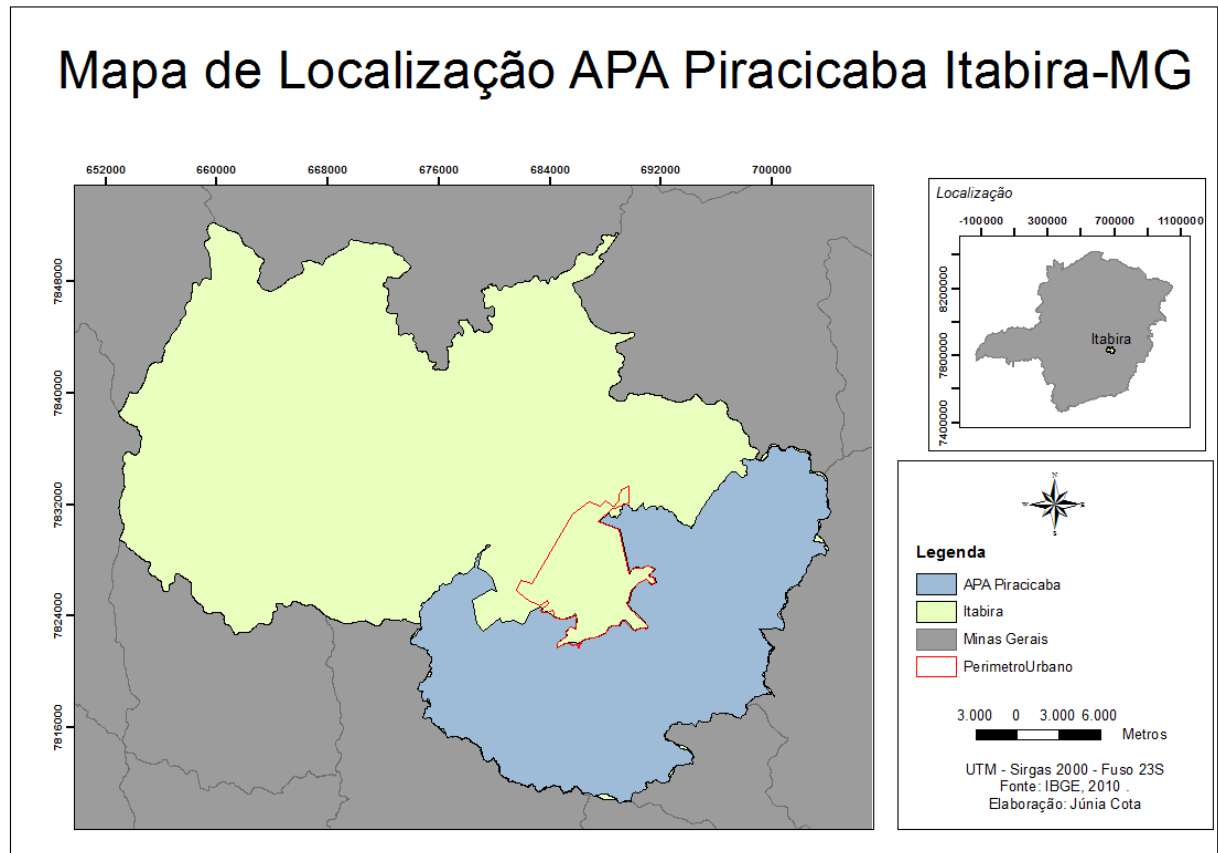
Em Itabira a degradação de um percentual significativo da cobertura vegetal, em diferentes segmentos de sua paisagem, assim como áreas de preservação permanente, levaram as autoridades do município à decisão de selecionar a área com melhores atributos, visando sua proteção (GEOAMBIENTE, 2003).

De acordo com o estudo da Geoambiente (2003), os objetivos de Itabira com a criação da Área de Proteção Ambiental (APA) Municipal Piracicaba foram:

- “- Proteger parte do seu patrimônio natural;
- Desenvolver estudos e pesquisas para obter informações necessárias a um trabalho de educação ambiental;
- Preservar atrações turísticas localizadas nos limites da área a ser protegida;
- 4 - Oferecer à ciência um campo de pesquisa no amplo espectro da conservação da natureza e de sua compatibilização com as atividades do setor produtivo. - -
- Trata-se de uma forma de organizar a ocupação de uma região – estruturada, economicamente, com base na mineração, silvicultura e agropecuária extensiva - assim como de proteger da degradação os últimos remanescentes florestais naturais e os seus recursos hídricos.
- Constitui, portanto, um instrumento de referência para programas e estudos ambientais” (GEOAMBIENTE, 2003).

A região se configura, também, como propícia à expansão das atividades de lazer, bem como de outras atividades econômicas, o que conduz à necessidade de planejar sua ocupação de maneira a assegurar a conservação, a preservação dos recursos naturais. Ao mesmo tempo, é indispensável cuidar da exploração adequada, compatibilizando a preservação da qualidade ambiental de vida de sua população com as exigências e demandas dos setores econômicos (GEOAMBIENTE, 2003). A Figura 7 ilustra a localização da APA Piracicaba.

Figura 7 - Localização da APA Piracicaba em Itabira.



A Área de Proteção Ambiental Municipal Piracicaba constitui uma unidade de conservação de uso sustentável e sua criação tem como objetivo a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica para a região. Entre os ecossistemas existentes na área, destacam-se as nascentes de cursos d'água formadores do Rio Piracicaba, um dos principais afluentes do Rio Doce, e os remanescentes de florestais típicas da Mata Atlântica.

Ressalta-se que o território APA Piracicaba também é composto pelas UCs de Proteção Integral Parque Municipal Ribeirão São José e Reserva Biológica Mata do Bispo, instituídas em 1998. Além dessas o Projeto Mosaico de Itabira contempla o projeto de outra UC, ao sul da Piracicaba, denominada “Morro do Chapéu”. Ambas as áreas são compostas por remanescentes florestais de Mata Atlântica.

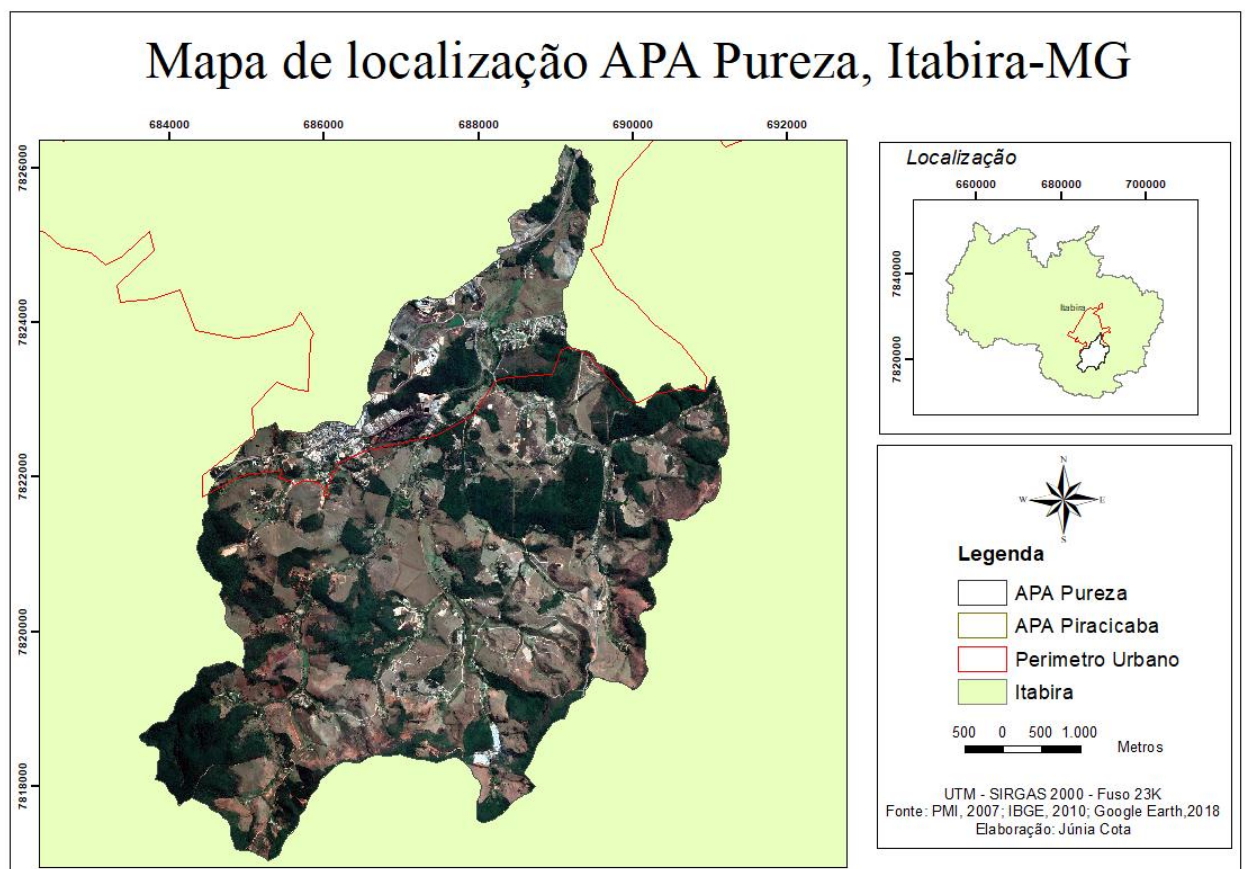
### 3.3 APA Pureza

A Lei Municipal nº 3547/2000 “Declara áreas de Proteção Ambiental os mananciais de abastecimento público do Município de Itabira e seus afluentes e dá outras providências”. Esta lei cria a Áreas de Proteção Ambiental sob a denominação de APA Pureza abrangendo a bacia de contribuição do Córrego Candidópolis e seus afluentes.

A APA Pureza contempla uma área tanto rural quanto urbana do município de Itabira. A área total da APA é de 3.373 ha, sendo que 18% dessa área, ou seja, 624,76 ha, pertence ao perímetro urbano. A APA é delimitada pela microbacia do Ribeirão Candidópolis pertencente à sub-bacia do Rio Piracicaba.

A Lei nº 3547/2000 tem como objetivo a proteção das áreas de mananciais do município. A criação da APA Pureza no ano 2000 foi uma maneira da gestão municipal limitar a ocupação da área visando à proteção do manancial. A Figura 8 ilustra a localização da APA no município de Itabira.

Figura 8 - Localização da APA Pureza em Itabira.



A microbacia do Ribeirão Candidópolis é constituída por cinco córregos: Candidópolis, Contendas, Vista Alegre, Barreiro e Córrego do Meio. De acordo com Santos (2008) esse manancial é de suma importância para Itabira devido à proximidade do centro de consumo e por ser responsável pelo abastecimento de aproximadamente 55% da população urbana.

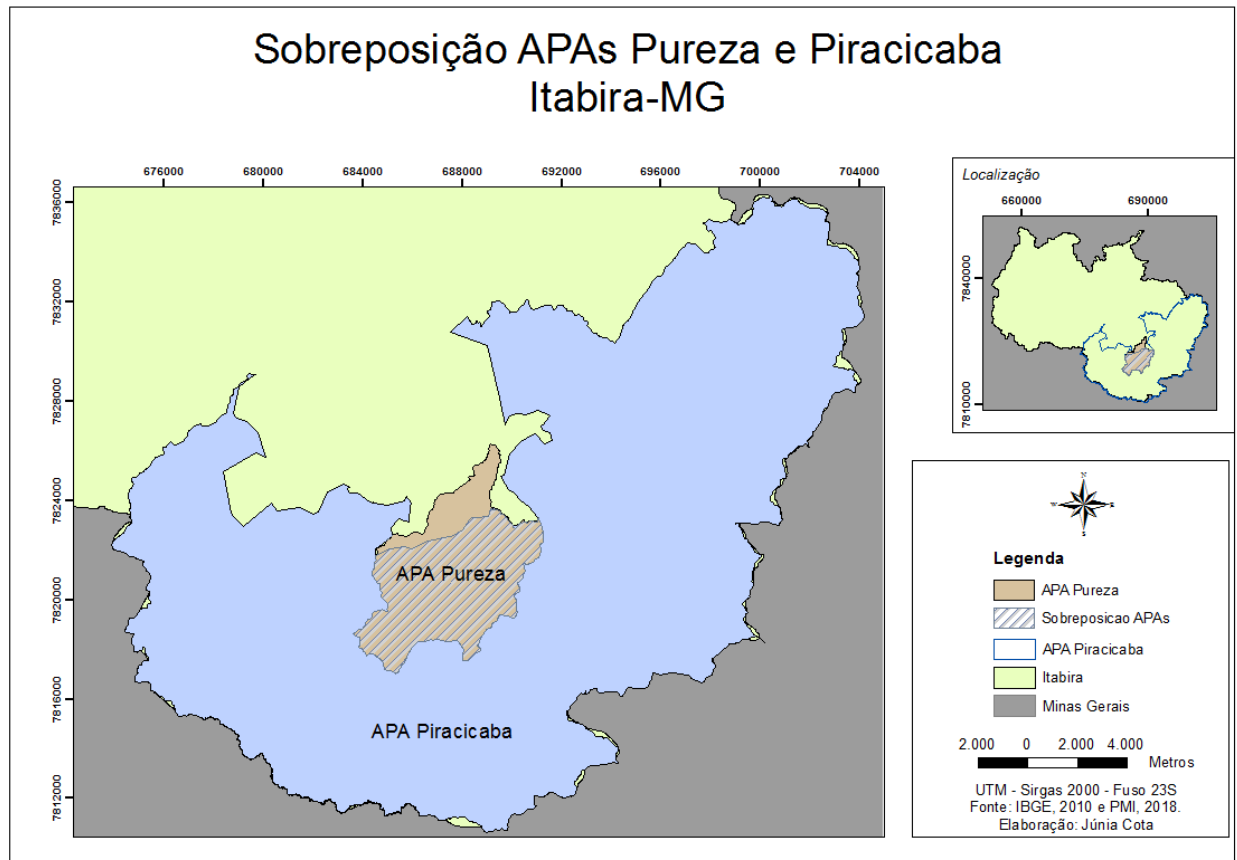
Ressalta-se a Deliberação Normativa COPAM nº 09, de 19 de abril de 1994, que dispõe sobre o enquadramento da Bacia do Rio Piracicaba, em que o Córrego Candidópolis, das nascentes até a confluência com o Rio do Peixe é classificado como Classe 1 de acordo com a classificação das águas da Bacia do Rio Piracicaba. Segundo a Resolução CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005 Art. 4, inciso II descreve a Classe 1 como águas que podem ser destinadas a:

- “a) ao abastecimento para consumo humano, após tratamento simplificado;
- b) à proteção das comunidades aquáticas;
- c) à recreação de contato primário, tais como natação, esqui aquático e mergulho, conforme Resolução CONAMA no 274, de 2000;
- d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de película; e
- e) à proteção das comunidades aquáticas em Terras Indígenas” (CONAMA, 2005).

