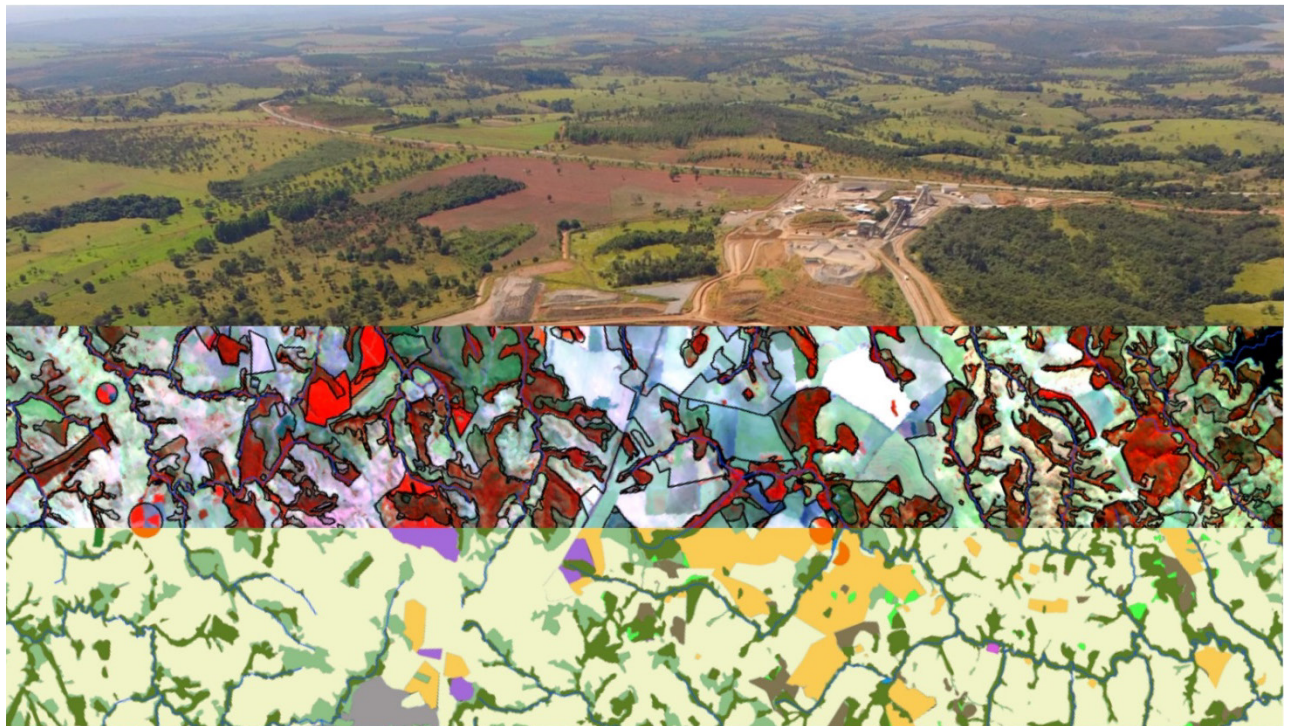


**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO**

ANTONIO SANTIAGO DA SILVA

USO POTENCIAL DAS TERRAS NO MUNICÍPIO DE CATALÃO (GO)



**UBERLÂNDIA (MG)
2018**

ANTONIO SANTIAGO DA SILVA

USO POTENCIAL DAS TERRAS NO MUNICÍPIO DE CATALÃO (GO)

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Geografia.

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território.

Linha de Pesquisa: Análise, Planejamento e Gestão Ambiental.

Eixo de pesquisa: Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rosa

**UBERLÂNDIA (MG)
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

S586u Silva, Antonio Santiago da, 1977-
2018 Uso potencial das terras no município de Catalão (GO) / Antonio
Santiago da Silva. - 2018.
140 f. : il.

Orientador: Roberto Rosa.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Geografia.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.946>
Inclui bibliografia.

1. Geografia - Teses. 2. Geoprocessamento - Teses. 3.
Sensoriamento remoto - Teses. I. Rosa, Roberto. II. Universidade
Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Geografia. III.
Título.

CDU: 910.1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia



ANTONIO SANTIAGO DA SILVA

USO POTENCIAL DAS TERRAS NO MUNICÍPIO DE CATALÃO
(GO)

Professor Dr. Roberto Rosa - UFU

Professor Dr. João Donizete Lima - UFG

Professor Dr. Jorge Luis Silva Brito – UFU

Data: 19 / 06 de 2018

Resultado: Aprovado

Dedico este ao meu tio, José Albuquerque do Nascimento (in memória), pelos primeiros ensinamentos sobre o Cerrado e incentivo para que eu estudasse, aos meus pais pela dádiva de acreditarem em mim, a minha esposa pelo apoio, compreensão e companheirismo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família, que desde a graduação, confiou em mim. Em especial, a minha esposa Mileni Cano Gusson, ao Thiago Gusson Sousa, ao Francis Demétrio Cano Gusson e ao Caio Panice Cano, que muito contribuíram com minhas idas ao campo da pesquisa.

Ao carinho dos meus familiares, pela compreensão para comigo nos momentos de ausência. Agradeço também ao Sr. José Carlos Dornelas Gusson e à Fátima Aparecida Cano Gusson, pela acolhida em sua casa e idas ao campo da pesquisa.

Ao meu orientador, Professor Dr. Roberto Rosa, pela oportunidade, amizade, incentivo, esclarecimentos e confiança depositada na capacidade de produzirmos esse trabalho.

Aos Amigos do Laboratório de Geoprocessamento: Daniela Vieira Marques, Patrícia Rezende, Lisiane Mendes, Mirna Karla, Dimaris Gómez, Dhulia Alves, Tatiana Prudente, que contribuíram com trocas de experiências sobre geografia e geoprocessamento. Em especial, Lisiane, que auxiliou-me na criação da sintaxe para o cruzamento das classes do mapa de capacidade de uso.

Aos colegas e amigos de mestrado, principalmente Oberdan Rafael Pugoni Lopes Santiago e Georgia Teixeira, pela parceria nos estudos das disciplinas, troca de experiência, novos amigos.

Aos Professores Dr. Jorge Luis Silva Brito e Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira, por suas contribuições na realização deste trabalho e por suas observações na Qualificação. E a Prof^a Dr^a Mirna Karla Amorim da Silva, por suas observações na defesa do projeto.

Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Uberlândia e aos professores do programa, em especial, Dr. Roberto Rosa, Dr. Jorge Luis Silva Brito, Dr. Vanderlei de Oliveira Ferreira, Dr^a Gelze Serrat de S. Campos Rodrigues, Dr. Luiz Antônio de Oliveira. E aos técnicos do IG, em especial Izabel, João Fernandes e Eleusa Fátima.

Gostaria de agradecer também ao professor Prof. Dr. João Donizete Lima, pelas contribuições iniciais no conhecimento em relação à Cartografia e Geoprocessamento na graduação, também pela sugestão do recorte espacial e

temática para o projeto de pesquisa. E também ao professor Dr. Idelvone Mendes Ferreira, pela disponibilização de material para leituras.

Aos colegas de trabalho da Pró-Reitoria de Graduação UFU que de alguma maneira criaram condições necessárias para a realização deste trabalho, a Thaíza Jordana Aquino e Tiago Nunes, pela correção do projeto, por fim, a Ibrantina 'Branca' e Vanda Cunha Albieri Nery, pela leitura e correção deste trabalho.

“Basta cuidar bem do solo e do meio ambiente que a
natureza responde”

Ana Primavesi

RESUMO

O estudo tem como objetivo produzir um mapa de uso potencial das terras no município de Catalão (GO) de acordo com suas características físico-naturais, bem como a caracterização do meio físico por meio da compilação de mapas temáticos de geologia, de geomorfologia, de solos, de redes de drenagem para a produção de mapas de sub-bacias hidrográficas, hipsometria, declividade dos terrenos, do uso da terra e cobertura vegetal nativa de 2016, a partir de informações coletadas em campo e em fontes documentais. A organização e a análise dos dados extraídas dos mapas temáticos auxiliaram na produção e na proposição de um mapa de uso adequado da terra do município conforme suas características físico-naturais. Deste modo, utilizou-se nos procedimentos operacionais, a metodologia para as pesquisas geográficas, em quatro níveis (ou etapas): o compilatório, o correlatório, o semântico e o normativo. Foram usados para a realização desse trabalho, cartas imagem 1:100.000 do IBGE e imagens OLI/Landsat8, ALOS PALSAR, entre outros. No software QGIS e nos módulos de algoritmos nele presentes foram vetorizados mapas de declividade, de hipsometria, de capacidade de uso da terra e de seu uso potencial. A litologia variada possui 11 classes, o Grupo Araxá - A (NPaa) é constituído de Anfíbolito, Clorita xisto, Muscovita-biotita xisto, Quartzito ferruginoso, Grafita xisto, Talco xisto, Hornblenda gnaiss, Metacalcário, Muscovita quartzito. No mapeamento constatou-se que a classe (NPaa) ocorre em 35,43% e representa o maior percentual do município. O relevo possui uma dissecação homogênea tabular com relevo pouco dissecado (45,56%), a classe com maior área. Em relação à altitude, esta varia entre 520 e 960m, há a predominância de 720 a 840m, equivalendo a 36,33%. O intervalo de declividade predominante é de 3% a 8%, com relevo suave ondulado ocorrendo em 42,19% de Catalão. Os solos do município, em geral, são ácidos e a classe de maior ocorrência é a dos Latossolos em 43,62%, seguido por Cambissolos com 23,41% do total da área. O mapeamento das categorias de uso da terra e cobertura vegetal, possui 11 classes, verificou-se que a classe de cobertura vegetal nativa ocupa 35,13% de área, já as pastagens ocupam 27,65% o maior percentual de intervenção antrópica seguida pelas áreas agrícolas com 26,80%, do total de área de uso do município. Ressalta, no que se refere às áreas de conflito de uso em APP, no município de Catalão a classe de Pastagem cultivada ocupa 13,33%, seguida pela classe Cultura agrícola com 8,43% e da classe Silvicultura (*Pinus*, *Eucalyptus* ou Seringueira) com 1,86% e outras menores, somando 24,6% de áreas de APP antropizadas. As terras classificadas no mapa capacidade de uso das terras mostraram que as classes I, II e III, equivalente a 69,85% da área da pesquisa estão aptas para a agricultura, mas, resguardando as de áreas de preservação permanente. As terras de classe IV representam 3,64% do total de área, têm limitações que são ainda mais severas para cultivos. Já as terras classe VI com 13,12% da área são recomendadas para pastagens e reflorestamento. A classe VII indicadas para reflorestamentos conta com 2,83% do total da área. As terras da classe VIII indicadas para a fauna e flora com 5,34%. Por fim, o mapa de uso potencial das terras elaborado considerou as potencialidades dos recursos naturais, as fragilidades dos sistemas ambientais naturais, de recuperação dos ambientes degradados. As classes de uso potencial das terras no município de Catalão mostram que do total das terras recomendadas, 40,69% são para a agricultura, 11,84% para pastagens, 3,32% para reflorestamento e 38,33% para preservação.

Palavras-Chave: Uso potencial das terras. Geoprocessamento. Sensoriamento Remoto. SIG. QGIS.

ABSTRACT

This study aims at producing a potential land use map in Catalão (GO) according to its physical and natural characteristics, as well as the characterization of the physical environment through the compilation of thematic maps of geology, of geomorphology, of soils, of drainage networks for the production of sub-basin maps, hypsometry, land slope, land use and native vegetation cover of 2016, based on the information collected in field and in documentary sources. The organization and analysis of the data extracted from the thematic maps helped in the production and the proposition of a map of the appropriate use of the land of the municipality, according to its physical-natural characteristics. Thus, in the operational procedures, the methodology for geographic research was used in four levels (or stages): the compiler, the correlation, the semantic and the normative. The images used to carry out this work were image 1: 100.000 from IBGE and OLI / Landsat8 images, ALOS PALSAR, among others. In the QGIS software and algorithm, modules there were vector maps of slope, hypsometry, land use capacity and potential land use. The lithology has 11 classes, the Araxá - A (NPaa) Group is constituted of Amphibolite, Chlorite schist, Muscovite - biotite schist, Ferruginous quartzite, Graphite shale, Talc schist, Hornblende gnaiss, Metacalcary, Muscovite quartzite. In the mapping, it was found that the class (NPaa) occurs in 35.43% and represents the highest percentage of the municipality. The relief has a homogeneous tabular dissection with poorly dissected relief (45.56%), the class with the largest area. In relation to the altitude, this varies between 520 and 960m, there is a predominance of 720 to 840m, equivalent to 36.33%. The predominant slope range is 3% to 8%, with smooth undulating relief occurring in 42.19% of Catalan. The soils of the municipality, in general, are acid and the class with the highest occurrence is the Oxisols in 43.62%, followed by Cambisols with 23.41% of the total area. The mapping of categories of land use and vegetation coverage has 11 classes, it was verified that the class of native vegetation cover occupies 35.13% of area, while the pasture occupy 27.65% the highest percentage of anthropic intervention followed by agricultural areas with 26.80%, of the total area of use of the Municipality. In the municipality of Catalão, the cultivated pasture class occupies 13.33%, followed by the agricultural culture class (8.43%) and the Silviculture class (Pinus, Eucalyptus or Rubber) with 1.86% and other smaller ones, adding 24.6% of anthropic APP areas. The lands classified in the map land use capacity showed that classes I, II and III, equivalent to 69.85% of the research area are suitable for agriculture, but protecting those in areas of permanent preservation. Class IV lands represent 3.64% of the total area, with limitations that are even more severe for crops. Class VI land with 13.12% of the area is recommended for pasture and reforestation. Class VII indicated for reforestation accounts for 2.83% of the total area. The lands of class VIII indicated for the fauna and flora with 5.34%. Eventually, the potential land use map which was elaborated considered the potential of natural resources, the fragilities of natural environmental systems and the recovery of degraded environments. Potential land use classes in the municipality of Catalão show that of the total land recommended, 40.69% is for agriculture, 11.84% for pasture, 3.32% for reforestation and 38.33% for preservation.