Entretanto o uso e ocupação da microbacia do Candidópolis destacam-se pela grande remoção da cobertura florestal nativa para implantação de atividades mineradoras, agropecuárias, urbanização e instalação de indústrias. O processo de urbanização desta microbacia ocorreu de forma progressiva e modificou os elementos da paisagem, criando assim novos ecossistemas. Em Itabira várias indústrias estão localizadas nos distritos industriais, concentrados à montante dos mananciais do Candidópolis (SANTOS, 2008).

Ressalta-se que em 2004 com a criação da APA Piracicaba ocorreu uma sobreposição de grande parte da área da APA Pureza, sendo que as duas UCs são de uso sustentável e assim possuem os mesmos objetivos. A Figura 9 mostra a sobreposição entre as APAS Pureza e Piracicaba.

Figura 9 - Sobreposição entre as APAs Pureza e Piracicaba no município de Itabira.



### 3.4 Materiais e Métodos

#### 3.4.1 Materiais

Os materiais utilizados no desenvolvimento deste trabalho, no que se refere a composição e processamento dos dados são:

- a) Imagem LANDSAT TM órbita 217, ponto 074 de 28/08/1999 resolução espacial de 30 m.
- b) Imagem LANDSAT OLI órbita 217, ponto 074 de 01/09/2018 resolução espacial de 30 m.
- c) Imagem de radar SRTM obtida gratuitamente por meio do *United States Geological Survey – USGS*, correspondente a 1 arco de segundo, folha S20W044V3, resolução espacial de 30 m e elipsoide de referência WGS84.

- d) Shapes dos limites vetoriais das APAs Piracicaba, Pureza, do perímetro urbano, da hidrografia da APA Piracicaba e da Bacia do Ribeirão Candidópolis obtidos junto à Superintendência de geoprocessamento da PMI.
- e) Shapes dos limites municipais, das estradas e ferrovias obtidos junto ao IBGE.
- f) Imagens do *Google Earth Pro* de 07/10/2005 e 03/10/2018
- g) Carta de Itabira SE-23-Z-D na escala 1:100.0000 obtida junto ao IBGE.
- h) Software ArcGis 10.2

### 3.4.2 Métodos

Para atingir os objetivos desse estudo foram realizados levantamentos bibliográficos referentes ao assunto em livros, teses, dissertações e demais fontes que tratam do tema. Coletaram-se dados na Prefeitura Municipal e no IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), para a caracterização socioeconômica do município de Itabira-MG, e informações referentes às Unidades de Conservação. Para verificação dos dados foram realizados trabalhos de campos em agosto de 2018 e janeiro de 2019.

### 3.4.3 Mapas de uso e ocupação

Para elaborar a composição, das imagens *LANDSAT* dos anos de 1999 e 2018, foram utilizadas imagens adquiridas gratuitamente no Catálogo de Imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), do sensor *Thematic Mapper* (TM) de 30 m de resolução espacial, do satélite *LANDSAT 5*, antes da implantação da APA Piracicaba, e *LANDSAT 8*, 18 anos após a implantação, na mesma órbita/ponto. A geração do banco de dados, processamento e análise das imagens de satélite foi utilizado *software ArcGis 10.2*.

Para as imagens referentes ao ano de 1999 foi utilizada a composição colorida 3(R) 4(G) 5(B) correspondente ao sensor TM. Já para imagens de 2018 foi utilizada composição 6(R) 5(G) 4(B), correspondente aos parâmetros do sensor OLI, conforme Figuras 10 e 11. Para a escolha das imagens foram consideradas também as características da área em estudo (parte da região plana e parte acidentada). Assim como, selecionadas as imagens na mesma época, o inverno, devido a menor incidência de nuvens nesta época, facilitando a obtenção de imagens sem a presença das mesmas.

Figura 10 - Composição 3(R) 4(G) e 5(B) APAs Pureza e Piracicaba -1999.

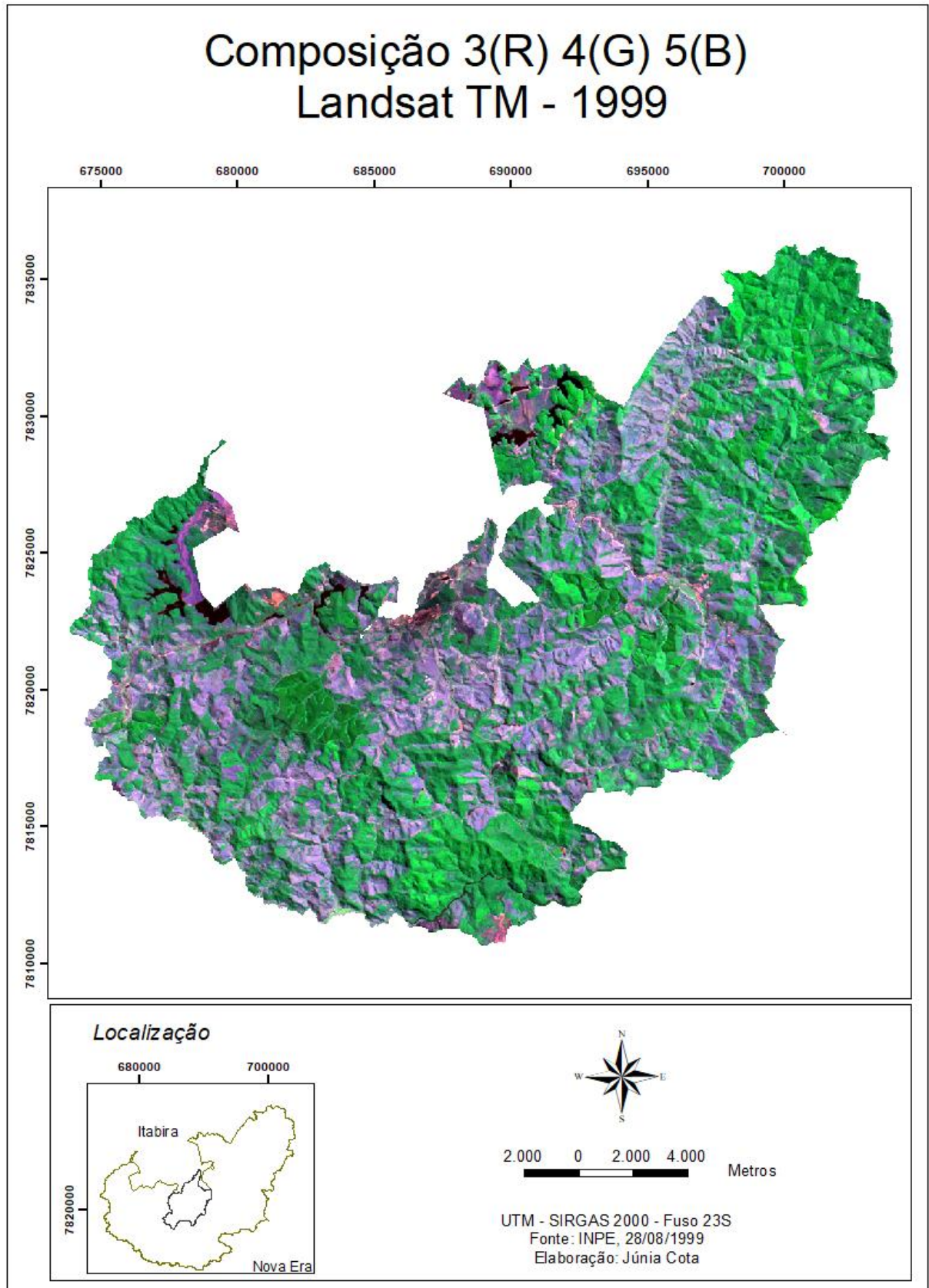
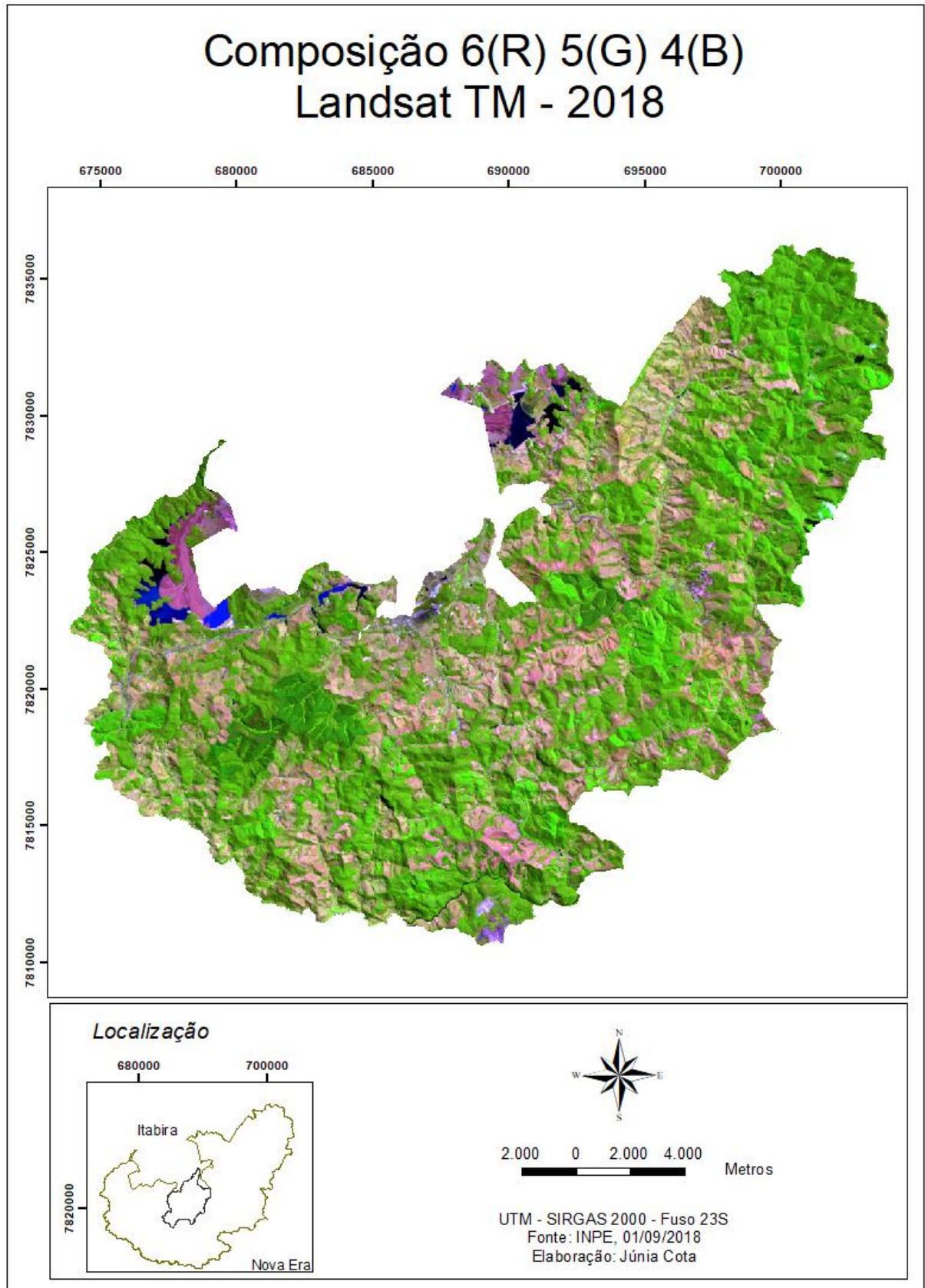


Figura 11 - Composição 6(R) 5(G) e 4(B) APAs Pureza e Piracicaba - 2018.



A elaboração dos mapas ocorreu pelo método de classificação manual a partir da digitalização, o qual consiste na capacidade analítica do executor de diferenciar as feições representadas nas imagens a partir da avaliação do padrão e forma da feição, cor, tonalidade e rugosidade, sendo necessário o conhecimento e familiaridade com a área de estudo (ABBURU e BABU GOLLA, 2015). O primeiro passo foi garantir que todas as camadas estivessem no Sistema de Projeção Sirgas 2000 - Zona 23S, sistema de projeção oficial do Brasil e a zona correspondente à área de estudo. Posteriormente foram criadas as camadas e geradas 6 (seis) classes: vegetação, mineração, área urbana, pastagem, solo exposto e água.

Para validação dos resultados obtidos foi construída uma matriz de erro, para atestar a eficiência do método empregado. A fim de construir a matriz foi criado um arquivo de teste a partir das imagens de alta resolução espacial disponível na base do *Google Earth*. O arquivo contém 200 pontos amostrais distribuídos em toda área de estudo, com a informação relativa ao uso foi realizada a extração de valores do mapa de uso do solo no ano de 2018 e com uma amostragem de 160 pontos para o ano de 1999.

Em posse da matriz, foi possível obter índices que permitiram atestar a eficácia alcançada, como Índice Global (Equação 1) e o Índice Kappa (Equação 2).

$$IG = \frac{\sum_{i=1}^r x_{ii}}{N} \quad (1)$$

Em que:

IG: Índice Global;

r: número de classes na matriz;

x<sub>ii</sub>: número de unidades amostrais classificados corretamente.

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^r x_{ii} - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})}{N^2 - \sum_{i=1}^r (x_{i+} \times x_{+i})} \quad (2)$$

Em que:

K: Coeficiente Kappa;

r: número de linhas da matriz de erro;

x<sub>ii</sub>: número de observações na linha e coluna i;

x<sub>i+</sub> e x<sub>+i</sub>: totais marginais da linha i e coluna i, respectivamente;

N: número total de unidades amostrais contemplada pela matriz.

O índice Kappa permite avaliar o método utilizado levando em consideração a matriz como um todo e não apenas os acertos representados na diagonal principal, para isso analisa-se seu resultado que está compreendido em um intervalo de -1 a 1, de forma que quanto mais próximo do limite superior maior a precisão do método utilizado e para avaliação dos resultados obtidos utilizando a metodologia Kappa.