Keywords: Potential land use. Geoprocessing. Remote Sensing. GIS. QGIS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Perfil das principais fitofisionomias do Bioma Cerrado	28
Figura 2 - Intensidade máxima de utilização da terra conforme as classes de capacidade de uso e/ou limitações e convenção de cores.....	32
Figura 3 - Classes, subclasses e características das unidades de uso e capacidade das terras	34
Figura 4 - Etapas de processamento e análise	47
Figura 5 - Processo de vetorização com mesa digitalizadora combinando a praticidade de uso da caneta e recurso multi-touch	49
Figura 6 - Largura da APP em relação à largura dos cursos d'água	64
Figura 7 - Largura da APP topo de morros.....	65
Figura 8 - Detalhe <i>buffers</i> de APPs de drenagem, nascentes, barramentos e veredas	68
Figura 9 - Balanço Hídrico Normal Mensal e Deficiência, Excedente, Retirada, Reposição ao longo do ano.....	72
Figura 10 - Granito Pires Belo composto por epidoto-muscovita granito	79
Figura 11 - Lavra Domo Catalão II	79
Figura 12 - Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	80
Figura 13 - Voçoroca com aproximadamente 250 metros de comprimento, ~40 metros de largura e ~5 metros de profundidade na parte mais larga, situada no sopé de Morro testemunho, comunidade da São Domingos	84
Figura 14 - Voçoroca em destaque, com aproximadamente 280 metros de comprimento, ~90 metros de largura e ~15 metros de profundidade na parte mais larga, na margem da rodovia GO-506, que dá acesso ao distrito de Santo Antônio do Rio Verde	84
Figura 15 - Voçoroca em destaque na margem da rodovia GO-506, que dá acesso ao distrito de Santo Antônio do Rio Verde.....	85
Figura 16 - Classificação de solos SiBCS (2013), em destaque a classificação para NEOSSOLOS até quarto nível	86
Figura 17 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico - CXbd.....	89
Figura 18 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico - LVAd, Margem esquerda da rodovia GO-330 sentido Catalão-Ouvidor	90

Figura 19 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb; próximos a murundus e Vereda	91
Figura 20 - Mata ciliar e mata de galeria - Ponte sobre o rio Veríssimo na divisa de Catalão (GO) com Ipameri (GO)	98
Figura 21 - Vegetação de Mata de Galeria, no centro da foto, Mata Seca em tons acinzentados, em segundo plano.....	99
Figura 22 - Cerradão com destaque para variedade de árvores e até palmeiras e o substrato arbóreo quase inexistente	100
Figura 23 - Cerrado Típico com destaque para variedade de árvores de vegetação predominantemente arbóreo-arbustiva.....	101
Figura 24 - Vereda com a <i>Mauritia flexuosa</i> (buriti) emergindo em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas	102
Figura 25 - Restos de cultura de milho e sobre a palhada encontrou-se Emas (<i>Rhea americana</i>) nesse ambiente quente e seco do Cerrado	102
Figura 26 - O substrato rochoso, devido a um relevo mais declivoso, onde predomina os Campos rupestres.	103
Figura 27 - Campo limpo no primeiro plano e campo sujo no segundo plano.....	104
Figura 28 - Cultura irrigada por pivô central	104
Figura 29 - Silvicultura (Pinus, <i>Eucalyptus</i> ou Seringueira).....	105
Figura 30 - Parte da área urbana de Catalão vista do morro de São João (959m).....	105
Figura 31- Lavra do Domo Catalão II, vista área, BR-050 em destaque	106
Figura 32 - Lagoa de rejeito com iguapés no centro da foto Domo Catalão I.....	107
Figura 33 - Massa d'água - UHE Serra do Facão ponte que liga os distritos de Pires Belo e Santo Antônio do Rio Verde, GO-506	107

LISTA DE MAPAS

Mapa 1 - Localização do município de Catalão (GO).....	22
Mapa 2 - Distribuição dos Biomas brasileiros - 2004	27
Mapa 3 - Articulação das cartas-imagem utilizadas na pesquisa 1:100.000 - IBGE, que cobrem o município de Catalão (GO).....	43
Mapa 4 - Rede Hidrográfica do município de Catalão (GO).....	74
Mapa 5 - Mapa de Unidades de planejamento hídrico da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no município de Catalão (GO)	75
Mapa 6 - Geologia do município de Catalão (GO)	78
Mapa 7 - Geomorfologia do município de Catalão (GO)	82
Mapa 8 - Solos do município de Catalão (GO) - 2017.....	92
Mapa 9 - Hipsometria do município de Catalão (GO) - 2017.....	94
Mapa 10 - Declividade do município de Catalão (GO) - 2017	96
Mapa 11 - Uso da terra e cobertura vegetal nativa - 2017 (a).....	109
Mapa 12 - Uso da terra e cobertura vegetal nativa - 2017 (b).....	110
Mapa 13 - Capacidade de uso da terra - 2017	116
Mapa 14 - Uso potencial das terras para o município de Catalão (GO) - 2017	118

LISTA DE GRÁFICO

Gráfico 1 - Evolução populacional do município de Catalão (GO), 1970 - 2017	23
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Evolução populacional do município de Catalão (GO), 1970 - 2017	23
Tabela 2 - Classificação dos solos do município de Catalão quanto ao seu grau de fragilidade e erodibilidade.....	61
Tabela 3 - Largura limite mínima de APP às margens de reservatórios artificiais de acordo com o uso.....	66
Tabela 4 - Pontos de referência utilizados no cálculo de conferência de APPs topo de Morro 100m acima 25°	69
Tabela 5 - Médias anuais município: Catalão (GO) 1981-2010 - Thornthwaite e Matter (ROLIN e SENTELHAS, 1998) - CAD igual a 100mm.....	71
Tabela 6 - Áreas e distribuição espacial das classes litológicas no município de Catalão (GO).....	76
Tabela 7 - Área de classes geomorfológicas no município de Catalão	81
Tabela 8 - Área das classes de solos do município de Catalão	88
Tabela 9 - Distribuição espacial das cotas altimétricas no município de Catalão.....	93
Tabela 10 - Área dos intervalos de declividade no município de Catalão	95
Tabela 11 - Área ocupada pelas classes uso da terra e cobertura vegetal nativa - 2017.	97
Tabela 12 - Área das APPs do município de Catalão (GO) - 2017	111
Tabela 13 - APPs com conflito de uso e remanescentes do município de Catalão (GO) - 2017	112
Tabela 14 - Áreas das classes de capacidade de uso da terra no município de Catalão (GO) - 2017	114
Tabela 15 - Área das classes de uso potencial das terras	117
Tabela 16 - Correlação entre uso potencial das terras, uso da terra e cobertura vegetal nativa e conflito de uso em áreas de APPs	119

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sistema de Classificação da Capacidade de Uso das Terras, com classes, parâmetros e grau limitante	36
Quadro 2 - Chave de interpretação para mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal da imagem OLI/Landsat 8, composição RGB/564, de 7 de setembro de 2016 e de 30 de julho de 2016	52
Quadro 3 - Legenda de identificação das classes de uso da terra e de cobertura vegetal nativa	53
Quadro 4 - Classes de declividade propostas por Lepsch <i>et al.</i> (2015) por Ramalho Filho, Pereira e Beek, (1978); também adotadas pela Embrapa (1979).....	58
Quadro 5 - Componentes considerados para a formação de classes e subclasses de capacidade de uso	60
Quadro 6 - Critérios para obtenção das classes de capacidade - 2017	113

LISTA DE SIGLAS

ALOS	<i>Advanced Land Observation Satellite</i>
ANA	Agência Nacional das Águas
APP	Área de Preservação Permanente
ASF	<i>Alasca Satellite Facility</i>
AW3D30	<i>ALOS Global Digital Surface Model "ALOS World 3D - 30m"</i>
CAD	Capacidade de Água Disponível
CIE	Comissão Internacional da Iluminação
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cx	Cambissolos
DIMIC	Distrito Mínero-Industrial
DSG	Diretoria de Serviço Geográfico do Exército
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ESRI	<i>Environmental Systems Research Institute</i>
GDAL	<i>Geospatial Data Abstraction Library</i>
GIMP	<i>GNU Image Manipulation Program</i>
GPS	Sistema de Posicionamento Global
GRASS	<i>Geographic Resources Analysis Support System</i>
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas
IMB	Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos
INKSCAPE	<i>'ink' 'scape'</i> (tinta e paisagem)
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
ITR	Imposto Territorial Rural
JAXA	Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial
LANDSAT	<i>Land Remote Sensing Satellite</i>
LV	Latossolos Vermelho
LVA	Latossolos Vermelho Amarelos
MDE	Modelo Digital de Elevação
MDT	Modelo Digital de Terreno
MMA	Ministério do Meio Ambiente

NASA	<i>National Aeronautics and Space Administration</i>
OGR	<i>Simple Features Library</i>
OLI	<i>Operational Land Image</i>
OSGEO	<i>Open Source Geospatial Foundation</i>
PACUERA	Plano de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório Artificial
PALSAR	<i>Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar</i>
PVA	Argilossolo Vermelho Amarelos
QGIS	<i>Q Geographic Information System</i> (antes conhecido como Quantum GIS)
RL	Neossolos Litólicos
RMS	<i>Root Mean Square Error</i>
SAGA	<i>System for Automated Geoscientific Analyses</i>
SEPLAN	Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento do Estado de Goiás
SHP	<i>Shapefile</i>
SiBCS	Sistemas de Classificação dos Solos do Brasil
SIEG	Sistema Estadual de Estatística e Informações Geográficas de Goiás
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SR	Sensoriamento Remoto
SVG	<i>Scalable Vector Graphics</i>
TIFF	<i>Tagged Image File Format</i>
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UHE	Usina Hidrelétrica
USGS	<i>United States Geological Survey</i>
UTM	Universal Transversa de Mercator
WWF	Fundo Mundial da Natureza
ZP	Zona de Preservação
ZUPM	Zona Urbana de Proteção de Manancial Hídrico

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	20
2.	REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL	26
2.1.	O Bioma Cerrado.....	26
2.2.	Classificação das terras no sistema de capacidade de uso	30
2.3.	Sistema de classificação de aptidão agrícola das terras.....	37
2.4.	Geoprocessamento para avaliação de terras no sistema de capacidade de uso..	39
3.	MATERIAIS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS	42
3.1.	Materiais	42
3.1.1.	Equipamentos.....	42
3.1.2.	Documentos.....	43
3.1.3.	<i>Softwares</i> e módulos de extensão	45
3.2.	Procedimentos operacionais.....	46
3.2.1.	Base cartográfica digital do município de Catalão (GO)	47
3.2.2.	Mapa de uso da terra e cobertura vegetal	48
3.2.3.	Trabalhos de campo	54
3.2.4.	Mapas de geologia, de geomorfologia e de solo.	54
3.2.5.	Hipsometria, declividade e bacias hidrográficas	55
3.2.6.	Mapa de capacidade de uso das terras.....	59
3.2.7.	Mapa de uso potencial das terras.....	62
3.2.8.	As Áreas de Preservação Permanente (APPs) e o Código Florestal	63
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
4.1.	Caracterização do meio físico	70
4.1.1.	Clima	70
4.1.2.	Rede Hidrográfica do Município de Catalão (GO)	72
4.1.3.	Geologia	76
4.1.4.	Geomorfologia	81
4.1.5.	Solos	86
4.1.6.	Hipsometria	93
4.1.7.	Declividade.....	95
4.1.8.	Mapa de uso da terra e da cobertura vegetal nativa	97

4.1.9. Áreas de Proteção Permanentes (APPs).....	111
4.2. Mapa de capacidade de uso da terra.....	113
4.3. Mapa de uso potencial das terras para o município de Catalão (GO).....	117
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
REFERÊNCIAS	125
ANEXOS.....	134

1. INTRODUÇÃO

O uso da terra e da cobertura vegetal nativa no Brasil é caracterizado pela falta de planejamento e pela intensa exploração e, com a crescente demanda por recursos naturais pelo sistema socioeconômico capitalista, os diversos ecossistemas brasileiros vêm sofrendo uma grande degradação. Desse modo, o Bioma Cerrado, o segundo maior do Brasil, encontra-se em um estágio de antropização acelerado.