#### **3.4.4 Delimitação das APPs na APA Pureza**

Para a composição do banco de dados foram utilizados os arquivos *shapes* da delimitação da APA Pureza, delimitação do perímetro urbano municipal, rede hidrográfica do município, fornecidos pela Superintendência de Geoprocessamento do Município de Itabira e o MDE gerado a partir do SRTM.

A imagem de radar SRTM das APA Pureza foi obtida gratuitamente por meio do *United States Geological Survey – USGS*, Levantamento Geológico dos Estados Unidos. Como a imagem *SRTM* adquirida tem como referência o elipsoide WGS84 foi realizada a mudança da referência espacial para Sirgas 2000-UTM-zona 23S, de modo a padronizar para o *Datum* oficial brasileiro.

Com o objetivo de correção de falhas o MDE SRTM foi reclassificado, a partir da ferramenta *Reclassify* do *ArcGis*, atribuindo-se o valor zero para os *pixels* nulos. Posteriormente foi utilizado o algoritmo *Fill Sinks* para preencher depressões e erros e assim foi gerado um novo Modelo Digital de Elevação.

Para a elaboração das APP cursos d'água foram utilizados os dados da rede hidrográfica municipal a partir estudo realizado pelo IGA – Instituto de Geociências Aplicadas, em 2007 para o Projeto Mosaico, em escala de 1:10.000. A hidrografia foi delimitada a partir dos dados da carta de Itabira SE-23-Z-D obtida no IBGE e verificada parcialmente em campo pelo Instituto.

Considerando a legislação no que diz respeito à área urbana e rural, para essa análise, será considerado o que tange às Áreas de Preservação Permanente no Código Florestal Mineiro, Lei nº 20.922/2013 em seu Art. 9 conforme Quadro 2.

Quadro 2- Áreas consideradas Áreas de Preservação Permanente

TIPO DE APP	DELIMITAÇÃO	APP
Cursos d'água	Largura do curso d'água (m)	Faixa marginal (m)
	Menor que 10 m	30 m
	10 – 50 m	50 m
Nascentes e os olhos d'água	Raio de 50 m	
Lagos e lagoas naturais	Localização	Faixa marginal (m)
	Zona urbana	30 m
	Zona rural corpo d'água seja inferior a 20 há	50 m
	As áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa de proteção definida na licença ambiental do empreendimento. Nas acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1ha (um hectare), fica dispensada a reserva da faixa de proteção prevista nos incisos II e III do caput.	
Declividade > 45°	As encostas ou partes destas com declividade superior a 45° (quarenta e cinco graus), equivalente a 100% (cem por cento), na linha de maior declive.	

Fonte: Adaptado de Minas Gerais, 2013.

Nos dados disponíveis não há delimitação das nascentes, e segundo a legislação são áreas que possuem APP com 50 m de raio. Para essa situação foi criado um *shape* com as nascentes considerando o sentido do fluxo. Posteriormente, foram delimitadas as APP's de cursos d'água com 30m e com 50m para as nascentes. Com as ferramentas do *ArcGis* 10.2 realizou-se a interação das APPs de forma a não contabilizar áreas sobrepostas.

Para a delimitação das APPs de declividade foi utilizado o MDE e foi realizado o cálculo da declividade em graus. Em seguida, foi definida a área de APP de superior a 45°, assim a essa seleção foi transformada de *raster* para vetor com a ferramenta *raster to Polygon*, gerando o *shape* das APPs de declividade da APA Pureza.

A análise do crescimento das áreas de APPs foi subsidiada pelas imagens do *Google Earth Pro* de 07/10/2005 e 03/10/2018. As imagens foram selecionadas por ser a primeira na série histórica do Google e a mais recente correspondente a ao mês de outubro.

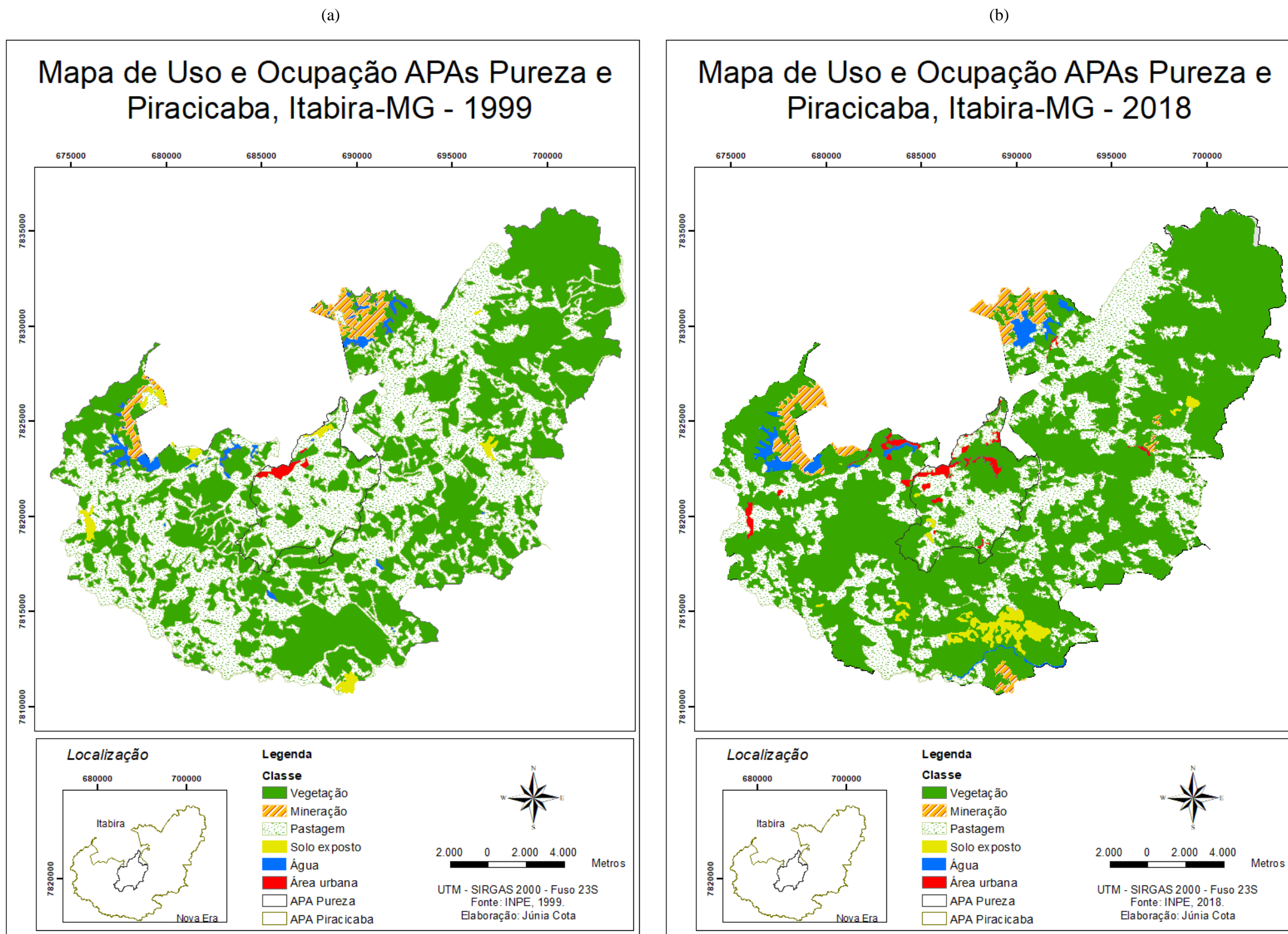
Com a classificação da imagem *LANDSAT OLI* 8 do ano de 2018 foi gerada a confrontação com as áreas de APP e confeccionado o mapa de conflito de uso na APA Pureza.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **4.1 Classificação Supervisionada imagens *LANDSAT TM 5* e *LANDSAT OLI 8***

A partir das composições realizadas foram gerados mapas com 6 (seis) classes de uso e ocupação do solo: mineração, pastagem, solo exposto, água, vegetação (nativa e plantada) e área urbana. A Figura 12 apresenta a classificação referente ao uso e ocupação das APAs Piracicaba e Pureza dos anos de 1999 e 2018.

Figura 12 – Mapa do uso e ocupação das APAs Piracicaba e Pureza dos anos de 1999 (a) e 2018(b).

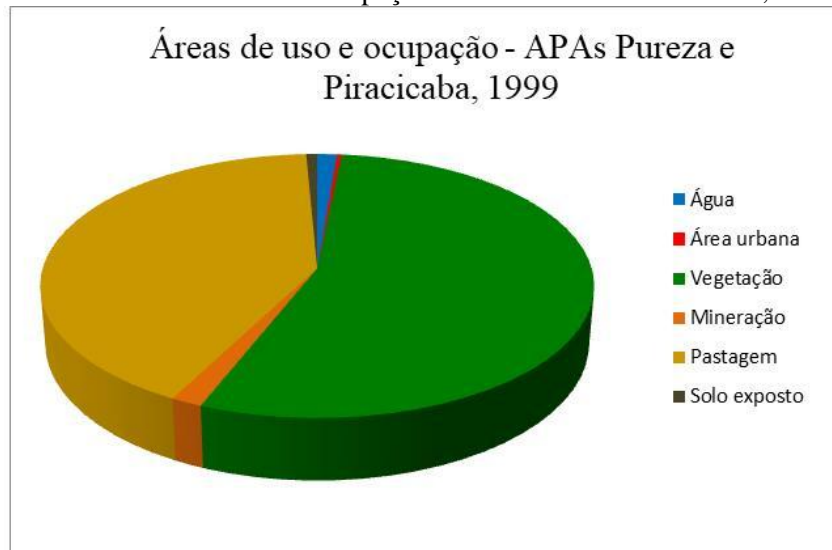


As áreas foram quantificadas, em hectares, com o intuito de verificar o percentual de cada classe e a comparação com a área total do limite vetorial. Na Tabela 1 e no Gráfico 1 pode ser observada a relação para o ano de 1999.

**TABELA 1 - Áreas de uso e ocupação - APAs Pureza e Piracicaba, 1999**

<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área APAs (%)</b>
Água	522	1,3
Área urbana	112	0,3
Vegetação	21.468	54,5
Mineração	643	1,6
Pastagem	16.398	41,6
Solo exposto	284	0,7
<b>Total</b>	<b>39.427</b>	<b>100</b>

Gráfico 1: Áreas de uso e ocupação - APAs Pureza e Piracicaba, 1999



Em relação à área total das APAs, percebe-se que as classes “vegetação e pastagem”, no ano de 1999, são as classes predominantes, com percentuais de 54,5% e 41,6%

respectivamente. Ressalta-se que em 1999 época ainda não tinham sido criadas as APAs Piracicaba e Pureza, mas em 1998 foram criadas as UCs de Proteção Integral Parque Municipal do Ribeirão São José e Reserva Biológica Mata do Bispo, ambas caracterizadas por maciços florestais de relevância na área, localizadas na porção nordeste da APA Piracicaba. Nota-se que as áreas de mineração verificadas na borda ao norte da Figura 16 se referem à área do Complexo Itabira.

É notável que a classe “área urbana” foi detectada no território correspondente à APA Pureza. Verifica-se que antes mesmo da implantação da APA já existia um processo de urbanização na região.

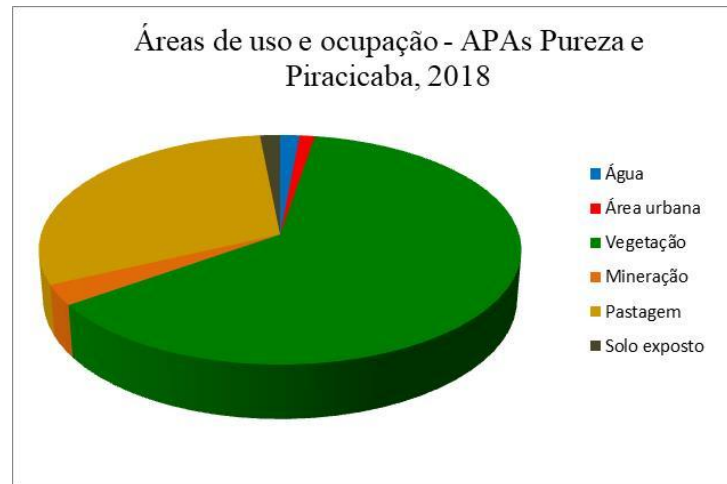
Em relação à classe “água” foi possível classificar algumas lagoas e barragens destinadas à atividade minerária. Com a pesquisa, infere-se que a região das APAs é drenada, principalmente por córregos. Destaque para o Ribeirão Candidópolis principal curso d’água, no qual sua bacia hidrográfica compreende a área da APA Pureza. Ao sul da APA Piracicaba é possível verificar o rio Santa Barbara que percorre uma pequena porção do território.

Ao analisar o mapa de uso e ocupação do solo gerado para 2018, nota-se que as classes “vegetação e pastagem” continuam sendo as mais representativas nas APAs conforme ilustra na Tabela 2 e no Gráfico 2.

TABELA 2 - Áreas de uso e ocupação - APAs Pureza e Piracicaba, 2018

<b>Classe</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>Área APAs (%)</b>
Água	585	1,5
Área urbana	454	1,2
Vegetação	24659	62,5
Mineração	1135	2,8
Pastagem	11991	30,5
Solo exposto	603	1,5
<b>Total</b>	<b>39.427</b>	<b>100</b>

Gráfico 2 - Áreas de uso e ocupação - APAs Pureza e Piracicaba, 2018



No que diz respeito à abrangência de cada área pode-se observar os resultados a partir da Tabela 3, a qual apresenta os dados comparativos de área das classes avaliadas no estudo.

TABELA 3: Comparativo de área para o Mapa de uso

Classe	1999 (ha)	2018 (ha)	Diferença (ha)	(%) Relativa
Água	522	585	63	+ 12,07
Área urbana	112	454	342	+ 305,36
Vegetação	21.468	24.659	3.191	+ 14,86
Mineração	643	1135	492	+ 76,52
Pastagem	16.398	11.991	-4.407	- 26,88
Solo exposto	284	603	319	+ 112,32

Percebe-se com a comparação que a classe vegetação APAs sofreu alterações ao longo dos anos, sendo sua descaracterização resultado das atividades agropecuárias, extrativistas, produção mineral e também com a ocupação urbana. Entretanto, entre 1999 e 2018 houve um acréscimo de área para a classe vegetação. É possível inferir que a criação de UCs, principalmente, as de Proteção Integral, contribuíram para a preservação da vegetação no território da APA Piracicaba. Ressalta-se que não foi possível separar nesta classe, a vegetação plantada e nativa, devido a confusões para identificação das áreas de culturas no município. Com as pesquisas na Secretaria de Meio Ambiente de Itabira, e no reconhecimento em campo da área, foi possível verificar a presença de áreas reflorestadas com eucaliptos e

pinus no município. A atividade de silvicultura ocorre principalmente devido às características do solo e relacionadas às demandas industriais regionais, que utilizam celulose e carvão em seus processos produtivos.

É notável também que a região das APAs, assim como todo município de Itabira, não apresenta expressividade na área agrícola. Não foi possível identificar áreas de cultivos na área de estudo das principais atividades econômicas são a mineração e o setor industrial.

Com a comparação dos anos foi constatado um aumento significativo da classe “mineração” com um acréscimo de 492 ha no ano de 2018. Destaque para as minerações das empresas Belmont, na porção leste, da empresa Arcelor Mittal na porção sul e a expansão das áreas de mineração da empresa Vale S/A, no Complexo Itabira, principalmente com o projeto da Mina de Conceição.

Em relação às pastagens, nos anos analisados, nota-se que na área das APAs esse uso, em relação percentual, manteve-se como uma das classes mais expressivas. Em relação ado uma redução de 26,87% (4.407 ha) da classe pastagem. Contudo, como é notável no mapa de uso e ocupação, há uma grande área na porção norte/nordeste da APA Piracicaba, caracterizada por pastagens. Em campo ainda foi possível verificar que em sua maioria as pastagens se encontram degradadas, destaque para a localidade rural denominada “Pedros”. A Figura 13, ilustra um exemplo de pastagem degradada na localidade dos “Pedros” pertencente a APA Piracicaba.

Figura 13 - Localidade dos “Pedros” APA Piracicaba, Itabira-MG.



Fonte: Google Earth Pro, 2017.

A região dos “Pedros”, na APA Piracicaba, é caracterizada por pastagens que estão com intensos processos erosivos/ravinas e área com processo de voçorocamento. Foi verificada que a localidade é caracterizada por escorregamentos em áreas de pastagens assim como erosões causadas pela exploração de cascalho de maneira irregular, conforme pode ser observado nas Figuras 14 e 15.

Figura 14 - Processos de voçorocamento em áreas de pastagens degradadas na APA Piracicaba



Figura 15 - Processos de ravinamento em áreas de pastagens degradadas na APA Piracicaba.



Devido aos passivos identificados na localidade dos “Pedros”, infere-se que as intervenções antrópicas na região foram realizadas sem maiores critérios ou medidas de controle e prevenção, o que levou ao processo de degradação da área.

Comparando a classe “área urbana” verifica-se um crescimento expressivo que equivale a 305,36% da área de 1999. Tal crescimento é observado, em grande parte, na área da APA Pureza. Esse fato é devido ao crescimento da urbanização, principalmente, no bairro denominado Barreiro, com ocupações irregulares. Com as atividades industriais. A Figura 16 mostra a entrada do Distrito Industrial de Itabira, criado em meados da década de 1980, localizado no APA Pureza que segundo dados de 2018 da Secretaria de Desenvolvimento Econômico de Itabira, abriga 62 indústrias.

Figura 16 - Distrito Industrial de Itabira.



#### ***4.1.1 Acurácia da Classificação***

A partir da matriz de erro construída com 160 pontos de amostragem referente ao ano de 1999, representada pela Tabela 4, obteve-se os índices para atestar a acurácia do método empregado. O Índice Global, parâmetro que segundo Marujo e outros (2017) permite avaliar a porcentagem de acerto do mapa que representou 83,13%, já o índice Kappa retornou um valor de 0,77.

Tabela 4 - Matriz de erro 1999

<b>Agrupamento</b>	<b>água</b>	<b>mineração</b>	<b>Pastagem</b>	<b>urbana</b>	<b>solo exposto</b>	<b>Mata</b>	<b>Total</b>	<b>Erro de Inclusão</b>
<b>Água</b>	<b>9</b>	1	4	0	0	1	15	<b>40,00%</b>
<b>Mineração</b>	1	<b>14</b>	1	0	3	1	20	<b>30,00%</b>
<b>Pastagem</b>	0	0	<b>50</b>	0	0	0	50	<b>0,00%</b>
<b>Urbana</b>	0	0	2	<b>6</b>	1	1	10	<b>40,00%</b>
<b>Solo exposto</b>	0	1	8	1	<b>5</b>	0	15	<b>66,67%</b>
<b>Mata</b>	0	0	1	0	0	<b>49</b>	50	<b>2,00%</b>
<b>Total</b>	10	16	66	7	9	52	<b>Total</b>	<b>Acerto Global</b>
<b>Erro de Omissão</b>	<b>10,00%</b>	<b>12,50%</b>	<b>24,24%</b>	<b>14,29%</b>	<b>44,44%</b>	<b>5,77%</b>	<b>160</b>	<b>83,13%</b>

Ainda na matriz podem-se obter os erros de inclusão, quando determinada feição representada no mapa está incluída em uma classe a qual não pertence, e o erro de omissão, quando a feição é excluída da classe a qual pertence, esses erros dizem respeito aos parâmetros de avaliação, acurácia do usuário e a acurácia do produtor respectivamente (FRANCISCO e de ALMEIDA, 2012).

Percebe-se que a classe pastagem apresentou um maior valor de erro de omissão, ou seja, feições pertencentes a classes diferentes tiveram suas áreas omitidas como área de pastagem. Enquanto o erro de inclusão é mantido pela classe Solo Exposto, 66,67%, uma vez que as áreas correspondentes a essa classe foram incluídas e outras classes de maneira equivocada.

A partir da matriz de erro construída para o produto referente ao ano de 2018 com 200 amostras, representada pela tabela 5, obteve-se os índices para atestar a acurácia. O Índice Global representou 90,50%, já o índice Kappa retornou um valor de 0,88. Percebe-se como avaliado para o ano de 1999, a classe pastagem apresentou um maior valor de erro de omissão, ou seja, feições pertencentes a classes diferentes tiveram suas áreas omitidas como área de pastagem. Já a classe vegetação não apresentou essa modalidade de erro, o que nos leva a considerar a facilidade de se identificar corpos florestais e demais fragmentos a partir da composição colorida realizada nas imagens de satélite.

TABELA 5 - Matriz de erro 2018

<b>Agrupamento</b>	<b>Água</b>	<b>Mineração</b>	<b>Pastagem</b>	<b>Urbana</b>	<b>Solo exposto</b>	<b>Vegetação</b>	<b>Total</b>	<b>Erro de Inclusão</b>
<b>Água</b>	27	1	0	0	0	2	30	<b>10,00%</b>
<b>Mineração</b>	0	29	0	0	0	1	30	<b>3,33%</b>
<b>Pastagem</b>	0	0	47	0	0	3	50	<b>6,00%</b>
<b>Urbana</b>	0	1	0	17	0	1	19	<b>10,53%</b>
<b>Solo exposto</b>	0	0	10	0	11	0	21	<b>47,62%</b>
<b>Vegetação</b>	0	0	0	0	0	50	50	<b>0,00%</b>
<b>Total</b>	27	31	57	17	11	57	<b>Total</b>	<b>Acerto Global</b>
<b>Erro de Omissão</b>	<b>0,0%</b>	<b>6,45%</b>	<b>17,54%</b>	<b>0,00%</b>	<b>0,00%</b>	<b>12,28%</b>	200	<b>90,50%</b>

Pela Tabela 5 pode-se observar a baixa incidência de erros alcançada pelo método utilizado. Observa-se que as classes água, área urbana e solo exposto não apresentaram erros de omissão, o que significa uma boa acurácia do produtor, o que também se pode interpretar como a ausência de falsos negativos, ou seja, classes pertencentes ao agrupamento representado na linha da tabela e que foram omitidas nas demais classes representadas pela coluna. Entretanto a classe pastagem agregou o maior índice deste erro com 17,54%, o que representa a porcentagem de classes que foram classificadas como pastagem erroneamente.

O erro de inclusão é outro parâmetro obtido pela matriz de confusão, e diz respeito a acurácia do usuário, onde a classe solo exposto apresentou os maiores índices deste parâmetro com 47,62% de seus dados amostrais demonstrando que suas áreas estão inclusas em outras classes as quais não pertencem, podendo interpretar como falsos positivos.

Percebe-se então que apesar dos diferentes valores obtidos durante a avaliação para os dois períodos, as dificuldades para ambos se repetem, o que nos permite interpretar que as dificuldades encontradas estão relacionadas as características das feições que representam as classes, responsáveis por valores mais significativos nos erros encontrados. Vale destacar também, que a escala de trabalho e a resolução das imagens tem papel fundamental na execução dos procedimentos, uma vez que uma melhor resolução permite um trabalho em uma escala mais detalhada, e por sua vez um resultado ainda mais satisfatório, pode-se observar na leve discrepância dos resultados para 2018 e 1999.

## 4.2 Delimitação de APP's na APA Pureza

A partir dos dados fornecidos pela SGE0 da Prefeitura de Itabira foi possível elaborar o mapa de hidrografia das APAs Piracicaba e Pureza, conforme Figuras 17 e 18.

Figura 17 - Hidrografia Piracicaba de Itabira-MG

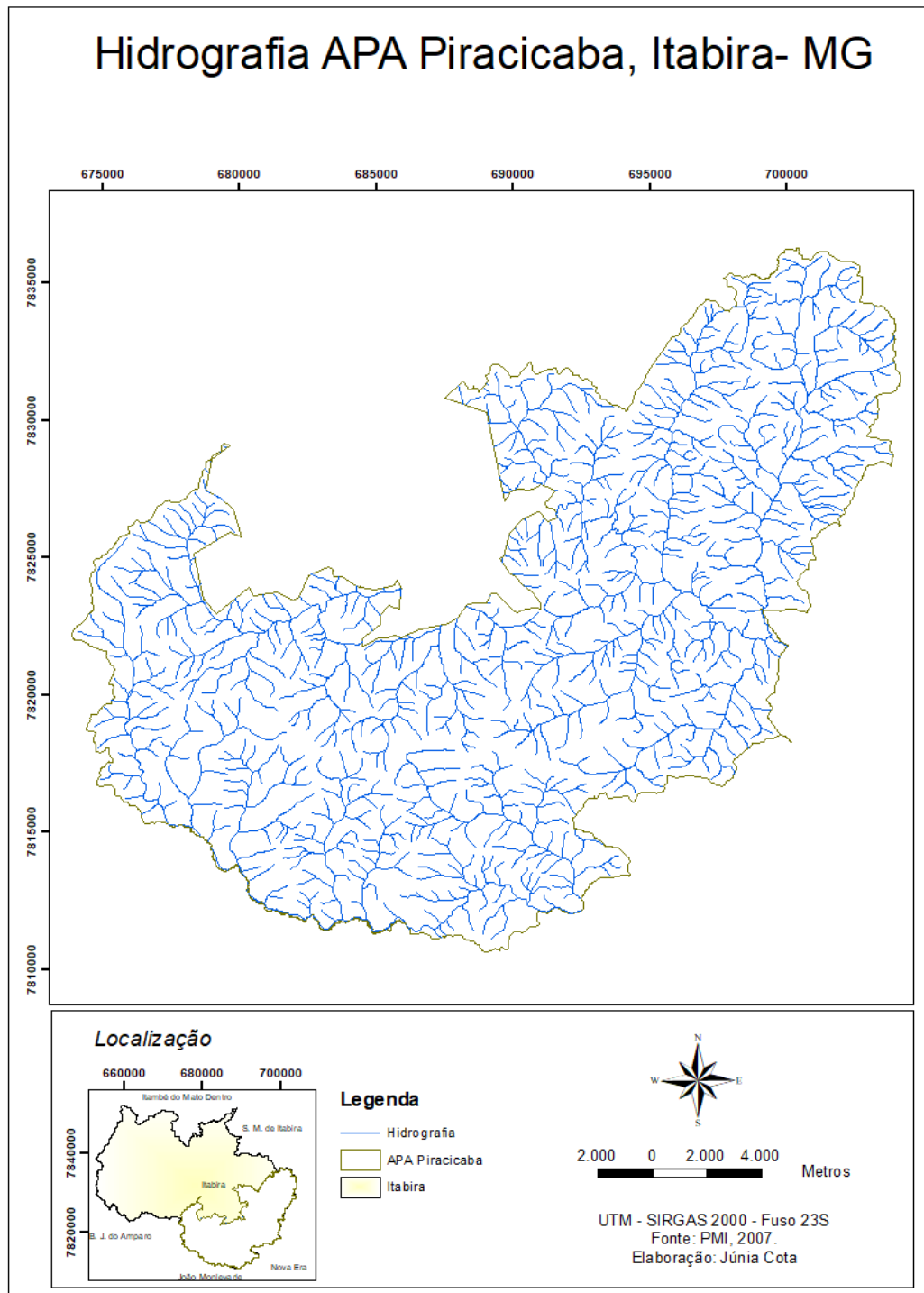
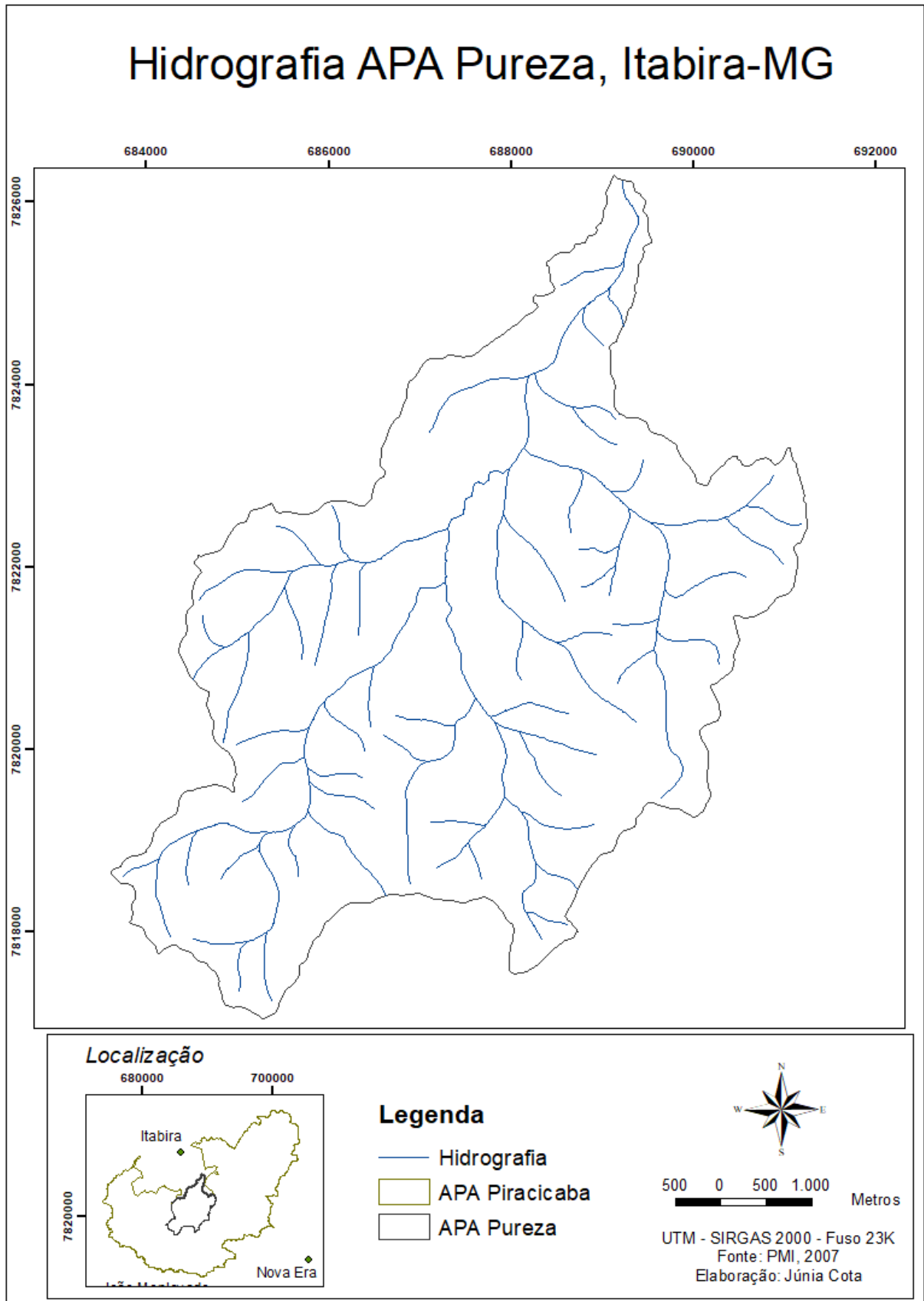