Com quase todo o seu território localizado no Bioma Cerrado, o estado de Goiás teve um percentual de 57% de suas áreas de cobertura vegetal natural antropizadas por diversos usos. Conforme Gomes e Teixeira Neto (1993), sua ocupação ocorreu de forma lenta, por etapas: a do ciclo aurífero, no século XVIII; a da agropecuária tradicional, nos séculos XIX e XX; das ferrovias e as rodovias de integração nacional, no século XX; e, mais recentemente, a fronteira agrícola e a pecuária melhorada.

Certamente, as ferrovias e as rodovias de integração tiveram uma importante influência no povoamento e na economia de Goiás e no Sudeste Goiano. Mas, conforme destacaram Gomes e Teixeira Neto (1993), de modo diferente de Pires do Rio, a cidade de Catalão nasceu de um 'Patrimônio', ou uma aglomeração urbana formada em terras doadas por um fazendeiro à Igreja.

Com a instalação de trilhos no território goiano e a construção da Rodovia BR-050, que facilitou e dinamizou as relações entre importador e exportador em Catalão, o município passou a ter acesso ao mercado do Triângulo Mineiro e Sudeste do país. Para Arrais (2004), no Sudeste Goiano estão cidades que tiveram seu povoamento resultante da expansão das frentes de ocupação, para atender à demanda de produção de alimentos do Sudeste do país. Já em meados do século XX e com maior força a partir de 1970, houve a incorporação do Cerrado Goiano à fronteira agrícola. Nas áreas de maior adensamento populacional, foram abertos eixos de circulação estratégicos do ponto de vista modal do Estado, como as BR-060, BR-153, BR-070, BR-050, passando por microrregiões de grande importância e concentração econômica, dentre elas a Microrregião de Catalão.

A área de pesquisa, o município de Catalão, situa-se no Sudeste Goiano e está compreendida entre os meridianos de 47°17' e 48°12' Longitude Oeste de Greenwich

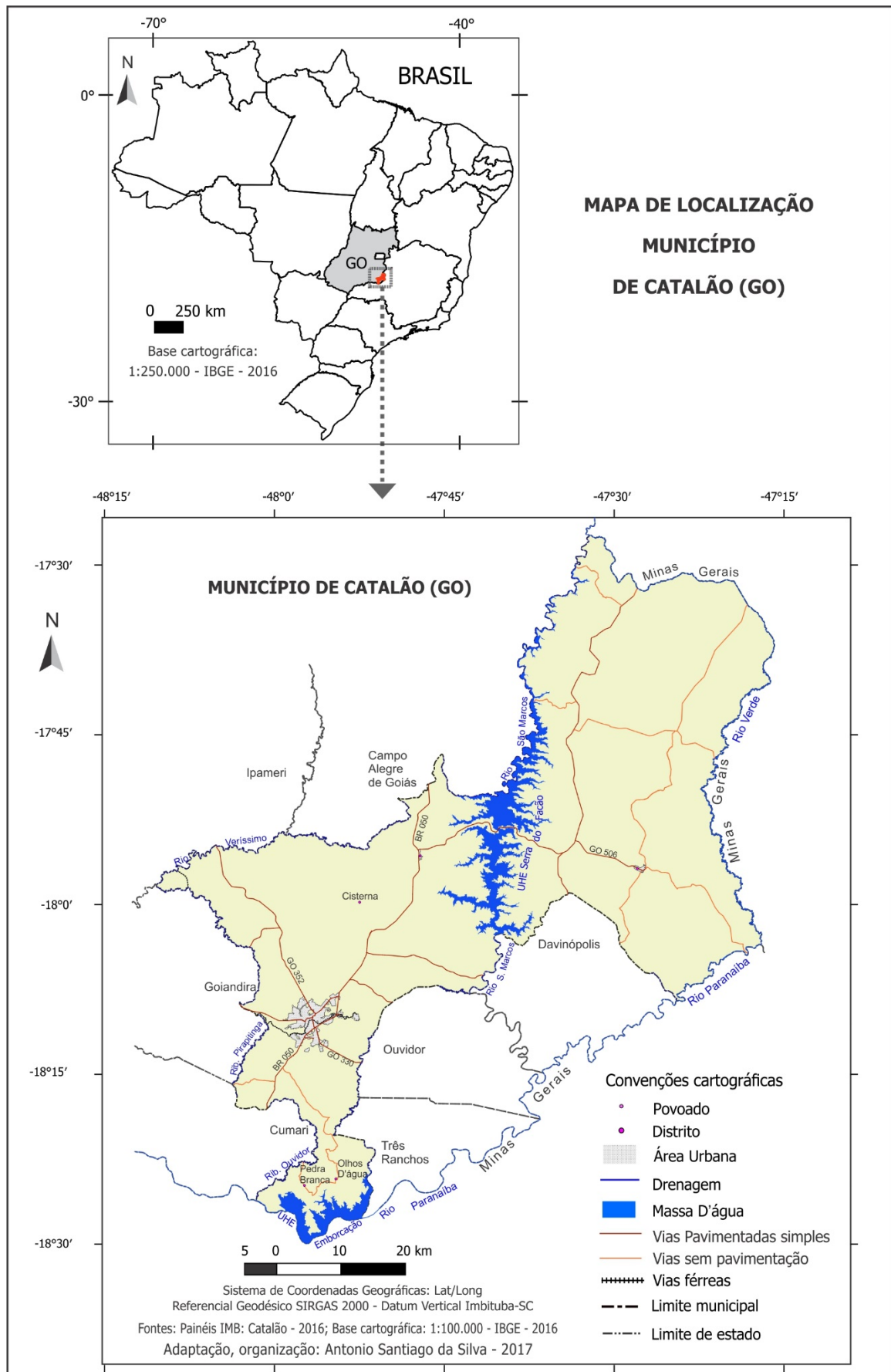
e os paralelos 17°28' e 18°30' Latitude Sul, abrangendo 3.821,463km² (IBGE, Resolução nº PR-02, de 29/06/2017), conforme Mapa 1.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 1958), o arraial que deu origem a cidade de Catalão foi elevada à categoria de vila com a denominação de Catalão, por resolução do Conselho do Governo, em 1º de abril de 1833, a vila foi elevada à condição de cidade com a denominação de Catalão pela Resolução Provincial nº 7, de 20 de agosto 1859.

A Cidade de Catalão possui três povoados: Olhos D'água, Pedra Branca, Cisterna, e dois distritos: Santo Antônio do Rio Verde e Pires Belo. O município de Catalão conta com 86.647 habitantes, de acordo com o Censo Demográfico dos Municípios do Estado de Goiás (IBGE, 2010), de acordo com as estimativas a população em 2017 é de 102.393 habitantes (IBGE, 2017). Catalão encontra-se na Mesorregião Sul Goiano. As mesorregiões são subdivididas em regiões menores de planejamento, as microrregiões Região da Estrada de Ferro, como também é chamada de Microrregião de Catalão, conforme o Instituto Mauro Borges (IMB) (2014).

O município de Catalão situa-se na Região Sudeste do Estado de Goiás, inserido no Bioma Cerrado, que foi atingido pela expansão da fronteira agrícola, subsidiada pelo Estado, iniciada no final dos anos de 1950 e ampliada nos anos de 1970 com políticas de modernização da agricultura e da pecuária, o que, consequentemente, promoveu a instalação da agroindústria, impulsionando a produção de *commodities* no setor. Também, de acordo com Mendes (2005), na década de 1970, houve a instalação de mineradoras de nióbio e fosfato e, em seguida, com a criação do Distrito Mineiro-Industrial (DIMIC), a instalação das montadoras de veículos e máquinas agrícolas. Em Catalão (GO), ainda foram construídas duas usinas hidrelétricas: a da Emborcação, no início dos anos 1980, e, mais recentemente, a da Serra do Facão.

Mapa 1 - Localização do município de Catalão (GO)



Fonte: Elaboração SILVA, A. S. (2017).

Assim, toda essa dinâmica territorial em Catalão, que ocorreu com intensidade principalmente nos anos de 1970 e 1990, acarretou diversas transformações sociais e econômicas, tanto no campo quanto na cidade, aumentando a população urbana e causando um decréscimo na rural. Nos últimos Censos do IBGE de 2000-2010, essa tendência foi mantida, conforme demonstra a Tabela 1 e Gráfico 1.

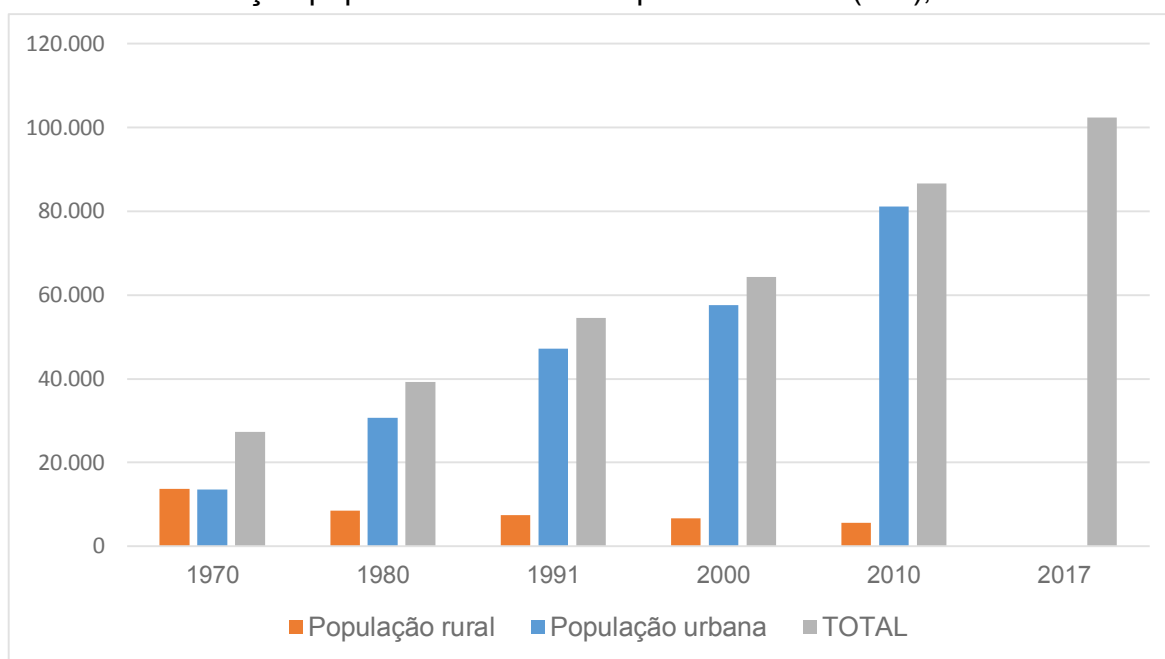
Tabela 1 - Evolução populacional do município de Catalão (GO), 1970 - 2017

ANOS	População urbana	Evolução da população urbana, em		População rural	Evolução da população rural, em		População TOTAL
		Período	Evolução%		Período	Evolução%	
1970	13.630	-	-	13.708	-	-	27.338
1980	30.685	1970-1980	125,12	8.487	1970-1980	-38,08	39.172
1991	47.152	1980-1991	53,66	7.373	1980-1991	-13,13	54.525
2000	57.606	1991-2000	22,17	6.741	1991-2000	-8,57	64.347
2010	81.064	2000-2010	40,72	5.583	2000-2010	- 17,18	86.647
2017	-	-	-	-	-	-	Estimado 102.393

Fonte: IBGE - 1970, 1980, 1991, 2000, 2010, 2017

Org. SILVA, A. S. (2017)

Gráfico 1 - Evolução populacional do município de Catalão (GO), 1970 - 2017



Fonte: IBGE - 1970, 1980, 1991, 2000, 2010, 2017

Org. SILVA, A. S. (2017)

As mudanças no território de Catalão, no campo e na cidade, além do movimento populacional, mostrado na Tabela 1, são resultados das diversas formas de investimentos do Estado e também das características físicas da localização do município, que se tornou um polo regional, devido à importância nos setores agrícola, pecuário, industrial, mineral, comercial e de serviços, com destaque para os três últimos.

Todo esse intenso uso da terra causou grandes e rápidas transformações socioeconômicas e ambientais, como por exemplo, na cobertura vegetal original, que, diante da defasagem nas bases de dados cartográficos para retratá-las, requerem um mapeamento, que pode ser feito por meio de geoprocessamento, para diagnosticar os problemas e propor melhores e mais adequadas formas de uso da terra.