Figura 18 - Hidrografia APA Pureza

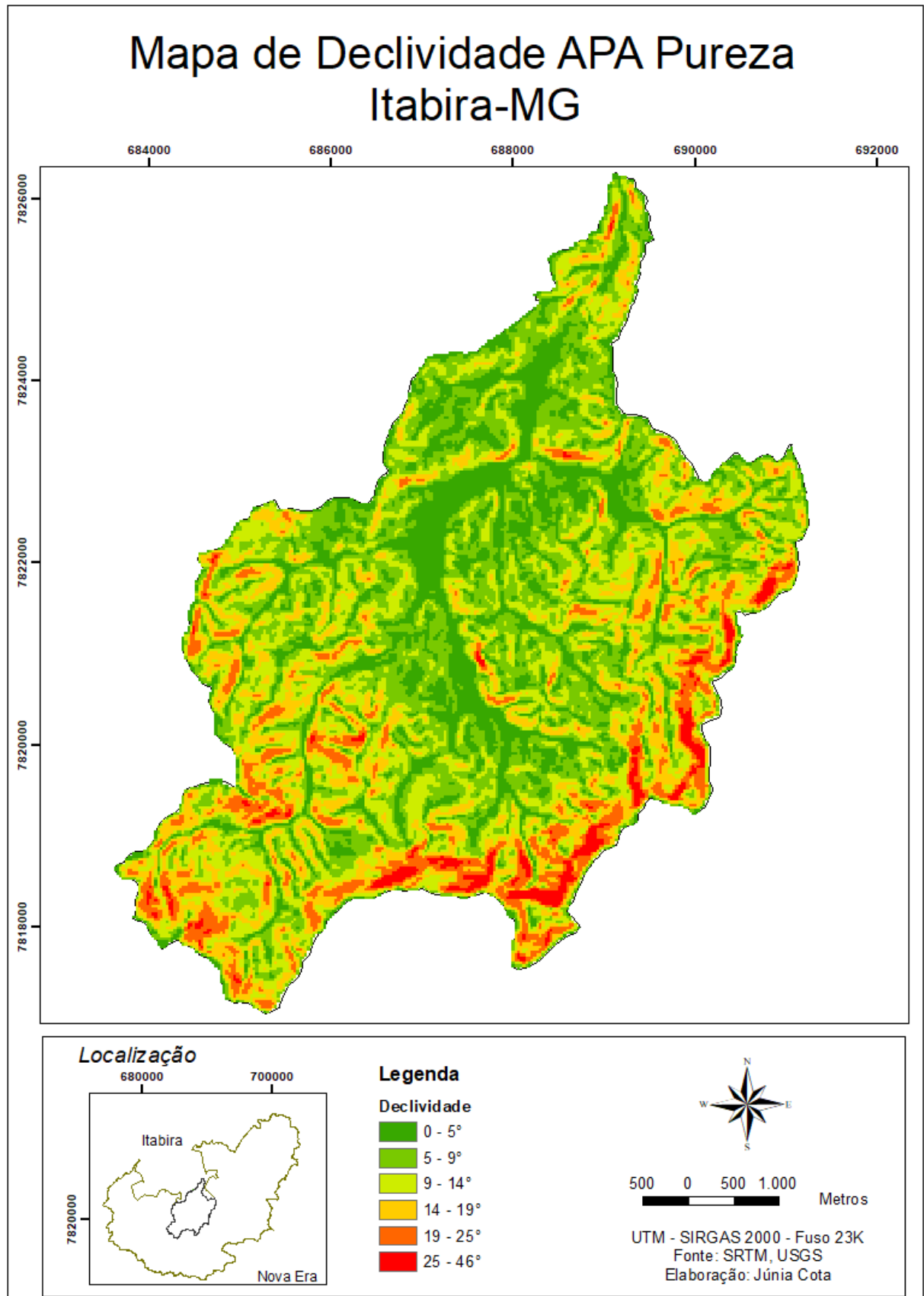


Foi possível identificar, a partir da hidrografia gerada e em conjunto com a pesquisa realizada na PMI, que não há curso d'água com largura superior a 10 metros mesmo em períodos chuvosos. Na bacia do Ribeirão Candidópolis destacam-se pequenos cursos d'água e nascentes que são responsáveis pelo abastecimento público.

Ressalta-se que não foi reconhecido no campo e pelas imagens orbitais nenhuma acumulação natural ou artificial de água com superfície superior a 1 ha (um hectare), desta forma não há APP desta categoria na área estudada conforme Art. 9º § 5º do Código Florestal Mineiro em que “nas acumulações naturais ou artificiais de água com superfície inferior a 1ha (um hectare), fica dispensada a reserva da faixa de proteção...” (MINAS GERAIS, 2013).

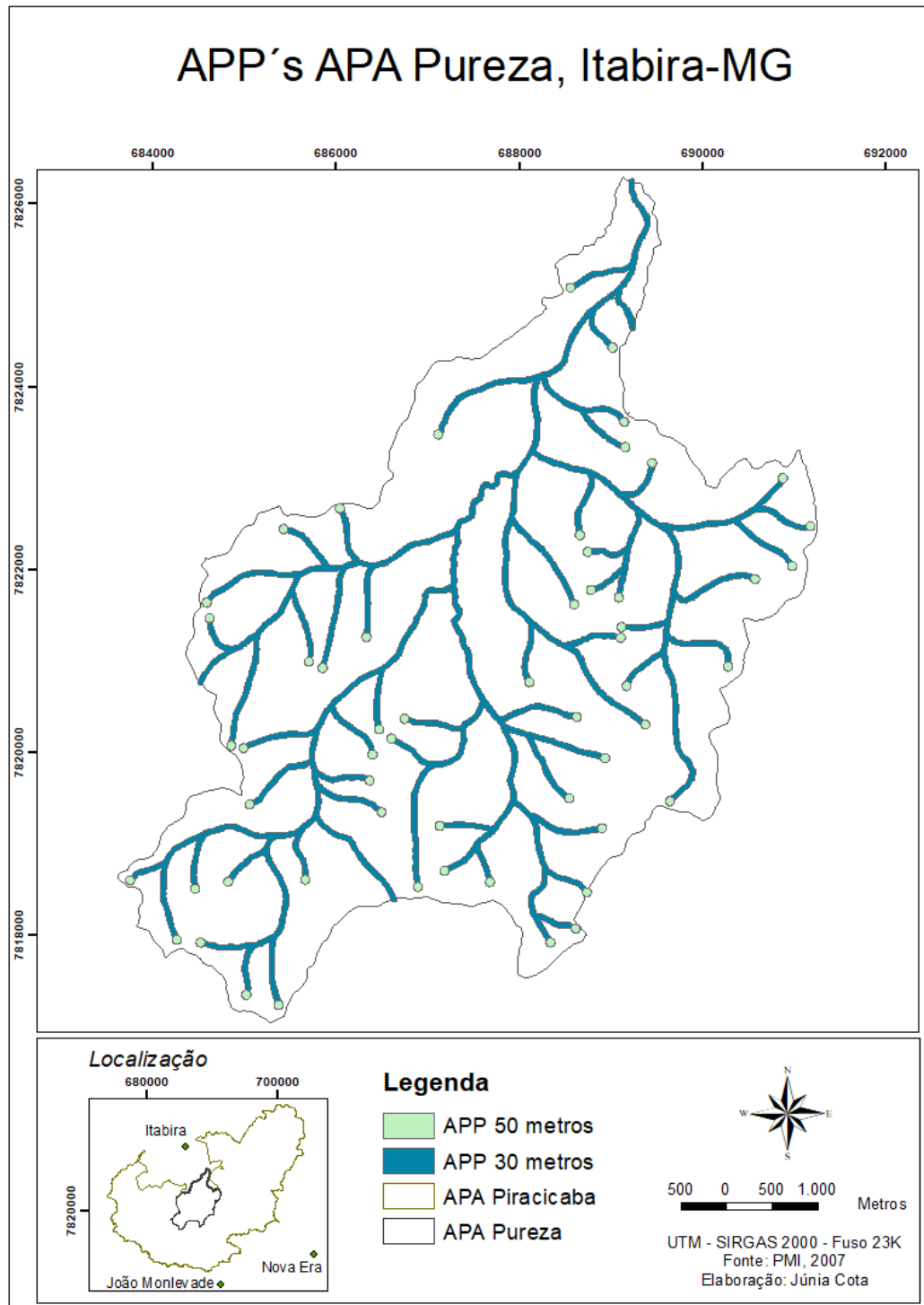
Com a metodologia empregada foram identificados dois locais com área correspondente a declividade de 45%. Nota-se que o relevo da APA Pureza é mais suave conforme foi visualizado pelo MDE. Na Figura 19 ilustra a classes de declividade da APA.

Figura 19 - Classes de declividade APA Pureza



A partir da delimitação da hidrografia e atribuídas as classes de declividade foi elaborado o mapa das Áreas de Preservação Permanente da APA Pureza (Figura 20), considerando que na área as APPs de cursos d'água são de 30 m, nascentes 50 m e a declividade  $> 45^\circ$ .

Figura 20 - Áreas de preservação Permanente APA Pureza.



A partir da delimitação das APPs e em confrontação com a classificação do uso e ocupação foi elaborado o mapa de uso e ocupação e posteriormente o mapa de conflito de usos na APA Pureza, conforme ilustrado nas Figuras 21 e 22.

Figura 21 - Classificação de uso e ocupação APA Pureza, 2018.