A ampla diversidade físico-natural e diferentes usos da terra (lavouras, pastagens, estradas, núcleos urbanos etc.), ainda são um desafio para o mapeamento de muitos dos municípios brasileiros do Bioma Cerrado que, em sua maioria, contam com bases cartográficas desatualizadas e em escalas que não permitem conhecer maiores detalhes.

Nessa perspectiva, o mapeamento, por intermédio do geoprocessamento, e utilizando instrumentos de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas, pode possibilitar o melhor conhecimento do espaço geográfico, o diagnóstico, o planejamento do uso potencial da terra e da execução de ações mitigadoras dos impactos no ecossistema do município de Catalão (GO), que sofre com seus diversos usos.

Assim, o objetivo da pesquisa é produzir e propor um mapa de uso potencial das terras, de acordo com as características físico-naturais do município de Catalão (GO). E também:

- a.** Caracterizar o meio físico: compilar mapas temáticos de geologia, geomorfologia, solos, redes de drenagem; produzir mapas de sub-bacias hidrográficas, hipsometria, declividade dos terrenos, do uso da terra e cobertura vegetal nativa de 2016, a partir de informações coletadas a campo e em fontes documentais;
- b.** Organizar e analisar os dados extraídos dos mapas temáticos para produzir e propor um mapa de uso potencial das terras, de acordo com as características físico-naturais do município de Catalão (GO).

Com base no desenvolvimento da pesquisa, o trabalho está estruturado em partes distintas, apresentando no Primeiro Capítulo INTRODUÇÃO, aspectos gerais referentes à área da pesquisa estudada, à localização da área, justificativa e objetivos. No Segundo Capítulo, REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL: O Bioma Cerrado; Classificação das terras no sistemas de capacidade de uso; Sistema de classificação de aptidão agrícola das terras; Geoprocessamento para avaliação de terras no sistema de capacidade de uso. No Terceiro Capítulo, MATERIAIS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS. No Quarto Capítulo, RESULTADOS E DISCUSSÃO; Caracterização do meio físico; Mapa de capacidade de uso da terra; Mapa de uso potencial das terras para o município de Catalão (GO), demonstra as análises e discussões dos resultados dos dados e mapas temáticos. Finalmente apresenta-se as CONSIDERAÇÕES FINAIS, referentes às discussões e interpretações feitas na pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO-CONCEITUAL

Neste item será apresentada a fundamentação metodológica utilizada para alicerçar e compreender o tema de pesquisa. A caracterização do meio físico, do Cerrado, terá por base Eiten (1990), Ab'Sáber (2005), Ribeiro e Walter (1998; 2008), Ferreira (2003), e, a de Catalão (GO), Ferreira (2003), Klein (1996), Mendes (2005) e outros. Os conceitos e procedimentos metodológicos para se estabelecer o potencial de uso da terra, neste estudo, basearam-se nos trabalhos realizados por Libault (1971), Lepsch et al. (1991; 2015), Ross (2012), Brito (2001), Dias (2008), Santos (2013), Mendes (2016), Silva, Gusson e Rosa (2017) e outros. Por fim, são elencadas de forma resumida os principais conceitos, ferramentas, tratamento de produtos de geoprocessamento para análise e classificação de terras no sistema de capacidade de uso por Rosa (1995) Assad e Sano (1998), Rosa e Brito (1996), Miranda (2005) e outros.

2.1. O Bioma Cerrado

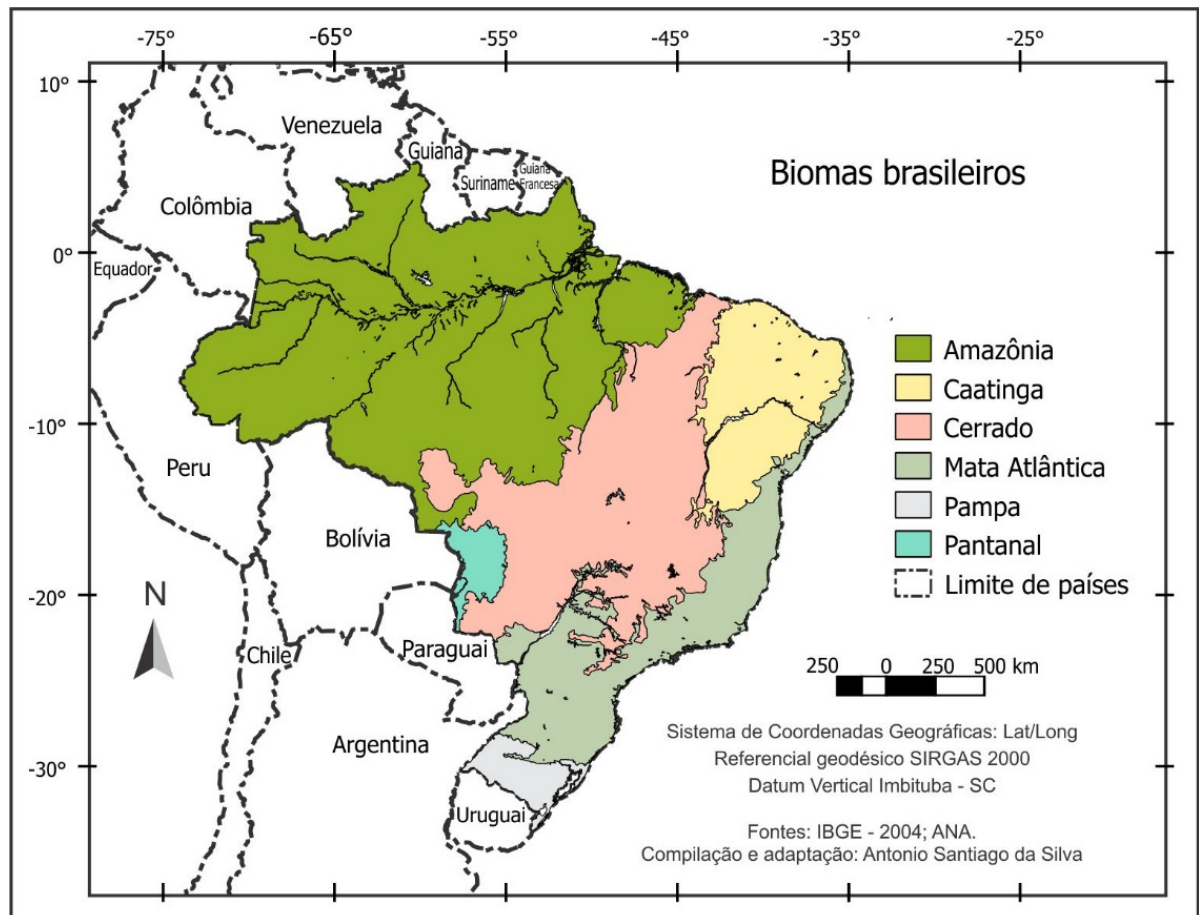
O Bioma Cerrado tem grande importância ecológica tanto devido à sua extensão e à riqueza da sua biodiversidade, com espécies endêmicas e elevado potencial hídrico, quanto devido ao fato de ser uma área de transição entre a Floresta Amazônica e outros biomas do Brasil (Mapa 2). No entanto, sua intensa antropização, com múltiplos usos, nem sempre tem lhe sido benéfica. Desse modo, foi perdendo drasticamente sua biodiversidade com o desmatamento e, conseqüentemente, sofre com a erosão do solo e assoreamento dos cursos e nascentes d'água. Solos e águas estão sendo poluídos pelo intenso uso de agrotóxicos, grandes áreas são encobertas pelos lagos das hidrelétricas, entre outros tipos de degradação.

É importante lembrar que o Cerrado, segundo Myers (2000), é um dos *hotspots* mundiais. Ou seja, possui concentrações excepcionais de espécies endêmicas e, também, com ocupação desordenada de seu território.

O Bioma Cerrado possui uma área de 2.039.243 km² aproximadamente, 24% da extensão territorial do Brasil, sendo o segundo maior Bioma do país. Sua área estende-se, na totalidade, no Distrito Federal, nos estados de Goiás (97%), Maranhão (65%),

Mato Grosso do Sul (61%), Minas Gerais (57%), Tocantins (91 %), Mato Grosso (40%), Piauí (37%), São Paulo (33%), Bahia (27%), Paraná (2%) e Rondônia (0,2%), além de fragmentos em outros estados (IBGE, 2004); (Brasil, 2015) (Mapa 2).

Mapa 2 - Distribuição dos Biomas brasileiros - 2004



Fonte: IBGE 2004 e ANA

Compilação e adaptação: SILVA, A. S. (2017)

Para os estudos que caracterizam fisionomicamente a vegetação do Cerrado, dentre outros fatores ambientais determinantes, a incidência de cada espécie resulta em diferentes nomenclaturas, entre elas a “provincia vegetacional” (EITEN, 1990). Ab’Sáber (2005) usa o termo “domínio fitogeográfico”. Ab’Sáber denomina o Cerrado como:

[...] o conjunto de terras altas do Brasil Central, também conhecido como o “polígono dos solos ácidos” ou “planaltos tropicais interiorizados”, que corresponde [...] a um dos “grandes polígonos irregulares que formam o mosaico paisagístico brasileiro”. Com uma área de aproximadamente 2 milhões de km², equivalente ao tamanho do território mexicano, essa região possui condições topográficas (planalto, com grandes áreas planas e solos profundos) e climáticas (duas estações do ano bem definidas, uma chuvosa e outra seca, e intensa luminosidade) propícias à agricultura moderna. [...] o domínio dos Cerrados apresenta Cerrados e Cerradões predominantemente

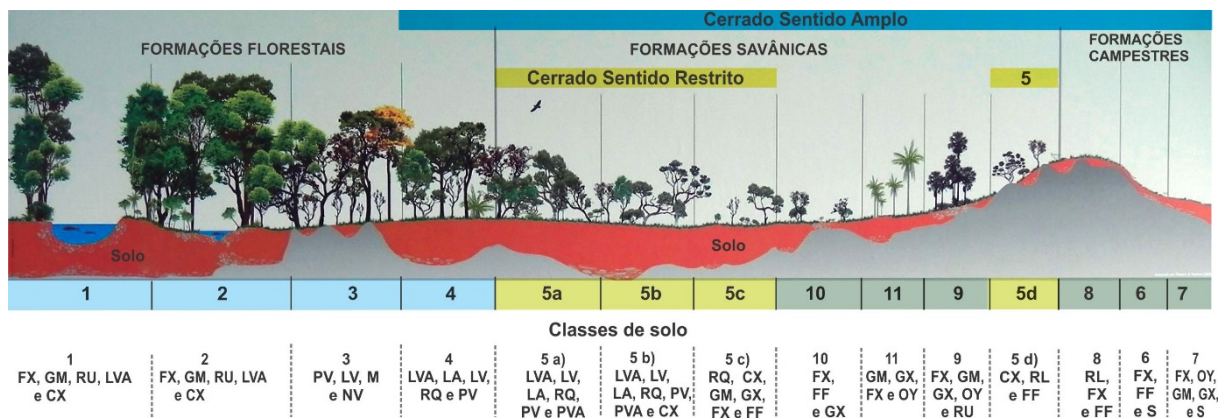
nos interflúvios e vertentes suaves dos diferentes tipos de planaltos regionais. Faixas de campos limpos ou campestres sublinham as áreas de cristas quartzíticas e xistos aplainados e mal pedogenetizados dos bordos dos chapadões onde nascem bacias de captação de torrentes dotadas de forte capacidade de dissecação [...]. (AB'SÁBER, 2005, p. 117-118)

Em sua análise, Ab'Sáber destaca as características dos domínios morfoclimático e fitogeográfico que ele denomina como “conjunto espacial grandeza territorial”, ou seja, paisagem.

Para EITEN (1990), o gradiente de formas fisionômicas do Cerrado se deve a três aspectos mais relevantes: a fertilidade, correlacionada ao teor de alumínio disponível, a profundidade e o grau e duração de saturação da camada superficial ou subsuperficial.

A classificação fitofisionômica de Ribeiro e Walter (1998) para o Cerrado foi utilizada por vários estudiosos para apresentar as diferentes formações em sua área de maior abrangência e, segundo Sano *et al.* (2007), é adequada para o uso em mapeamentos com escala local de 1:100.000. Essas formações se subdividem em: formações florestais (mata ciliar, mata de galeria, mata seca, cerradão); savânicas (Cerrado sentido restrito, parque de Cerrado, palmeiral e vereda); e campestres (campo sujo, campo limpo e campo rupestre), conforme Figura 1.