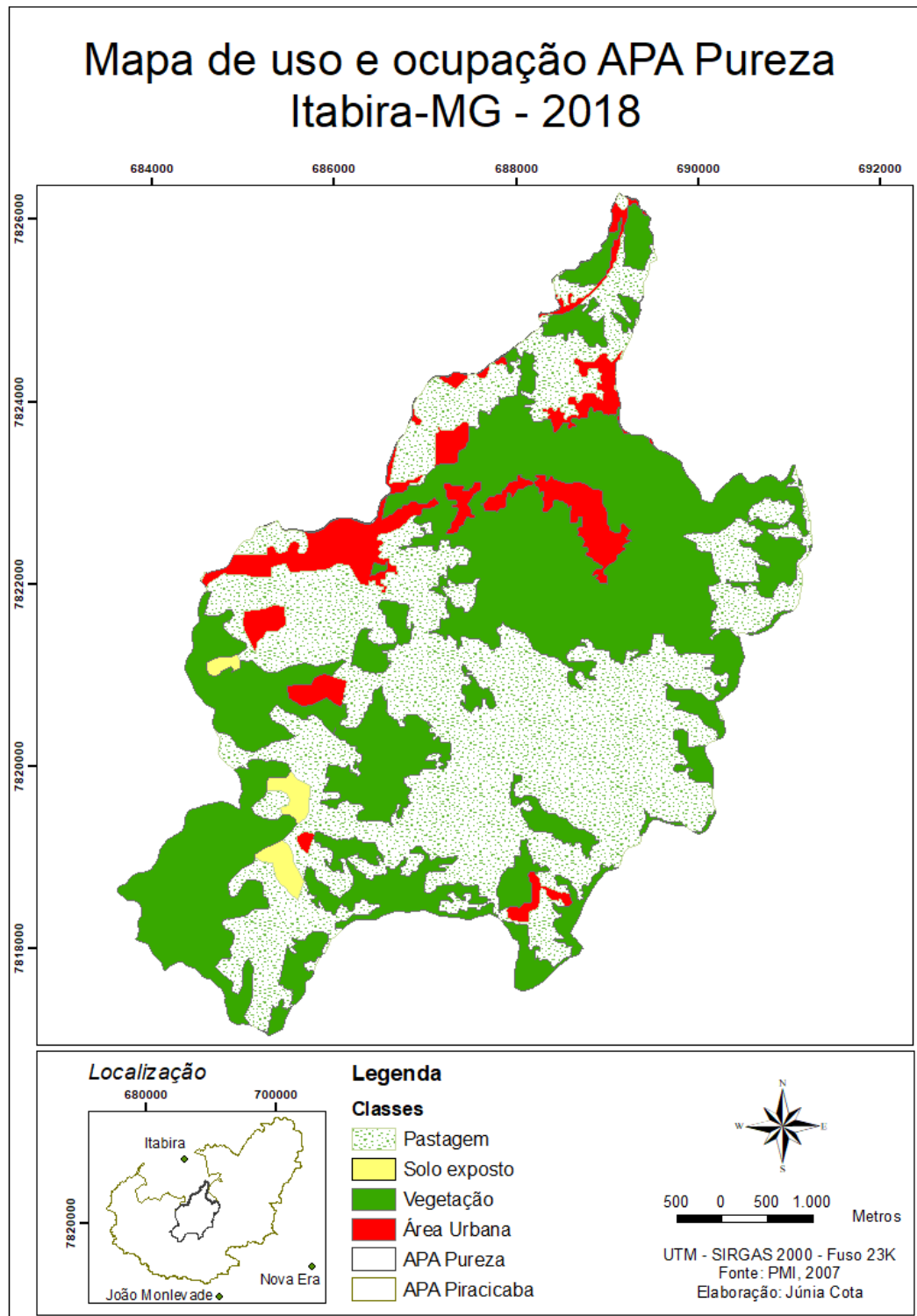
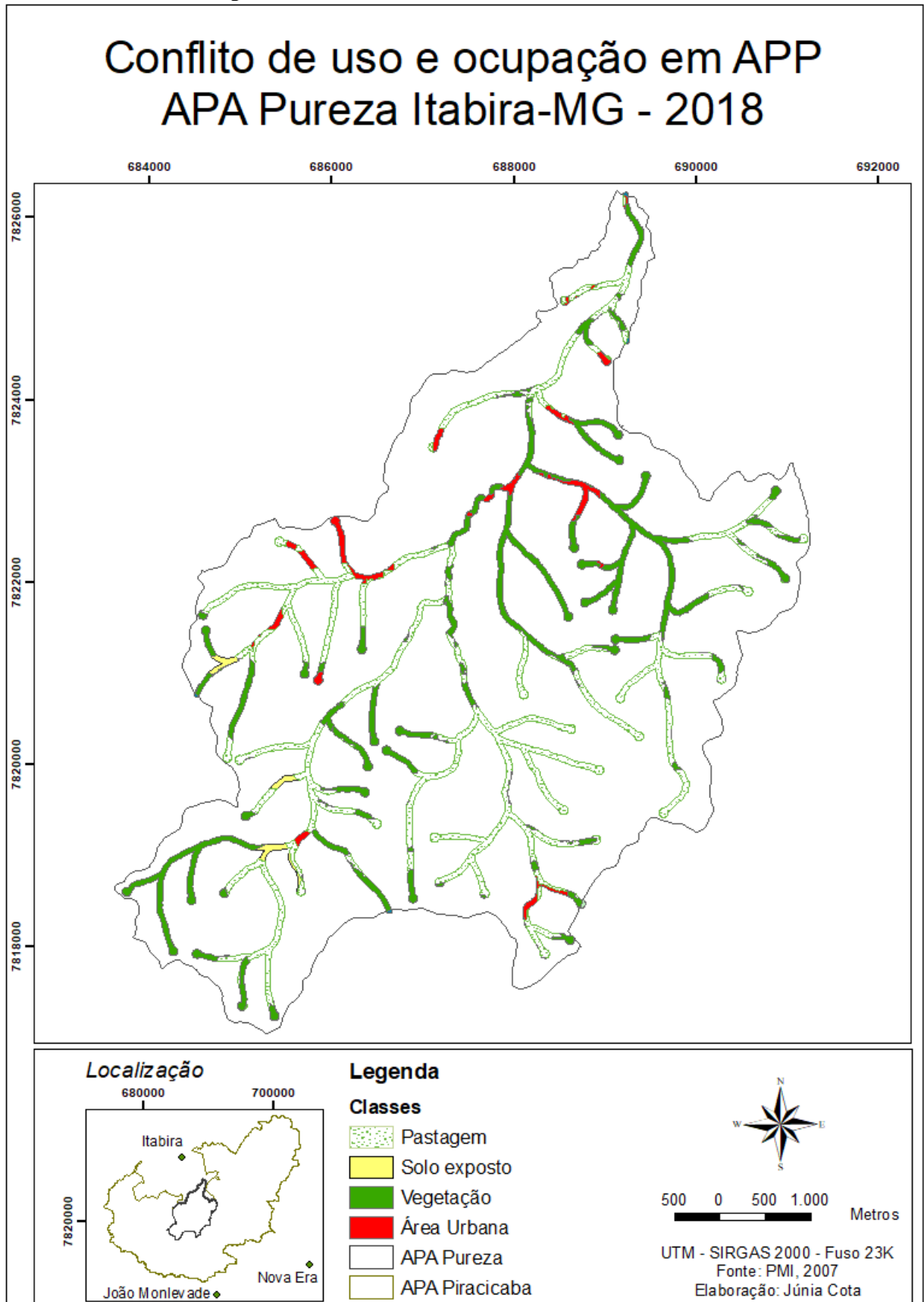


Figura 22 - Conflito de uso em APP APA Pureza, 2018.

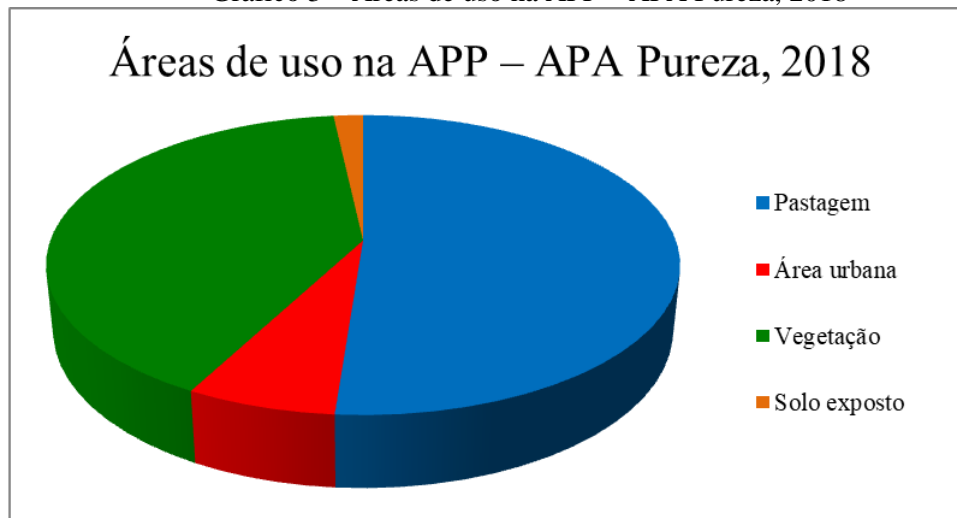


Com a análise do mapa, conflito de uso na APA Pureza, verifica-se que há uma significativa ocupação das APPs com uso classificado como áreas urbanas. A Tabela 6 e o Gráfico 3 apresenta a quantificação dos usos na APP.

TABELA 6 - Áreas de uso na APP - APA Pureza, 2018

Classe	Área de APP (ha)	Área de APP (%)
Pastagem	233	51,2
Área urbana	30	6,6
Vegetação	184	40,4
Solo exposto	8	1,8
Total	455	100

Gráfico 3 – Áreas de uso na APP – APA Pureza, 2018



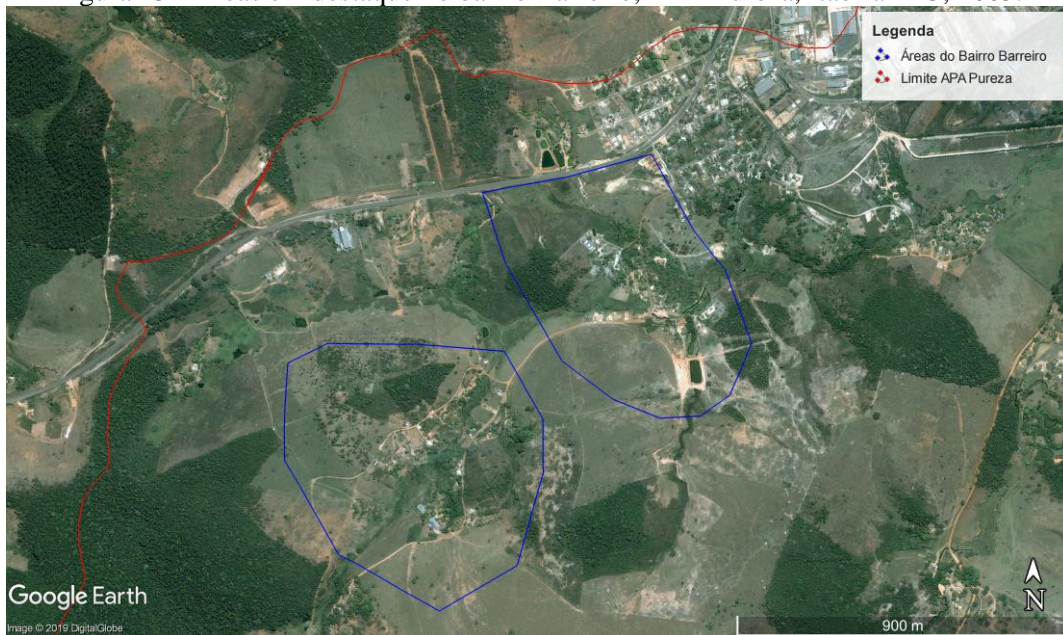
Realizada a quantificação dos usos na APA Pureza, foi possível verificar que grande parte das APPs estão em áreas classificadas como pastagens, com um percentual de 51,2 % em contrapartida as APPs com vegetação correspondem 40,4%. A partir desses dados foi verificado em campo que as matas ciliares estão em situação de degradação.

Historicamente a APA Pureza possui a ocupação urbana consolidada com muitas indústrias e devido ao relevo suave é alvo da pressão imobiliária para ocupação da região. Verifica-se que o crescimento populacional e da malha urbana de Itabira, o que envolve

também o setor industrial e de serviços, tem seu vetor principal direcionado para a Pureza (FUNARBE, 2014).

Destaque para o bairro denominado Barreiro onde se verifica um crescimento desordenado, com ocupações em APP. Considerando a legislação ambiental, essas ocupações são irregulares. As Figuras 23 e 24 retratam a modificação da área nos últimos anos, de 2005 a 2018, e como as ocupações cresceram nesse período.

Figura 23 - Áreas em destaque no bairro Barreiro, APA Pureza, Itabira-MG, 2005.



Fonte: Google Earth Pro 2018.

Figura 24 - Áreas em destaque no bairro Barreiro, APA Pureza, Itabira-MG, 2018.



Fonte: Google Earth Pro 2018.

As Figuras 25 e 26 mostram outra área com visível crescimento urbano na APA Pureza, com novos loteamentos e crescimento de indústrias.

Figura 25 - Área em destaque na APA Pureza, 2005.



Fonte: Google Earth Pro 2018.

Figura 26 - Área em destaque na APA Pureza, 2018.



Fonte: Google Earth Pro 2018.

O Plano Diretor no município, Lei n° 4.938/2016, em seu Cap. III, Art. 157 considera a parte urbana da APA Pureza como Zona de Adensamento Restrito:

“Zona de Adensamento Restrito (ZAR): corresponde às regiões no entorno dos mananciais do Córrego Candidópolis (Manancial da Pureza) e de abastecimento de água do Município, onde o adensamento deverá ser controlado através da adoção de módulos mínimos de 10.000 m<sup>2</sup> (dez mil metros quadrados) para o parcelamento onde serão permitidos os usos residenciais e de lazer;” (ITABIRA, 2016).

De acordo com a legislação vigente esses tipos de parcelamentos verificados na APA Pureza são irregulares, por serem menores que 10.000 m<sup>2</sup>. O crescimento desses loteamentos é um dos problemas para a gestão do poder público, pois a região convive com uma restrição mais recente e os usos já consolidados, principalmente com o setor industrial.

O aumento do número de indústrias e da população a partir dos anos 80 gerou a sobrecarga desse manancial tanto para abastecimento e uso quanto no aumento dos efluentes sanitários. Em função dessa ocupação o manancial está fragilizado, apresentado declínio acentuado da sua oferta qualitativa e quantitativa de água, principalmente em períodos de estiagem (FUNARBE, 2014). A Figura 27 retrata um exemplo de ocupação em APP na APA Pureza.

Figura 27 - Ocupações em APP's na APA Pureza, 2018



Uma consequência da ocupação da sub-bacia do Córrego Candidópolis é a influência sobre a qualidade da água que vai ser captada para posteriormente ser tratada e distribuída para o município. A montante do ponto de captação são lançados efluentes domésticos e industriais. Nesta região encontra-se instalado o Distrito Industrial, e localiza-se o Bairro Barreiro.

Ressalta-se que o uso e ocupação do solo assim como o tratamento dos resíduos sanitários são de grande importância para a qualidade das águas numa microbacia. Segundo o Sistema Autônomo de Água e Esgoto - SAAE de Itabira são constatados diversos problemas na qualidade da água do córrego Candidópolis, afluente do Rio do Peixe, onde é captada a água para a sede municipal (após tratamento convencional na ETA Pureza do SAAE) (PMSB Itabira, 2016). A Figura 28 apresenta exemplos de residências que lançam seus esgotos domésticos nos córregos do manancial da Pureza.

Figura 28 - Despejo de esgoto doméstico Barreiro, APA Pureza, 2018



Principalmente devido às exigências da legislação, no que tange ao licenciamento ambiental, as empresas possuem a obrigação de realizar a disposição final correta dos resíduos e efluentes gerados. Contudo, ainda que algumas indústrias tratem seus efluentes é possível inferir que a ocupação desordenada vem poluindo a água do manancial, seja pela contribuição de sedimentos das áreas sem cobertura vegetal, pela presença da criação de

animais ou pelo lançamento de esgoto *in natura* de algumas residências e algumas empresas nos cursos d'água.

O crescimento urbano acelerado dos últimos vinte anos coloca em risco o abastecimento público de água de Itabira. Verifica-se que as medidas de caráter normativo e regulatório adotadas por parte do poder público local em relação à ocupação urbana das áreas de manancial, não têm sido suficientes para evitar a degradação da qualidade e redução das vazões (PMSB ITABIRA, 2016).

Neste contexto é importante ressaltar que o problema das ocupações irregulares é também uma questão social. Fato que é perceptível nas ocupações irregulares da APA Pureza, no Bairro Barreiro, em que grande parte são residências mais simples evidenciando o baixo poder aquisitivo da população.