Figura 1 - Perfil das principais fitofisionomias do Bioma Cerrado



Fonte: Adaptado de Ribeiro e Walter, (2008) e WWF Brasil. <www.wwf.org.br> 2017

Estas fitofisionomias, apresentadas e numeradas no transecto da Figura 1, possuem maior proporção de biomassa da esquerda para a direita, enumeradas: 1 mata ciliar; 2 mata de galeria; 3 mata seca; 4 cerradão; 5 Cerrado sentido restrito; 5a denso; 5b típico; 5c Ralo; 5d Rupestre; 10 parque de Cerrado; 11 palmeiral; 9 vereda; 6 campo sujo; 7 campo limpo e 8 campo rupestre. É importante ressaltar que não se pressupõe que cada uma dessas fitofisionomias ocorra uma ao lado da outra.

Outro elemento mostrado na Figura 1 é a Classificação Brasileira de Solos (Embrapa, 1999) listada quanto à sua ocorrência em cada fitofisionomia do Cerrado de sentido amplo: Latossolo Vermelho (LV), Latossolo Vermelho-Amarelo (LVA), Latossolo Amarelo (LA), Neossolo Quartzarênico (RQ) (Coutinho, 1978 *apud* RIBEIRO; WALTER, 2008, p. 165).

O Cerrado brasileiro é a maior área de savana existente no mundo. Sua ocupação territorial desordenada traz várias consequências negativas. São necessárias informações detalhadas sobre o uso e a cobertura da terra no Bioma Cerrado para, por exemplo, ser possível monitorar os remanescentes de vegetação nativa e planejar atividades econômicas. Tendo isso em vista, o Ministério do Meio Ambiente (MMA), por meio do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira (PROBIO), publicou os Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros, ano-base 2002, com o objetivo de fornecer informações oficiais para todo o Cerrado e sobre ele.

Conforme mostra o Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do Cerrado, Brasil (2015) realizado através do Projeto TerraClass em 2013, o Cerrado possui aproximadamente 54% de sua área com cobertura natural; 41% de sua área já foram convertidos em pastagem e agricultura. Está entre os Biomas brasileiros que têm sofrido as consequências das mudanças no uso da terra.

Ferreira (2003) e Mendes (2005) afirmam que o Cerrado foi alcançado pelo intenso processo de modernização das técnicas produtivas no campo iniciado na década de 1950 que, com a adoção de políticas de infraestrutura e investimentos financeiros, possibilitou posteriormente a criação e a expansão de agroindústrias.

Nesse contexto, o município de Catalão (GO), também foi alcançado pelos desenvolvimento das agroindústrias, da agropecuária e do setor minerador. Klein (1996), realizou a caracterização ambiental para compreender evolução do uso do solo na região do Complexo Ultramáfico-Alcalino-Carbonatítico de Catalão I, com técnicas de geoprocessamento e análise geoquímica. Klein destaca que as atividades desenvolvidas na região do complexo associadas, no período de análise de 1964-1995, geraram impactos ambientais como a extração da vegetação nativa de nascentes e vertentes, além de ausência de manejo correto em campos de produção de agrícola, e em cavas, o que pode aumentar os processos erosivos, levando à perda de micro e macro nutrientes nos solos e ao assoreamento das drenagens, contribuindo para a extinção de espécies da fauna e flora.

Já Ferreira (2003) faz uma análise comparativa das veredas na região do Chapadão de Catalão (GO), utilizando imagens de satélites, para compreender como se deu a ocupação desordenada da região a partir 1970, interferiu nos subsistemas das veredas, prejudicando-as e afetando e interrompendo o fluxo das nascentes dos cursos d'água. Entre as ações dessa ocupação desordenada Ferreira destaca a retirada da vegetação nativa, a construção de estradas, o uso indiscriminado de corretivos e insumos nos solos, a inserção de grandes áreas adensadas de florestamentos com espécies exóticas. A criação de projetos de irrigação no Chapadão intensificou a pressão sobre as fontes dos recursos hídricos. Em sua pesquisa, Ferreira mapeou, no período de 1997-2001, 44 pivôs consumindo águas de represas sobre veredas.

Klein (1996), Ferreira (2003) e WWF (2006) são consoantes em suas afirmações de que o visível uso inadequado, agrícola e não-agrícola, dos recursos hídricos, do solo e da vegetação do Cerrado resulta em degradação ambiental de vários tipos: erosão, assoreamento, exaustão dos solos, poluição dos mananciais, afogamento e migração de nascentes, perda de biodiversidade, destruição das matas ciliares.

Certamente, é urgente a necessidade de mais estudos e análises da paisagem do Cerrado, por ela ser “uma herança em todo o sentido da palavra: é herança de processos fisiográficos e biológicos e patrimônio coletivo dos povos que historicamente o herdaram como território de suas comunidades” (AB'SABER, 2003, p. 9). Segundo Brasil (2015), o projeto TerraClass mostra que as Unidades de Conservação cobrem somente 8,6 % da paisagem natural do Cerrado.

Desse modo, este trabalho propõe-se a trazer uma contribuição para o tratamento do município de Catalão como um todo, considerando, nesta abordagem, as condicionantes físicas e antrópicas para o uso potencial das terras para o Cerrado de Catalão.

2.2. Classificação das terras no sistema de capacidade de uso

O Sistema de Aptidão da Terra (SAA) e o Sistema de Capacidade de Uso (SCU) são importantes técnicas para o planejamento do uso da terra porque tornam possível

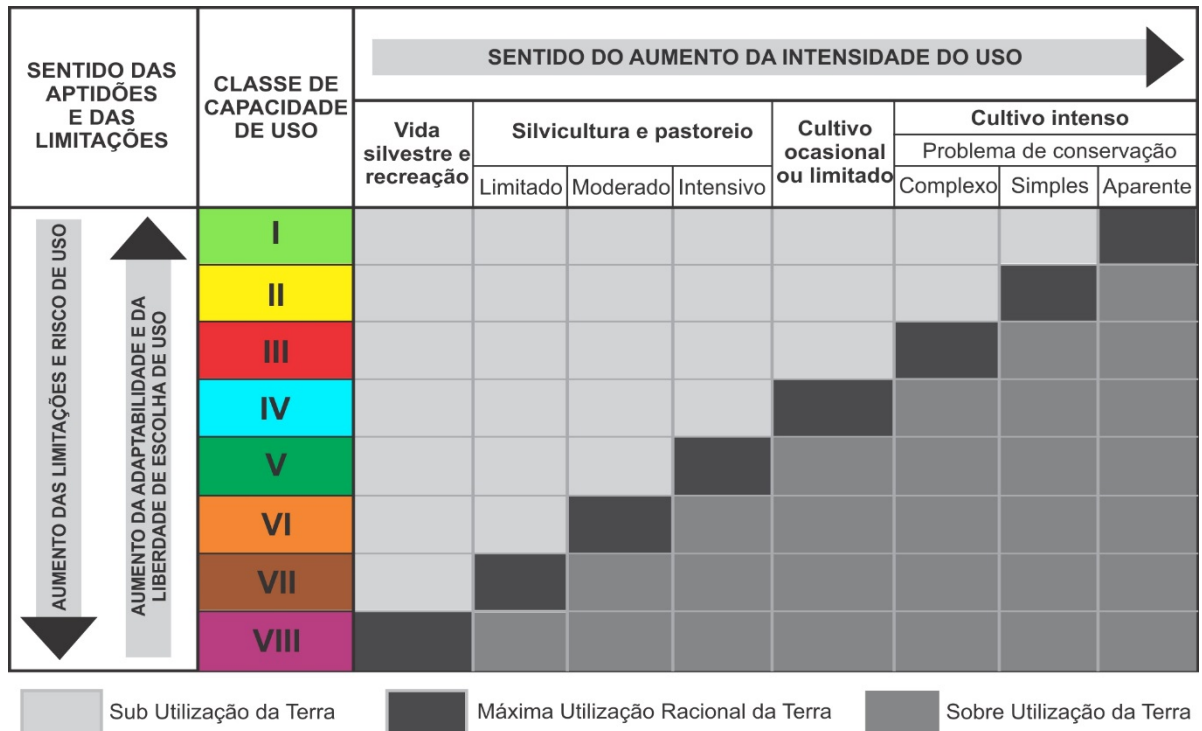
medir a dinâmica dos impactos em determinado espaço ou ecossistema. Por meio deles pode-se definir o potencial da terra, a limitação e o manejo adequado. Com a utilização destes sistemas, estabelecem-se alternativas possíveis, pois, conforme pontuaram Assad, Hamada e Cavalieri (1998), são necessárias medidas e recursos para determinar a capacidade do meio de suportar os impactos decorrentes do manejo.

São várias as metodologias para se avaliar a aptidão de terras e a sua capacidade de uso. A insuficiência de levantamentos convencionais detalhados para elaboração e a execução de projetos agrícolas tem atraído a atenção para o problema; tal fato também favorece classificação por meio do sistema de capacidade de uso no Brasil. Dentre os sistemas de avaliação adotados no país, merecem destaque o Sistema FAO/Brasileiro, de aptidão agrícola das terras, o Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras (Ramalho-Filho e Beek, 1995) e o Sistema de Capacidade de Uso (Lepsch et al. 1991; 2015). Para este trabalho, optou-se pela adoção do sistema de capacidade de uso, que está na sua quinta aproximação, por se considerá-lo melhor para conservação compatível com as informações sobre solos disponíveis para pesquisa, conforme Assad; Hamada e Cavalieri (1998), Brito (2001), Mendes (2016).

A classificação de terras no Sistema de Capacidade de Uso proposta por Lepsch et al. (2015) determina a realização de levantamento das classes de declive, das unidades de solos e do uso atual. Ainda, classifica classes homogêneas de terras, ordenadas por grau de limitação e subclasses, com base na natureza da limitação do uso. No estabelecimento das classes de Capacidade de Uso leva-se em consideração critérios como a estabilidade do solo, a produtividade, a fertilidade, o impedimento ao emprego de máquinas e o ambiente ecológico com maior ou menor complexidade de práticas de melhoramento.

As Classes I, II e III são terras próprias para todos os usos, inclusive cultivos intensivos. Já as Classes IV, V, VI e VII são terras impróprias para cultivos intensivos, embora sejam aptas para pastagens e reflorestamento ou vida silvestre e recreação. Na Classe VIII estão as terras aptas para proteção da flora, a vida silvestre e a recreação. A Figura 2 mostra a constituição dos agrupamentos de classes que indicam adaptabilidade de uso da terra para a agricultura e suas convenções de cores.

Figura 2 - Intensidade máxima de utilização da terra conforme as classes de capacidade de uso e/ou limitações e convenção de cores



Fonte: Lepsch et al. (2015)
 Adaptação: SILVA, A. S.(2017)

Na figura 2, podemos observar também como se dá a distribuição das classes de capacidade de uso, numeradas de I a VIII, que são baseadas no grau de limitação de uso. E o sentido das aptidões e das limitações, indicam que quanto menor a classe capacidade de uso, maior a liberdade de escolha, e quanto maior o número da classe, menor a liberdade de uso da terra, portanto tendo limitações de uso, com risco a conservação, sendo necessário o manejo mais cuidadoso.

Quanto a intensidade de utilização da terra, está representada nos tons de cinza ao preto, o cinza mais claro indica subutilização da terra, o preto a utilização máxima da terra conforme o uso racional, já o cinza escuro representa sobre utilização da terra.

A seguir, são descritas as classes de capacidade de uso e/ou limitações e suas convenções de cores, conforme Lepsch et al. (2015):

Classe I - Terras cultiváveis sem ou com ligeiras limitações permanentes de problemas para o uso agrícola intensivo. Cor verde clara.

Classe II - Terras cultiváveis com limitações permanentes e/ou risco de degradação em grau moderado para uso agrícola intensivo; são terras cultiváveis com problemas simples de conservação. Cor amarela.

Classe III - Terras com limitações permanentes e alto risco de degradação para uso agrícola intensivo; apesar de serem cultiváveis, indicam problemas substanciais de conservação. Cor vermelha.

Classe IV - Terras com limitações permanentes, com sérios riscos de degradação para uso agrícola; uso para cultivo ocasional, limitadas. Cor azul.

Classe V - Terras sem ou com pequeno risco de degradação pela erosão, com limitações não manejáveis, mas podem ser utilizadas para pastagens, reflorestamentos ou vida silvestre. Cor verde-escura.