Em relação aos usos da parte rural da APA Pureza, verifica-se que a maior parte dos cursos d'água, e suas APPs, encontram-se em áreas classificadas como pastagens, ou seja, sem cobertura vegetal. Fato que demonstra a precariedade das matas ciliares da área de recarga do principal manancial de abastecimento público de Itabira.

O Sistema Autônomo de Água e Esgoto - SAAE do município e a Prefeitura implantaram em 2006 o projeto Mãe D'Água, que objetivava o cercamento de áreas degradadas e de interesse especial (nascentes, córregos e encostas com processos erosivos) com o objetivo de promover a recuperação, melhorar as condições ambientais e a capacidade de recarga do manancial. No projeto mudas eram doadas para os proprietários rurais, para serem plantadas nas APP's e a manutenção ficava na responsabilidade dos mesmos, contudo, o projeto não está em andamento nos dias atuais.

Essas ações de recuperação, para obter um resultado efetivo, devem ser contínuas e constantemente avaliadas. A partir do mapeamento do uso e ocupação do solo, verifica-se que as APPs estão bastante degradadas e necessitam de ações para melhoria da recarga do manancial.

## 5 CONCLUSÃO

O uso das ferramentas de SIG permitiu o mapeamento do uso e ocupação nas APAs Piracicaba e Pureza e o mapeamento das APPs na APA Pureza, assim como, a verificação dos conflitos de uso, mostrando-se eficiente nesses tipos de trabalho. Ressaltar que a proposta metodológica visou subsidiar uma análise visando projetos de planejamento ambiental.

Em relação à acurácia da classificação os resultados foram bastante satisfatórios, para o ano de 1999, Índice Global obteve 83,13%, e para 2018 um percentual de 90,50% assim como o índice *Kappa* retornou um valor de 0,77 para 1999 e 0,88 para o ano de 2018.

Verifica-se que o município de Itabira implantou UCs com objetivo de preservar principalmente, a biodiversidade existente no seu território, especificamente foram criadas as APAs Piracicaba e Pureza para conciliar as atividades antrópicas com a preservação do meio ambiente. Destaque-se que a APA Pureza também objetiva a preservação do manancial de abastecimento público de Itabira.

A criação de UCs de Proteção Integral no município, principalmente, a Reserva Biológica Mata do Bispo e Parque Municipal do Ribeirão São José, unidades inseridas na APA Piracicaba, contribuíram para a preservação de parte dos fragmentos florestais, durante o período de 1999 a 2018, uma vez que possuem restrições de usos. Contudo, tanto a APA Piracicaba quanto a APA Pureza passam por diversas pressões antrópicas que prejudicam a conservação dessas áreas que possuem relevante função ambiental para o município.

Diferente de outras áreas da APA Piracicaba, as áreas de propriedades rurais na APA Pureza no geral não foram intensamente afetadas com processos erosivos. O principal problema da Pureza se refere às ocupações no manancial, principalmente, as ocupações irregulares e a degradação das matas ciliares.

As ocupações em APP's na APA Pureza ocorrem devido ao crescimento dos loteamentos irregulares e também pela falta de infraestrutura na área, que fazem com que a urbanização cause impactos diretos ao principal manancial de abastecimento público de Itabira.

Estas ocupações em APPs são um grande desafio para o planejamento da área. Além de causar prejuízos ao meio ambiente, principalmente com a destruição da mata ciliar, trazem risco iminente para os moradores que estão vulneráveis a alagamento em suas residências.

A falta de saneamento básico, em alguns pontos da APA Pureza, é um problema a ser resolvido pelo poder público, pois afeta diretamente a qualidade das águas do manancial da Pureza.

A ineficiência da fiscalização, e principalmente políticas públicas, para coibir as ocupações irregulares, culmina em prejuízos ao meio ambiente e conflitos sociais com a população. Além do exposto é preciso considerar que a questão das ocupações irregulares é também um problema social. Os municípios precisam planejar para suprir o déficit habitacional e criar políticas de acesso à moradia, que efetivamente diminuiriam tais problemas. É preciso instrumentos para conter a urbanização na área do manancial de abastecimento público e mais que isso fazer cumprir o Plano Diretor Participativo do Município.

Ressalta-se que enquanto o município depender do manancial Pureza para o abastecimento público, a Bacia Hidrográfica do Ribeirão Candidópolis deve ser um foco para uma gestão sustentável, pois o desabastecimento causa prejuízos para toda sociedade, para o consumo humano e para o desenvolvimento das atividades econômicas.

Neste contexto, é importante na gestão das APAs a preservação dos recursos hídricos de forma a manter o uso sustentável e permitindo também a perenidade desse recurso. É preciso considerar que a água é um recurso natural limitado e o seu uso deve ser bem administrado. Para tal o município também necessita de investir na melhoria do seu banco de dados, que é essencial para o planejamento mais adequado da área.

Assim, o conhecimento do meio físico, solo, água e clima, suas potencialidades e limitações constituem a base técnica, sobre a qual o poder público deve estabelecer as medidas de gestão das APAs. É importante que esta questão seja considerada na concepção e implementação de projetos de recuperação de áreas degradadas como é o caso da APA Piracicaba.

## 6 RECOMENDAÇÕES

Por serem UCs de mesma categoria, Uso Sustentável, recomenda-se a unificação das APAs Pureza e Piracicaba. É recomendável também a exclusão da APA Pureza e novo zoneamento ambiental da APA Piracicaba, uma vez que há a necessidade de proteção da região da Pureza devido à importância para o abastecimento público da cidade. O zoneamento também ressaltaria a importância de recuperação de algumas áreas degradadas da APA Piracicaba e a preservação dos fragmentos florestais de mata atlântica que geram importantes serviços ambientais para o município.

Sugere-se trabalhos futuros que estabelecem propostas e ações para a recuperação das matas ciliares na região da APA Piracicaba, assim como, estudos em relação às áreas degradadas na APA com indicações pontuais dos trechos que maior vulnerabilidade e que necessitam que recuperação.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBURU, S.; BABU GOLLA, S. Satellite image classification methods and techniques: a review. **International Journal of Computer Applications**, v. 119, n. 8, p. 20–25, 2015. Disponível em: <https://pdfs.semanticscholar.org/6961/3390ca76bf103791ef251e1568deb5fe91dd.pdf>. Acesso em: 19 abril 2019.

AB'SABER, Aziz Nacib. **Os domínios morfoclimáticos na América do Sul**. Geomorfologia, São Paulo, n. 52, p. 1-22, 1977.

ARAÚJO, T. N de.; PIRES, I. de O. O Uso das Geotecnologias como Ferramenta de Apoio à Gestão de Unidade de Conservação – Estudo de Caso: Apa Guapimirim, Rio De Janeiro, Brasil. 2004. I Simpósio de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação. Recife, PE. Disponível em: <https://www.ufpe.br/cgtg/ISIMGEO/CD/html/cartografia%20e%20sig/Artigos/C31.pdf>. Acesso em: 19 de abril 2017.

BACELLAR, L. de A. P. O papel das Florestas no regime hidrológico de bacias hidrográficas. **GEO.br**. 2005. Disponível em: <http://jararaca.ufsm.br/websites/deaer/download/VIVIEN/Texto06/exartigorevisao.pdf> Acesso em: 19 de abril 2017

BRASIL. Lei 9.985, de 18 de julho de 2000; Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza – *SNUC*.

BUTCHER, G.; BARNES, C.; OWEN, L.. Landsat: the Cornerstone of Global Land Imaging. **GIM International**. January/February 2019. Disponível em: <https://www.gim-international.com/magazine/january-february-2019>. Acesso em 05 de junho de 2019.

BUZAI, G. D.; BAXENDALE, C. Aportes del análisis geográfico con sistemas de información geográfica como herramienta teórica, metodológica y tecnológica para la práctica del ordenamiento territorial. 2013. Persona y Sociedad / Universidad Alberto Hurtado. Vol. XXVII / nº 2, p.113-141 [on line], Disponível em: <http://repositorio.Uahurtado.cl/bitstream/handle/11242/3529/27-2-2013-113.pdf?sequence=1>. Acesso em 17 de abr. 2017.

CAIXETA, D.M. Mapeamento, Identificação e Monitoramento das Áreas de Proteção Permanente ao longo do Ribeirão Anicuns no Município de Goiânia – Go. Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 617-622.

CÂMARA. G.; D. J. C.; MONTEIRO, A. M. V.; **Introdução à ciência da geoinformação**. 2001. São Paulo: INPE. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap2-conceitos.pdf>. Acesso em: 19 de abril 2017.

CÂMARA. G.; MONTEIRO, A. M. V.; MEDEIROS, J. S. de. Representações Computacionais do Espaço: Um diálogo entre a Geografia e a Ciência da Geoinformação. Divisão de Processamento de Imagens. INPE. 2000.

CAMPO (COPANHIA DE PROMOÇÃO AGRÍCOLA). Estudo para implantação da cultura da mandioca no município de Itabira-MG. Diagnóstico Agrícola do Município de Itabira/MG. Volume I, Brasília – DF, 2001.

CAMPOS, F.F; MATIAS, L.F. Mapeamento das Áreas de Preservação Permanente e sua situação de uso e ocupação no município de Paulínia (SP). São Paulo, UNESP, **Geociências**, v. 31, n. 2, p. 309-319, 2012.

CARVALHO, T.M.; LATRUBESSE, E.M. O uso de modelos digitais do terreno (MDT) em análises macrogeomorfológicas: o caso da bacia hidrográfica do Araguaia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, 5(1):85-93p, 2004.

CLIMATE-DATA. Itabira. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/search/?q=itabira>. Acesso em 03 junho de 2019.

COELHO, Maria Célia Nunes. Impactos Ambientais em Áreas Urbanas – Teorias, Conceitos e Métodos de Pesquisa. In Impactos Ambientais Urbanos no Brasil. GUERRA, Antônio José Teixeira & CUNHA, Sandra B. (orgs.). Rio de Janeiro: Bertrand Brasil. 2001.

Deliberação Normativa COPAM nº 09, de 19 de abril de 1994. Dispõe sobre o enquadramento da Bacia do Rio Piracicaba.

DORR II, J. V. N. The Cauê Itabirito - Soc.Brasil. Geol., Bol., 1958<sup>a</sup>, nº2: p.61- 62.

EMBRAPA (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA). SRTM - Shuttle Radar Topography Mission. Disponível em: [https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao\\_srtm.html](https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_srtm.html). Acesso em: 10 de dezembro 2018.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de textos. 2013.

FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. M. Classificação de cobertura da terra de Nova Friburgo RJ utilizando duas abordagens: mineração de dados e rede heurística. **Revista Brasileira de Cartografia**, Brasília.n.64/3,p.645-660,2012. Disponível em< <http://www.lsie.unb.br/rbc/index.php/rbc/article/view/471>>. Acesso em 19 janeiro de 2019.

FUNARBE (FUNDAÇÃO ARTHUR BERNARDES). Elaboração de diagnósticos socioambientais na bacia do Ribeirão Candidópolis, bem como o cálculo de valoração econômica do serviço ambiental a ser pago aos produtores rurais. Relatório Final, Capítulo 1. Viçosa, FUNARBE, 2014.

FIP (FUNDAÇÃO ISRAEL PINHEIRO). Plano Municipal de Redução de Risco de ITABIRA – MG. 2a Etapa: Elaboração do Mapeamento das áreas de risco geológico. 1. ed. Itabira: FIP, 2013. 148 p.

GEOAMBIENTE. **Zoneamento Ambiental do município de Itabira-MG, subsídio ao Plano Diretor**. Itabira. 2003.

IBAMA (INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS). Roteiro Metodológico para a Gestão de Área de Proteção Ambiental, APA. Brasília: Ed. IBAMA, 2000. 240p. Disponível em: [http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/roteiro\\_metodologicoparagestaodeapa.pdf](http://www.ibama.gov.br/sophia/cnia/livros/roteiro_metodologicoparagestaodeapa.pdf). Acesso em: 19 de abr. 2017.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Cidades: Itabira. Resultados do Universo. Características da População e dos Domicílios. 2010. Disponível em: <http://cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=313170&idtema=67&search=min-as-gerais|itabira|censo-demografico-2010:resultados-do-universo-caracteristicas-dapopulacao-e-dos-domicilios>. Acesso em: 01 de Out. de 2016.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). **Modelo Digital de Elevação – MDE**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/modelos-digitais-de-superficie/modelos-digitais-de-superficie/10856-mde-modelo-digital-deelevacao.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 16 de dez. 2018.

IBGE (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA). Cidades: Itabira. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/mg/itabira/panorama>. Acesso em 06 maio de 2019.

INPE (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS). Disponível em: <http://www.dgi.inpe.br/siteDgi/portugues/satelites.php>. Acesso em: 03 out. 2017.

INPE (INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS). Tutorial de Geoprocessamento. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/index.html>. Acesso em: 03 jan. 2019.

ITABIRA. Atlas do Município de Itabira-MG. Itabira. 2006.

ITABIRA. Lei Municipal 3547 de fevereiro de 2000. Declara áreas de Proteção Ambiental os mananciais de abastecimento público do Município de Itabira e seus afluentes e dá outras providências. 2000.

ITABIRA. Lei Complementar 4.938 de dezembro de 2016. Revisa o Plano Diretor Participativo do município de Itabira. Prefeitura de Itabira. 2016.

ITABIRA. Elaboração do Plano Municipal de Saneamento Básico (PMSB). ENGECORPS. Itabira-MG. 2016.

MACEDO, H. S. Processos participativos na gestão de áreas protegidas: estudos de caso em unidades de conservação de uso sustentável da zona costeira do sul do Brasil.. Florianópolis, 2008. 204 f. Dissertação (Mestrado em Sociologia Política) - Centro de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Federal de Santa Catarina.

MARUJO, R. F. B *et al.* Mapeamento da cultura cafeeira por meio da classificação automática utilizando atributos espectrais, texturais e fator de iluminação. **Coffe Science**, Lavras, v. 12, n. 2, p.164-175, jun. 2017. Disponível em:<http://www.sbicafe.ufv.br/>

bitstream/handle/123456789/8640/CoffeeScience\_v12\_n2\_p164-175\_2017.pdf?sequence =1 .  
Acesso em: 19 janeiro de 2019.

MEDEIROS, J. S.; CÂMARA. G.; **Geoprocessamento para Projetos Ambientais**. São Paulo: INPE. 2001. Disponível em: [http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap10-aplicacaoe\\_sambientais.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap10-aplicacaoe_sambientais.pdf). Acesso em: 19 de abr. 2017.