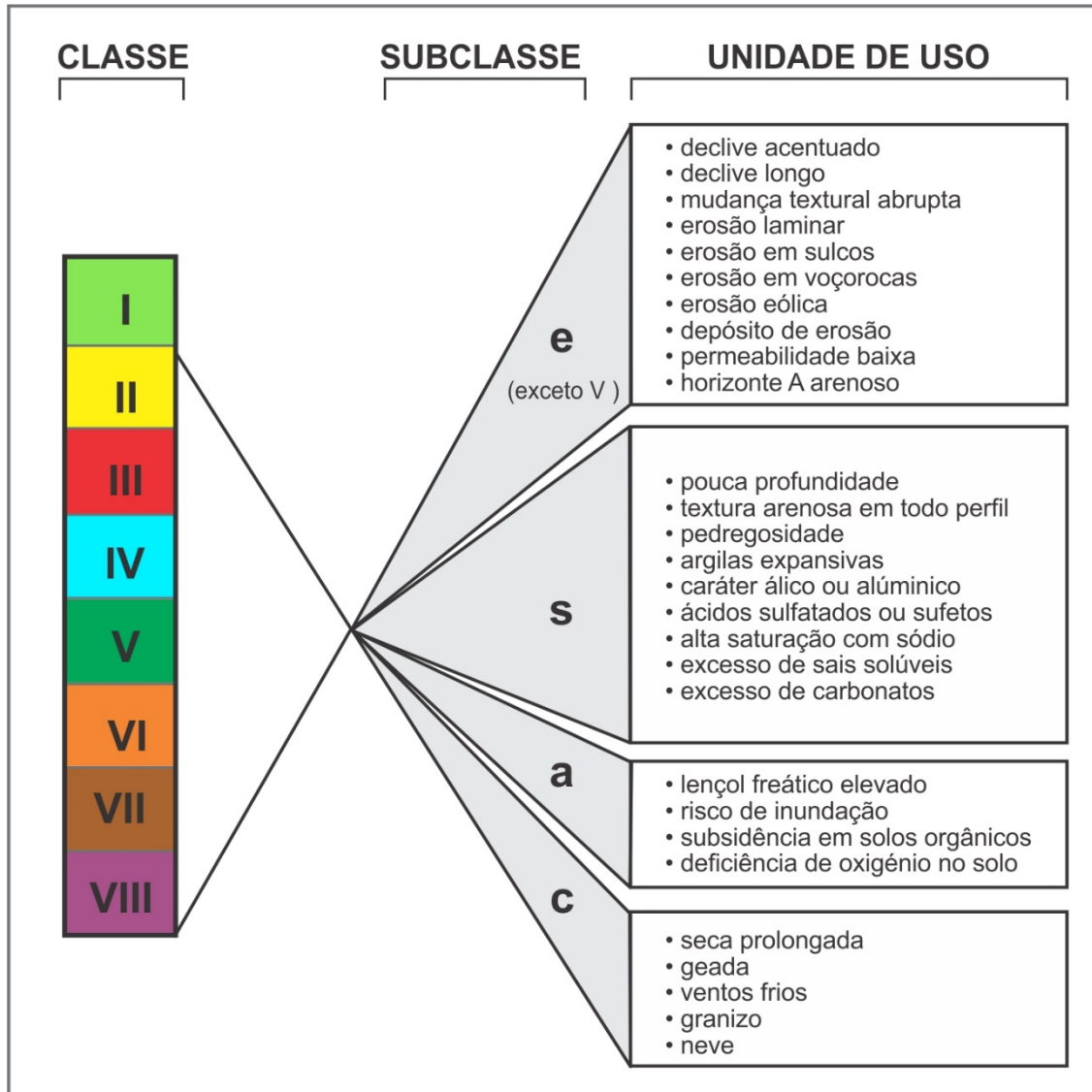
Classe VI - Terras com problemas permanentes e/ou risco alto de degradação; são aptas somente para pastagens e/ou reflorestamento, podendo ser utilizadas para algumas culturas permanentes protetoras do solo, mas somente em casos especiais. Cor laranja.

Classe VII - Terras com problemas permanentes e/ou elevadíssimo risco de degradação, ainda que usadas para pastagens e/ou reflorestamento, requerem complexos manejos. Cor marrom.

Classe VIII - Terras inadequadas para culturas, pastagens ou reflorestamentos, indicadas apenas para abrigo e proteção da fauna e da flora silvestres, como ambientes de recreação protegidos ou represamento de água. Cor roxa.

A proposta de Lepsch et al. (2015) também destaca outras características importantes que vão determinar o fator mais limitante numa parcela do que noutra, ordenadas nas subclasses e unidades de capacidade de uso das terras, conforme esquema (Figura 3).

Figura 3 - Classes, subclasses e características das unidades de uso e capacidade das terras



Fonte: Lepsch et al. (2015)

Adaptação: SILVA, A. S. (2017)

As subclasses, que identificam o nível de limitação das respectivas classes, são quatro: “e”, de erosão quanto aos riscos; “s”, de solos com determinadas limitações; “a”, de água em excesso; “c”, de clima limitante. As unidades de uso e capacidade, em cada subclasse, se referem, principalmente, ao tratamento que é necessário dar ao solo, de modo a superar as suas limitações, levando em conta as características de maior importância, como declive acentuado (e), pouca profundidade (s), lençol freático elevado (a), seca prolongada (c), dentre outras.

Segundo Lepsch et al. (2015), o Sistema de Capacidade de Uso foi original e principalmente criado para atender às práticas de conservação do solo. Mas, ele não fornece todos os dados para o planejamento das atividades; o planejador também deve considerar aspectos econômicos e sociais, a serem abordados numa etapa seguinte da classificação.

A propósito, a 5ª aproximação do manual de capacidade de uso de Lepsch et al. (2015) traz algumas mudanças nos parâmetros a serem considerados; foram retirados os grupos A, B e C e mantidas as categorias classe, subclasse e unidades de capacidade de uso das terras.

Pereira e Tôsto (2012) desenvolveram seu trabalho para avaliar a capacidade de uso das terras e averiguar o nível de sustentabilidade agrícola do município de Araras - SP e restringiram-se aos grupos e classes. Mas, além de considerarem as classes de I a VIII, os autores acrescentaram as classes VIIIFF (restrição de ordem legal) e VIIIff (áreas muito frágeis, com restrições muito fortes agroambientais) e as classes de áreas urbanas e de corpos d'água. As últimas duas classes foram quantificadas separadas das demais. Foi realizada a análise da adequabilidade, por meio do cruzamento dos mapas de capacidade de uso das terras e de uso atual e, assim, obteve-se o mapa de adequação de uso da terra. Já Mendes (2016) sugere a inclusão de uma nova classe, que considera as APPs, referentes à questão ambiental.

A seguir, o Quadro 1 traz um resumo simplificado do sistema de classificação da capacidade de uso das terras, considerando os pressupostos de Lepsch et al. (2015) com a interpretação baseada no conhecimento das potencialidades e limitações das terras, levando em conta a profundidade dos solos, a suscetibilidade à erosão e a declividade, dentre outros parâmetros obtidos no levantamento para a elaboração de um mapeamento para estabelecer melhores alternativas para o uso das terras.

Quadro 1 - Sistema de Classificação da Capacidade de Uso das Terras, com classes, parâmetros e grau limitante

PARÂMETRO	GRAU	CLASSE	PARÂMETRO	GRAU	CLASSE
LIMITAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO	NULO	I	CLASSE DE DECLIVE	0-2%	I
	LIGEIRO	I		2,1-5%	II
	MODERADO	II		5,1-10%	III
	FORTE	III		10,1-15%	IV
	MUITO FORTE	VI		15,1-45%	VI
				>45%	VII
PROFUNDIDADE EFETIVA	> 1m	I	GRAU DE EROSÃO LAMINAR	NÃO APARENTE	I
	0,5 – 0,99 m	II		LIGEIRA	II
	0,25 – 0,49 m	IV		MODERADA	III
	< 0,25 m	VI		SEVERA	VI
				MUITO SEVERA	VII
DRENAGEM INTERNA DO PERFIL DE SOLO	EXCESSIVA	II		EXTREMAMENTE SEVERA	VIII
	ADEQUADA	I	EROSÃO EM SULCOS SUPERFICIAIS	OCASIONAIS	II
	MODERADA	II		FREQUENTES	III
	POBRE	III		MUITO FREQUENTES	IV
	DEFICIENTE	V	EROSÃO EM SULCOS RASOS	OCASIONAIS	III
PEDREGOSIDADE	SEM PEDRAS	I		FREQUENTES	IV
	< 1%	II		MUITO FREQUENTES	VI
	1 - 10%	III		OCASIONAIS	IV
	11 - 30%	IV		FREQUENTES	VI
	31 - 50%	VI		MUITO FREQUENTES	VII
	> 50%	VII	EROSÃO EM SULCOS PROFUNDOS	OCASIONAIS	IV
RISCO DE INUNDAÇÃO (QUANDO HOVER)	OCASIONAL	III		FREQUENTES	VI
	FREQUENTE	V	VOÇOROCAS	MUITO FREQUENTES	VII
	MUITO FREQUENTE	VIII			VIII
VELOCIDADE DE ENXURRADA (DEFLÚVIO SUPERFICIAL)	LENTO	I	SECA EDAFOLÓGICA Solo seco de 20-100cm	MUITO CURTA	I
	MUITO LENTO OU MODERADO	II		CURTA	II
	RÁPIDO	III		MÉDIA	III
	MUITO RÁPIDO	IV		LONGA	VI
				MUITO LONGA	VI

Fonte: Oliveira (2010)

Adaptação: SILVA, A. S. (2017)

Para determinar as glebas de terra em um mapeamento, Legros (2006), citado por Lepsch et al. (2015), destaca duas opções: a analítica ou categórica e a sintética. No procedimento analítico, o mapeador pode utilizar a relação entre solo e paisagem, separando-o em unidades conforme características externas, como formas do terreno, vegetação e cor do horizonte superficial, para depois caracterizar essas unidades. Este método tem como princípio que as observações sejam feitas diretamente, em campo, obtêm-se, assim informações com maior rapidez, mas são requeridos conhecimentos teóricos e de prática de campo.

No procedimento sintético são feitas observações pontuais que, depois, são agrupadas de tal forma que as unidades resultantes do mapeamento apresentam a menor variabilidade possível de atributos de solo. Esse procedimento costuma ser

chamado por mapeamento por malha, com área em porções menores geralmente polígonos regulares em intersecções que formam uma malha com pontos.

Certamente as características levantadas no campo são imprescindíveis para compor a fórmula mínima obrigatória:

$$\frac{\text{profundidade efetiva - textura - permeabilidade}}{\text{declividade - erosão}} \quad \text{fatores limitantes ao uso atual}$$

Nesta fórmula são inseridas informações escritas, em forma numérica e literal. No numerador, ficam a profundidade efetiva, a textura e a permeabilidade e no denominador vêm a declividade e a erosão.

Mendes (2016), a partir da 4ª aproximação do manual de capacidade de uso, comparando os fatores levantados em cada fórmula mínima e buscando encontrar as melhores classes e subclasses que representassem as características observadas, conforme critérios diagnósticos de Lepsch et al. (1991), utilizou o procedimento sintético. A autora, além realizar um mapeamento da capacidade de uso da terra, também propõe uma avaliação das áreas potenciais de preservação ambiental como áreas de conflito em uma bacia hidrográfica.

O sistema de capacidade de uso foi utilizado por Assad, Hamada e Cavalieri (1998), por Brito (2001) e por Dias (2008) em contextos distintos, respectivamente, em uma fazenda experimental, em uma bacia hidrográfica e num município. Brito (2001) e Dias (2008) empregaram o procedimento do sistema de capacidade de uso para gerar um mapa de recomendação de uso da terra com medidas práticas, em conformidade com a legislação ambiental em suas abordagens. Assad, Hamada e Cavalieri (1998) não deram ênfase à legislação ambiental em sua pesquisa tanto quanto Mendes (2016).

2.3. Sistema de classificação de aptidão agrícola das terras

O levantamento para a aptidão agrícola das terras, conforme a metodologia definida por Ramalho Filho, Pereira e Beek (1978), possui seis níveis genéricos de aptidão agrícola para analisar o comportamento da terra e identificar as melhores circunstâncias para uso agrícola da terra, considerando a relação custo/benefício

favorável, devendo representar essas unidades no mapeamento de aptidão, atentando-se para o nível tecnológico a ser utilizado, indicado pelas letras A, B e C.

Os níveis são numerados de 1 a 6 e os grupos identificam cada tipo de uso, divididos em 1, 2 e 3, que representam as terras aptas para lavouras, seguidos, em ordem de aptidão, pelas boas, regulares e restritas. O grupo 4, traz as terras indicadas para pastagem plantada (P), ao passo que, no grupo 5, estão as terras indicadas para silvicultura (S) e/ou pastagem natural (N) e, por fim, o grupo 6 revela as terras indicadas para preservação da natureza, portanto, sem aptidão agrícola.

Com o objetivo de determinar as Classes de Aptidão Agrícola, a metodologia de Ramalho Filho, Pereira e Beek (1978) considera três níveis de manejo, representados pelas letras A (nível primitivo), B (nível pouco desenvolvido) e C (desenvolvido). As terras nos diversos níveis de manejo, quanto à aptidão agrícola, podem ser classificadas como boas, regulares, restritas ou inaptas.

As subclasses das classes de aptidão agrícola boas, regulares, restritas ou inaptas, podem ter limitações como: deficiência de fertilidade (f); deficiência de água (h); excesso de água ou deficiência oxigênio (o); suscetibilidade à erosão (e); impedimentos à mecanização (m); graus de limitação dentro das subclasses.

O nível A (nível primitivo) leva em conta as práticas agrícolas que representam um baixo nível tecnológico, nas quais quase não há custo para realizar o manejo com melhoramento e conservação das condições das terras. Nesse nível, as práticas agrícolas aplicadas dependem do trabalho braçal, com um potencial para a utilização de tração animal com implementos ou ferramentas agrícolas simples.

Já o nível de manejo B (nível pouco desenvolvido) é baseado em práticas agrícolas de nível tecnológico médio, com as quais há uma modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. As práticas agrícolas estão limitadas, principalmente, à tração animal, mas com uso de mecanização no preparo inicial da terra.

O nível de manejo C leva em conta as práticas agrícolas que refletem um alto nível tecnológico, com elevado custo e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras. Nesse nível, a mecanização é aplicada nas várias fases do trabalho agrícola com a terra.

O grupo 4, que envolve as terras indicadas para pastagens plantadas, e o grupo 5, em que estão as terras indicadas para silvicultura, supõem, pelo menos, o nível de

manejo B, enquanto nas terras indicadas para pastagem natural pode ser aplicado o nível de manejo A.

Os subgrupos de aptidão agrícola são resultados da união da avaliação das classes e dos grupos de aptidão. No subgrupo formado, 2(a)bc, a aptidão das terras é regular para lavoura nos níveis B e C e restrita (entre parênteses) no nível A. Já as letras maiúsculas, se constassem, seriam classificadas com a aptidão boa.

Por fim, além da aplicação dos parâmetros para se identificar as aptidões das áreas, deve-se identificar também as incompatibilidades legais que correspondem às áreas de preservação permanente (APPs) que foram utilizadas para outro fim distinto do que determina à legislação vigente. Conforme observado por Rosa (1995), em seu Zoneamento Econômico-Ecológico, na avaliação das terras para fins agrícolas tem que se ponderar outros tipos de usos além dos agrícolas, sobretudo respeitando as áreas de preservação permanente, em conformidade com a legislação, federal, estadual ou municipal.

2.4. Geoprocessamento para avaliação de terras no sistema de capacidade de uso

A crescente pressão acerca do uso das terras, causada pelo sistema produtivo sobre os recursos naturais limitados, pede estratégias de uso racional desses recursos, com planejamento e representação espacial para conhecer e racionalizar o uso do espaço geográfico. Certamente, as técnicas de geoprocessamento possibilitam a aquisição e o tratamento para se correlacionar e analisar as informações espaciais e de dados não espaciais sobre a distribuição geográfica, reduzir o tempo de produção de mapas e ampliar possibilidades de realização de análises.

Sobre a utilização de SIGs, Câmara e Medeiros (1998) afirmam que eles podem ser usados como ferramentas para a produção de mapas, suporte para análise espacial de fenômenos e para constituição de bancos de dados geográficos, com armazenamento e recuperação de informação espacial.

Nos Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) é possível agrupar informações espaciais, não espaciais, geográficas e não geográficas, por meio de

pontos, linhas e áreas ou polígonos. Conforme os ensinamentos de Rosa e Brito (1996) e de Miranda (2005), os dados espaciais presentes em SIGs são apresentados em formato *raster* (*pixel*) ou matricial (vetor). Portanto, a escolha de qual(is) formato(s) de dados podem ser utilizado(s) em um SIG deve ser adequado, aos procedimentos metodológicos e ao objeto de estudo para ser bem aplicado na análise da adequabilidade do uso da terra ou da bacia hidrográfica.

O projeto TerraClass Cerrado (MMA, 2015) usou imagens ópticas do sensor OLI (*Operational Land Image*) do satélite Landsat-8 e técnicas de PDI. Para criar as classes temáticas, aplicou-se uma segmentação, classificação não-supervisionada, para, posteriormente, ser validada com chaves de interpretação visual usando as características espectrais cor, textura e geometria em tela.

Similarmente ao projeto TerraClass Cerrado, Guimarães e Cremon (2017) aplicaram parte dos procedimentos utilizados no mapeamento do projeto na análise da classificação do uso e cobertura da terra aplicando a classificação não-supervisionada com algoritmo ISOSEG em uma cena do sensor óptico OLI/Landsat-8 e de uma combinação da mesma área com uma cena SAR do Sentinel-1. No entanto, não obtiveram resultados significativos com a fusão entre as imagens óptica e SAR.

Nesse sentido, frente a tantos reordenamentos espaciais na paisagem do Cerrado, a incorporação de técnicas de sensoriamento remoto para a sua interpretação, entre outras metodologias de geoprocessamento, é necessária e positiva. Mas, se faz necessário ainda reduzir os custos, o tempo de vetorização para se fazer um mapeamento com qualidade utilizando-se aparatos compatíveis e de baixo custo.

Diante disso, Silva, Gusson e Rosa (2017) incluíram no procedimento de digitalização e na análise multitemporal do uso da terra aplicado a uma bacia hidrográfica, o uso de mesa digitalizadora com caneta interativa de baixo custo, pois isso reduz o tempo de vetorização das classes. Igualmente Valeriano (2002) utilizou o modelo digital do terreno (MDT), por meio de uma interpolação matemática no SIG e Embrapa (1979), para determinação das classes de declividade.

Em relação às rotinas e funcionalidades de análise espacial, destacam-se os classificadores supervisionados, o mapeamento em tela, a interpretação visual com chaves e conferência a campo, por apresentarem bons resultados. Desta forma, optou-se, nesta pesquisa, pela utilização de *softwares* livres, abertos, QGIS,

GRASS GIS, SAGA GIS, para também poder dar continuidade ao procedimento adotado por Silva, Gusson e Rosa (2017), destacado também por Dangermond e Artz (2012).

Consoante com Rosa (1995), utilizou-se os SIGs para realizar o Zoneamento Econômico-Ecológico aplicado à bacia hidrográfica, pois eles possuem recursos importantes para determinar áreas com potenciais agrícolas das terras e áreas de preservação permanente. Brito (2001) realizou estudos de adequação do uso da Terra na bacia hidrográfica do Bom Jardim, no município de Uberlândia (MG), utilizando ‘os quatro níveis da pesquisa geográfica’ de Libault (1971) e o SIG Spring para cruzar informações sobre solo, declividade, uso das terras entre outras classes. Também Mendes (2016), que realizou um mapeamento da capacidade de uso da terra em uma bacia hidrográfica e propôs a avaliação das áreas potenciais de preservação ambiental como áreas de conflito, utilizou a interpretação visual em tela com chaves e conferência a campo.

Com base em apontamentos do IBGE (2013), os estudos de uso da terra possuem uma concepção teórica que guia a apreensão espacial e temporal como meio de se programar ações para a gestão da apropriação do espaço geográfico global ou local, além de analisar a dinâmica espacial multitemporal.

Assad, Hamada e Cavalieri (1998), realizaram o estudo de uma mesma área utilizando ora procedimento manual ora com SIG Idrisi. Destacaram nos SIG's a concordância com o mapa de referência (manual), sendo obtida a exatidão global de 70% (resultado substancial). Além da maior rapidez no cruzamento dos planos de informação para obtenção de mapas de capacidade de uso, também há a redução na subjetividade do processo manual. As vantagens superam as desvantagens na execução do trabalho em SIG, colaborando com a tomada de decisão para estudos de potencialidade da terra.

3. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Os procedimentos metodológicos operacionais foram estruturados para conduzir as demais etapas da pesquisa. Diante disso, optou-se por pela metodologia que se baseia nos quatro níveis da pesquisa geográfica, conforme discriminado por Libault (1971), para compreender, realizar procedimentos e contemplar objetivo da pesquisa, que é produzir e propor um mapa de uso potencial das terras, de acordo com as características físico-naturais do município de Catalão (GO).

3.1. Materiais

Os materiais foram divididos em: Equipamentos, Documentos, *Softwares* e módulos de extensão, que são o mesmo que *plugin*, são programas de computador utilizados para adicionar funções a outros programas, obtendo aplicações ou funcionalidades a mais.

3.1.1. Equipamentos

Para a operacionalização da pesquisa foram utilizados os seguintes equipamentos:

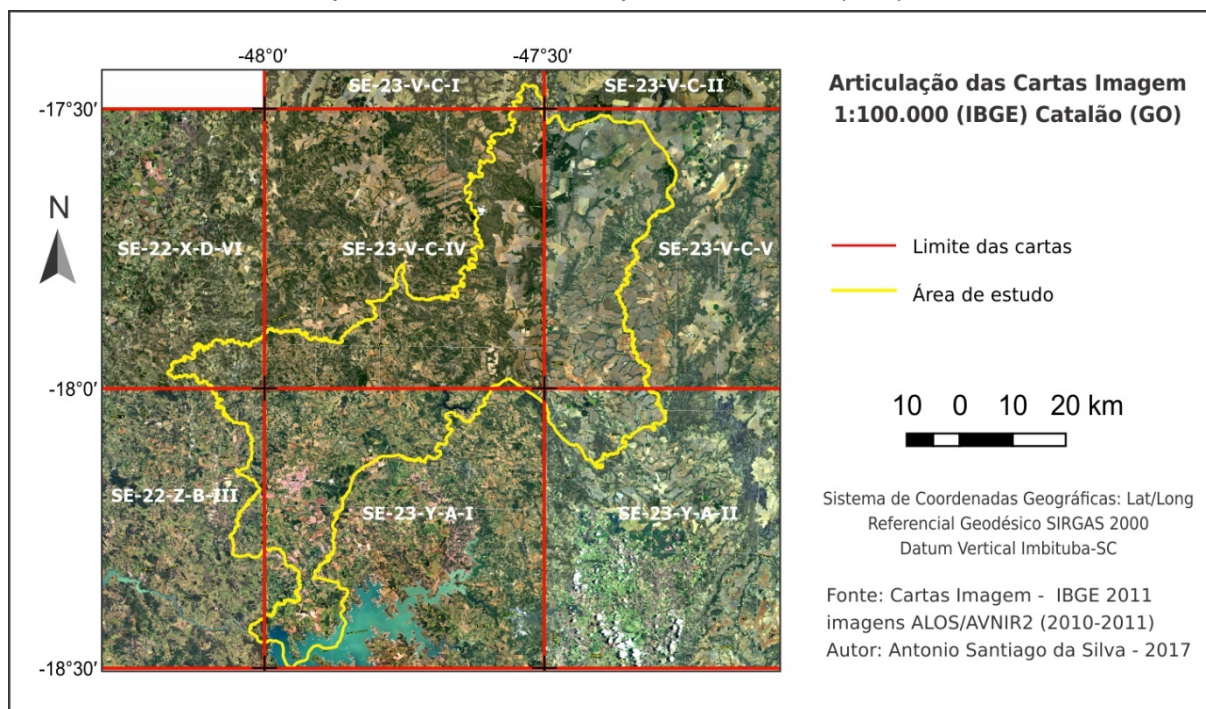
- Notebook Asus A42F, Intel Core i5-460M, 2.53 GHz, 8GB, SSD Kingston HyperX Fury 240GB SATA III (leitura, gravação: 500MB/s), tela 14”;
- Monitor Ips Full Hd Dell U2412m de 24” Ultrasharp, permite calibração de cores exatas gama de cores a 82% (CIE 1976);
- Câmera digital Panasonic Dmc-fz70, *full hd*, *zoom* 60x 16.1mp;
- GPS (Sistema de Posicionamento Global de Navegação) Garmin;
- Mesa digitalizadora multi-touch Wacom Intuos Pro - PTH451L, 320 x 208 x 12 mm, Caneta com 2048 níveis de sensibilidade à pressão e três botões.

3.1.2. Documentos

Para a realização deste trabalho, utilizou-se fontes da literatura referentes ao tema pesquisado, dados e informações não espaciais e espaciais, documentos cartográficos de órgãos oficiais que subsidiaram os procedimentos para a caracterização do meio físico e a elaboração dos mapas temáticos propostos nesta pesquisa.

- Cartas Imagem na escala de 1:100.000 UTM, Referencial Geodésico SIRGAS2000, *Datum* vertical Imbituba: (Cavaleiros) SE.23-V-C-I; (Campo Alegre de Goiás) SE.23-V-C-IV; (Ipameri-GO) SE.22-X-D-VI; (Catalão-GO) SE.23-Y-A-I; (Goiandira-GO) SE.22-Z-B-III; (Guarda-Mor, MG) SE.23-V-C-V; (Coromandel-MG) SE.23-Y-A-II, todas editadas em 2011 - IBGE. Articulação das cartas foram utilizadas para realizar correção geométrica das imagens de satélites (Figura 3).