MEDEIROS, R. Evolução das tipologias e categorias de áreas protegidas no Brasil. **Ambiente & Sociedade** – Vol. IX nº. 1 jan./jun. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/asoc/v9n1/a03v9n1>. Acesso em: 03 março 2017.

MELLO, J. A.B.; LIMA, E, R, V de. Diagnóstico Geoambiental em Microbacia Hidrográfica do Semiárido Brasileiro, a Partir do Uso de Geotecnologias. 2011. **Revista de Geografia UFPE**, [on line]. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/geografia/article/view/9287/9219>. Acesso em: 19 de abril 2017.

MENDONÇA, Ricardo Abad Meireles de. Uso das Geotecnologias para Gestão Ambiental: Experiências na Amazônia Meridional. 2011. **ICV- Instituto Centro de Vida**, Cuiabá [on line]. Disponível em: <http://www.icv.org.br/wp-content/uploads/2013/08/uso-das-geocnologias-para-gest%C3%A3o-ambiental.pdf>. Acesso em: 19 de abril 2017.

MILANESI, J.; CHIAPPETTI, A. B.; SOSTER, A. R. de M.; QUADROS, E. L. L. de; LAHM, R. A Análise multitemporal da ocupação irregular nas Áreas de Preservação Permanente (APP) sub-bacia do Arroio Manresa - Porto Alegre/RS. **Geoinformação e Sensoriamento Remoto em Geografia. Geografia Ensino & Pesquisa**, vol. 19, n. 3, set./dez. 2015.

MINAS GERAIS. Lei 20.922, de 16 de outubro de 2013. Dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade no estado. Disponível em: <https://www.almg.gov.br/consult/legislacao/completa/completa.html?tipo=Lei&num=20922&comp=&ano=2013>. Acesso em: 11 outubro de 2017.

MINAS GERAIS. RESOLUÇÃO CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. Brasília, 2005. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>. Acesso em 20 maio 2018.

MMA (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE). Disponível em: <http://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/o-que-sao>. Acesso em: 29 de abril 2018.

NASA (NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION). Shuttle Radar Topography Mission: Mission to Map the World. Disponível em: <https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>. Acesso em: 10 junho 2019.

PEREIRA, P.F.; SCARDUA, F. P. Espaços territoriais especialmente protegidos: conceito e implicações jurídicas. **Ambiente e sociedade**. vol.11 no.1. Campinas. 2008. Disponível em:

[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1414-753X2008000100007](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1414-753X2008000100007). Acesso em: 30 junho de 2018.

REIS, M. ICMS ecológico como instrumento de proteção ambiental. Dissertação (Mestrado em Direito) – Universidade de Marília, Marília. 2011. Disponível em:<http://www.unimar.br/pos/trabalhos/arquivos/A095EBF94AC7513D8D34417014D1E1EE.pdf>.

ROCHA, N.; HORA, K. E.R. Ocupações irregulares dos fundos de vale e a degradação dos cursos d'água brasileiros. In: VIII Simpósio Internacional de Qualidade Ambiental. Porto Alegre. **Anais...** 2012.

RUDORFF, F. T. B. Produtos de sensoriamento remoto. Divisão de Sensoriamento Remoto. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. São José dos Campos-SP. Disponível em: <<http://www.inpe.br/unidades/cep/atividadescep/educasere/postila.htm>>. Acesso em: 10 de outubro 2008.

SALGADO, A. A. R. Estudo da evolução do relevo do quadrilátero ferrífero, (MG – Brasil) através da quantificação de dados erosivos e denudacionais. 101 f. Tese (Doutorado em Evolução Crustal e Recursos Naturais) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.

SANTOS, J.E. Uso do solo e qualidade da água na microbacia do Candidópolis, Itabira-MG. Centro Universitário de Caratinga, Caratinga, 2008. Dissertação. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp083481.pdf>. Acesso em: 15 junho 2017.

SECRETARIA MUNICIPAL DE MEIO AMBIENTE. Projeto Mosaico. Itabira-MG. 2008.

SILVA, A. E. L; GARCIA; C. C. REIS, F.L. **Plano de Manejo Parque Natural Municipal Mata do Intelecto**. Prefeitura Municipal de Itabira, MG, 2009.

SILVA, C. F. A. Relevo antropogênico associado à mineração de ferro no Quadrilátero Ferrífero: Uma análise espaçotemporal do Complexo Itabira (Município de Itabira – MG). 130 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Departamento de Geografia, Universidade Federal de Minas Gerais, 2012. – UFMG. 2012.

SILVA, C. F. A. **Relevo Antropogênico: mineração de ferro e a interferência humana**/Cecília Félix Andrade Silva, Roberto Célio Valadão (coautor) – 1. Ed. Curitiba: Appris, 2016. 147p.

SILVA, F. R. A paisagem do Quadrilátero Ferrífero, MG: potencial para o uso turístico da sua geologia e geomorfologia. 144 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, 2007. – UFMG. 2007.

TUNDISI, J. G., TUNDISI, T. M. Impactos potenciais das alterações do Código Florestal nos recursos hídricos. **Biota Neotropica**, v. 10, n. 4, p. 67-75, 2010.

VARAJÃO, C. A. C. A questão da correlação das superfícies de erosão do Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 21, n. 2, p.138-145, jun. 1991.

Disponível em: <http://www.ppegeo.igc.usp.br/index.php/rbg/article/viewFile/11749/11286>. Acesso em: 23 julho 2018.

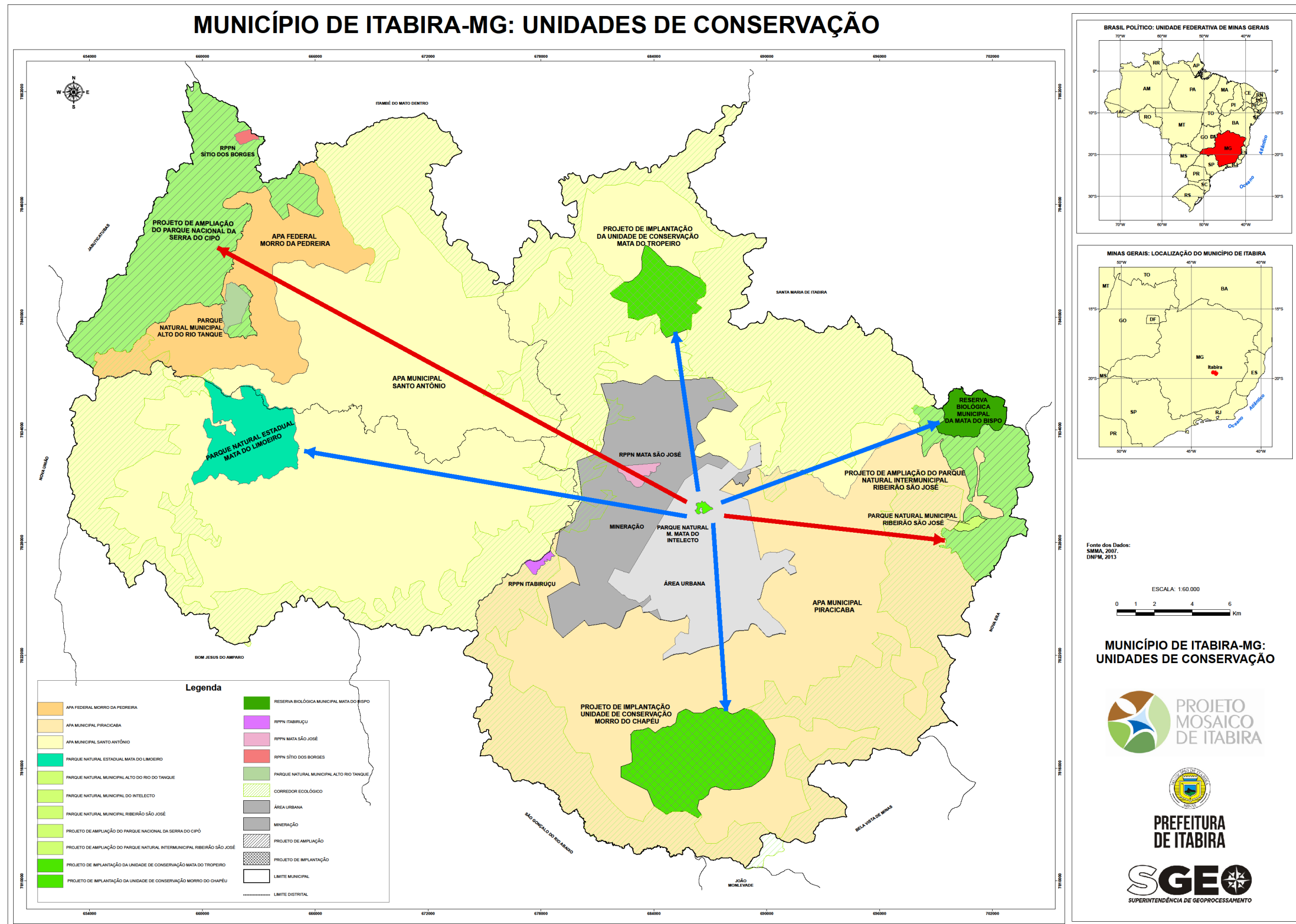
VARAJÃO, C. A. C. *et al.* Estudo da Evolução da Paisagem do Quadrilátero Ferrífero (Minas Gerais, Brasil). Através da Mensuração das Taxas de Erosão (10Be) e da Pedogênese. **Revista Brasileira de Ciência do Solo** (Online), v. 33, p. 1409- 1425, 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v33n5/v33n5a32.pdf>. Acesso em: 01 maio 2018.

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 123 p. Disponível em: [http://biblioteca.ibge.gov.br/colecao\\_digital\\_publicacoes.php](http://biblioteca.ibge.gov.br/colecao_digital_publicacoes.php). Acesso em: 20 junho de 2018

VERÍSSIMO, A. *et al.* Áreas Protegidas na Amazônia brasileira: avanços e desafios. Belém: Imazon; São Paulo: Instituto Socioambiental, 2011. Disponível em: <http://www.biblioteca.digital.abong.org.br/bitstream/handle/11465/1212/10372.pdf?sequence=1>. Acesso em: 20 junho de 2018.

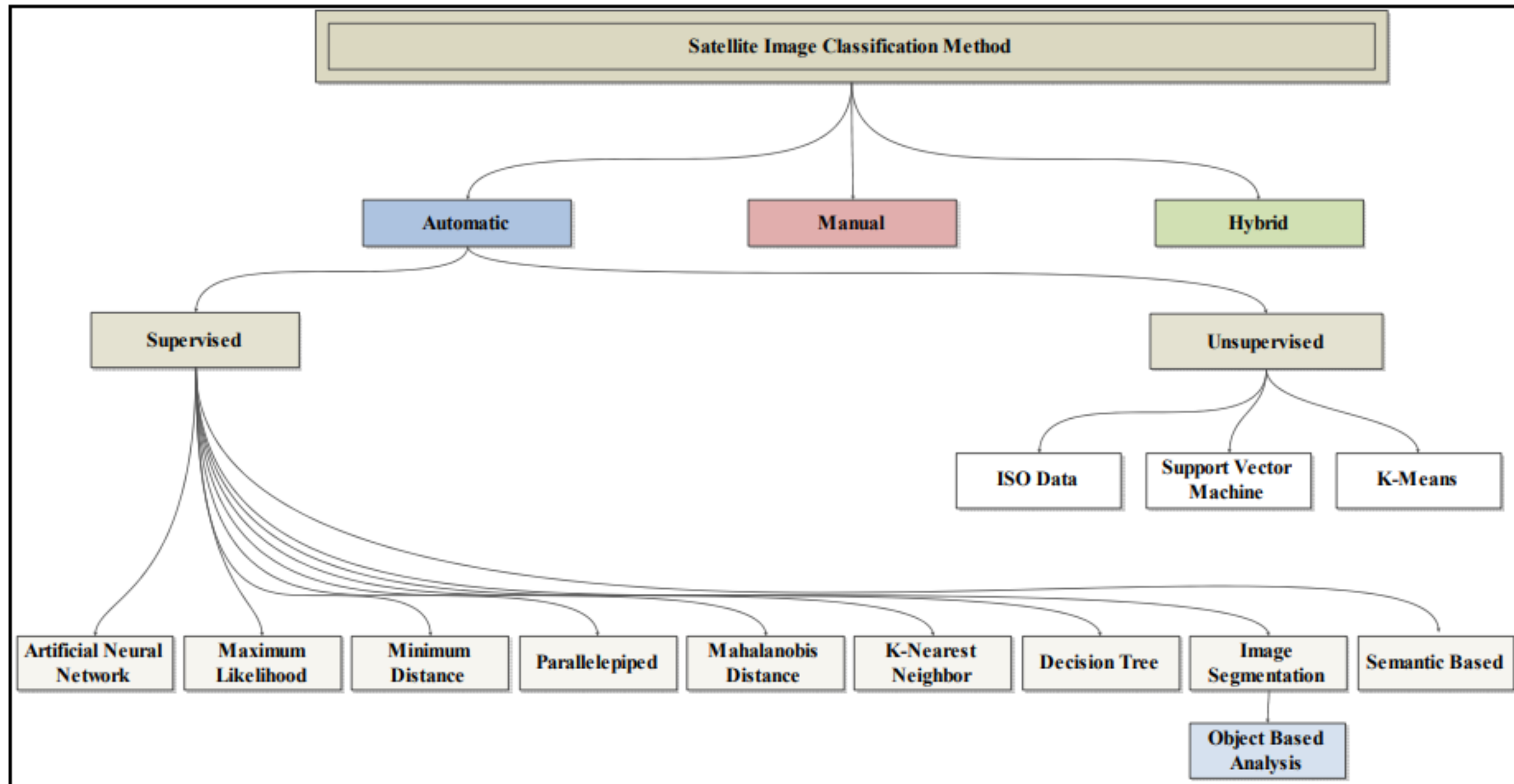
VIEIRA, S. J. “Transdisciplinaridade aplicada à Gestão Ambiental de Unidade de Conservação. Estudo de Caso: Manguezal do Itacorubí. Florianópolis/SC. Sul do Brasil.”. Tese Doutorado Engenharia Civil, 2009. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/90318>. Acesso em 19 de abril 2017.

ANEXO A – Unidades de Conservação do município de Itabira-MG



Fonte: Superintendência de Geoprocessamento, Prefeitura Municipal de Itabira (2018).

ANEXO B - Hierarquia de métodos de classificação de imagens de satélite



Fonte: ABBURU e BABU GOLLA, 2015.