Mapa 3 - Articulação das cartas-imagem utilizadas na pesquisa 1:100.000 - IBGE, que cobrem o município de Catalão (GO)



Fonte: Cartas Imagem - IBGE (2011)
Elaboração: SILVA, A. S. (2017)

- Base cartográfica do arquivo gráfico municipal na escala de 1:100.000 - 2016 - IBGE, utilizando vetores da hidrografia e da malha viária;
- Folhas SE.23-V-C e SE.23-Y-A, Geologia, escala 1:250.000 do Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás (MACROZAE-GO, 2014), Sistema Estadual de Geoinformação - SIEG / Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos - IMB: foram utilizadas para compilar o mapa de Geologia.
- Mapa de Solos, perfis no formato vetor, folhas SE.22 e SE.23, ambas no recorte de 1:250.000, produto do levantamento de recursos naturais do Projeto RADAMBRASIL, atualizados conforme Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015); refinamento de solos de Goiás para a escala de 1:250.000, Emater (2016); Perfis de Solos formato vetor, escala 1:250.000 do Plano diretor da Bacia do Rio Paranaíba em Goiás, UFV - Ruralminas - IMB: utilizado para compilar e adaptar o mapa de solo.
- Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás e Distrito Federal SIG-Goiás, 1:500.000 - Superintendência de Geologia e Mineração - SIC: foi utilizado para compilar o mapa Geomorfológico.
- Dados vetoriais das categorias de uso da terra e cobertura vegetal do Bioma Cerrado, no Estado de Goiás, do Mapeamento do Uso e Cobertura da Terra do Cerrado Probio Cerrado 2002 (MMA, INPE, IBAMA, CPAC/EMBRAPA, IG/UFU, IESA/UFG), na escala de 1:250.000, para comparar e analisar visualmente o limites da cobertura vegetal nativa em 2016.
- Imagens do Sensor OLI/Landsat 8 de 7 de setembro de 2016, órbita 221, ponto 72; 7 de setembro de 2016, órbita 221, ponto 73; 30 de julho de 2016, órbita 220, ponto 72; 30 de julho de 2016, órbita 220 ponto 73, disponibilizadas pelo Departamento de Geologia dos Estados Unidos USGS - EROS Center (earthexplorer.usgs.gov), para elaborar o mapa de uso da terra e cobertura vegetal de 2016.
- Imagens de radar da Agência Japonesa de Exploração Aeroespacial, JAXA, ALOS PALSAR, L-Band, Polarização HH com resolução de 12,5 metros, Bandas ALPSRP273506830, ALPSRP273506820, ALPSRP273506810, 14 de março de 2011; ALPSRP271026830, ALPSRP271026820, ALPSRP271026810, 25 de

fevereiro de 2011, Imagens FBS (*fine beam single*), respectivamente, no catálogo Vertex do Alasca Satellite Facility (ASF), disponibilizadas gratuitamente em (vertex.daac.asf.alaska.edu), na Revista Gismo Brasil (2017) mostra como baixar (<https://gismobrasil.com/2017/07/23/download-mde-alos-com-resolucao-125-m>), National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), European Space Agency (ESA), Geoscience Australia e JAXA. Foram utilizadas para delimitar as bacias hidrográficas e elaborar os mapas de declividade e de hipsometria.

As bases cartográficas utilizadas nesta pesquisa foram reprojetadas para a projeção Cônica Equivalente de Albers, antes de ser realizado o cálculo das áreas, ao término de cada mapa, sendo publicados com Sistema de Projeção Lat/Long e Referencial Geodésico Sirgas2000.

3.1.3. **Softwares e módulos de extensão**

A escolha dos programas utilizados se deu por serem aptos e eficientes para o desenvolvimento e alcance dos objetivos da pesquisa. Foram utilizados os seguintes *softwares* livres, gratuitos e multiplataformas:

- QGIS 2.14 Essen e 2.18 Las Palmas - SIG utilizado na elaboração do banco de dados geográficos, vetorização e análises espaciais. Foi criado em 2002 pelo projeto oficial da Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Também desenvolve outros SIGs: GeoServer e MapServer (ambos são *web mapping*), GRASS GIS e SAGA GIS (ambos podem ser executados por módulos dentro do QGIS). Disponível em: (https://www.qgis.org/pt_BR/site).
- SAGA GIS 2.1.2 - SIG que permite a elaboração do banco de dados geográficos, processamento de imagens, vetorização e análises espaciais. Utilizado para análises espaciais. Disponível em: (<https://sourceforge.net/projects/saga-gis-br>).
- GRASS GIS 7.2 - SIG que permite a elaboração do banco de dados geográficos, processamento de imagens, vetorização e análises espaciais.

Utilizado para análises espaciais. Disponível em: (<https://grass.osgeo.org/download>).

- Gimp 2.8 - Aplicações de processamento de imagens. Utilizado para vetorização de imagens Landsat8 com o *plugin ou módulo de extensão* Gimp Selection Feature desenvolvido por Luís Motta para atender os projetos de monitoramento do IBAMA. Disponível em: (<https://www.gimpbrasil.org/downloads>).
- Inkscape 0.91 - é um editor de gráficos vetoriais que possui uso nativo de Scalable Vector Graphics (SVG) com padrão aberto baseado em XML do consórcio W3C. Utilizado para finalizar *layouts* dos mapas. Disponível em: (<https://inkscape.org/pt-br/baixar>).
- LibreOffice 5 Writer, Calc. - Edição de textos, elaboração de tabelas, quadros e tratamento de informações quantitativas dos mapas e análise estatística. Disponível em: (<https://pt-br.libreoffice.org/baixe-ja/libreoffice-novo>).

3.2. Procedimentos operacionais

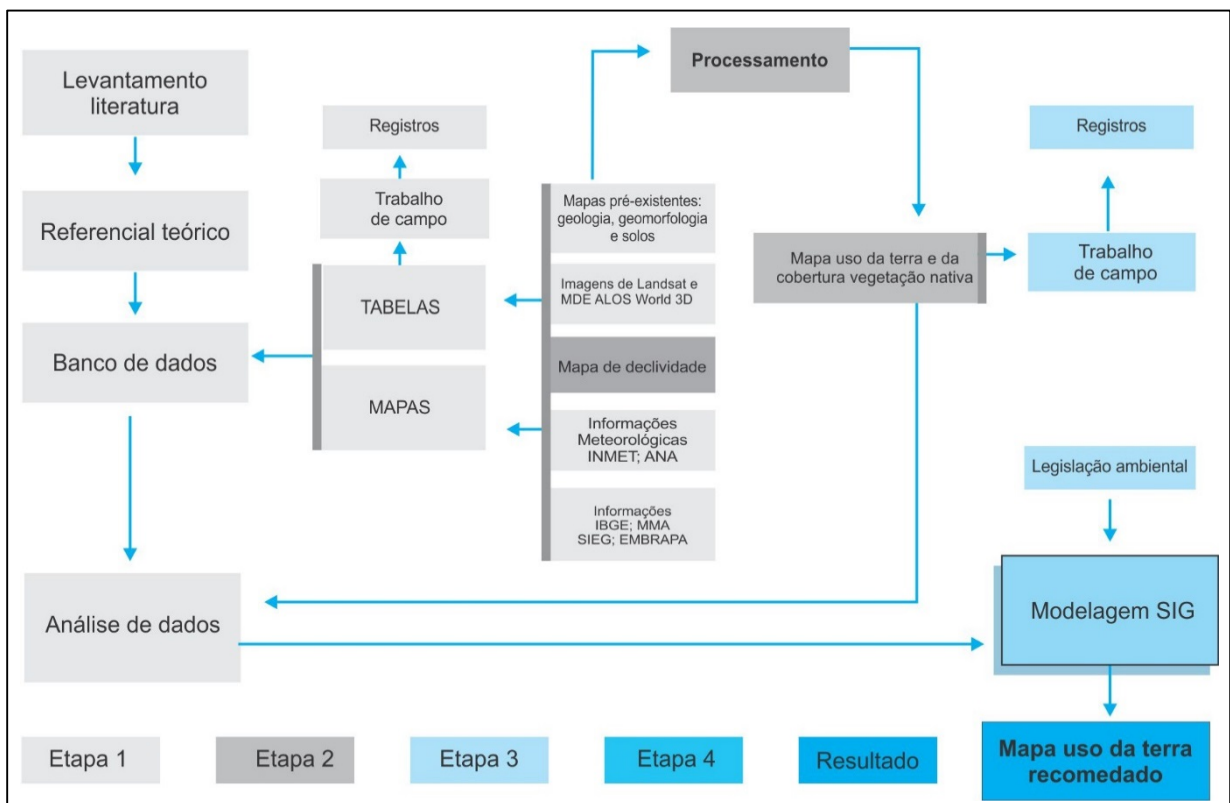
Baseou-se na metodologia de Libault (1971), utilizada por Rosa (1995), Brito (2001), Ross (2001) e Dias (2008), para desenvolver a investigação proposta. A metodologia de Libault (1971) prevê, para as pesquisas geográficas, **quatro níveis (ou etapas): o compilatório, o correlatório, o semântico e o normativo**.

No nível **compilatório**, foram planejadas as atividades desenvolvidas na pesquisa, reunir informações da base teórica e produtos cartográficos, escolher os parâmetros técnicos para a produção de mapas e os *softwares* a serem utilizados no estudo. Nesse sentido, foram realizadas buscas em bibliotecas, em bancos de dados em meio eletrônico, em sumários de publicações de periódicos específicos, em bases de dados e, também, foram realizados trabalhos de campo.

No nível **correlatório**, visou confrontar e analisar as atividades realizadas, mapas, gráficos, tabulações. Na terceira etapa da pesquisa, no nível **semântico**, serão analisados os resultados finais obtidos a partir dos dados escolhidos e eles também foram confrontados com resultados anteriores para direcionar as ações seguintes da pesquisa.

Já no nível **normativo**, foram definidas as diretrizes e recomendações feitas para propiciar uso adequado da terra, tendo como produto final da pesquisa a produção de um mapa do uso potencial das terras, considerando as suas fragilidades e os condicionantes físicas e antrópicos compilados nas etapas anteriores da pesquisa.

Figura 4 - Etapas de processamento e análise



Fonte: Elaboração SILVA, A. S. (2017)

3.2.1. Base cartográfica digital do município de Catalão (GO)

Foi realizado um levantamento das bases cartográficas compatíveis com a escala de 1:100.000, disponíveis nos órgãos oficiais IBGE e do Instituto Mauro Borges IMB pertencente ao governo do Estado de Goiás. Já de posse dos limites municipais em arquivo *shapefile* (SHP) dos dois órgãos, foi verificada uma incoerência quanto aos limites do município de Catalão (GO), que faz divisa com Cumari (GO), e no posicionamento da drenagem, ao ser feita a sobreposição com uma imagem

georreferenciada. A partir daí, foi realizada a conferência dos limites naturais de Catalão na Lei nº 8.111, de 14 de maio de 1976, que possui o Anexo I (que trata dos limites municipais e interdistritais) e, em seguida, realizada uma conferência dos limites de Catalão nas cartas topográficas disponíveis e editadas pelo IBGE, mas não foi possível identificar todos os limites naturais pela carta 1:100.000.

Em seguida, foram realizados trabalhos de campo com duração de 14 horas em dois dias, para conferência dos limites do município de Catalão com Cumari. No campo, foram sanadas algumas dúvidas referentes às topologias dos rios, córregos, áreas limítrofes, com moradores mais antigos de cada local visitado, e com o auxílio de croqui do Censo IBGE (2010), imagem de satélite e coleta de pontos com GPS.

De posse dos dados de campo, optou-se por utilizar a base cartográfica 250.000 do IBGE (2016), logo após realizando a adequação dos limites do município utilizando a carta imagem e vetores *shapefile* (SHP) na escala 100.000. A área do município foi calculada a partir do limite territorial disponibilizado pelo IBGE, utilizando a projeção Cônica Equivalente de Albers, considerando a Resolução IBGE nº PR-02, de 29/06/2017. Também foram utilizados os arquivos (SHP) da base cartográfica referente à ferrovia, à drenagem, às vias e ao arruamento, realizando-se os ajustes nos limites com edições necessárias. E, logo depois, o *layout* parcial do mapa de localização do município para, em seguida, ser exportado em SVG no QGIS. Por fim, a edição final foi realizada no *software* Inkscape 0.91.

3.2.2. Mapa de uso da terra e cobertura vegetal

Para realizar o mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal, foi utilizado o *software* QGIS 2.14 e 2.18, primeiramente, para realizar correção geométrica, ampliação de contraste, mosaico, classificação não supervisionada das imagens etc. E, numa segunda fase do mapeamento, realizada no QGIS, fez-se a sobreposição das imagens mosaicadas e a classificação não supervisionada, em seguida foi realizada a vetorização das classes de uso e da cobertura vegetal natural em tela manual, utilizando-se mesa digitalizadora e caneta, conforme Figura 5, que é um dos métodos de *geodesign* que, segundo afirmam Dangermond e Artz (2012), do grupo *GeoDesign Services* do *Environmental Systems Research Institute* (ESRI),

possui uma visão para a integração de tecnologias geoespaciais com o processo de *design*.

Figura 5 - Processo de vetorização com mesa digitalizadora combinando a praticidade de uso da caneta e recurso multi-touch



Foto: SILVA, A. S. (2018)

Todo o processo contou com as seguintes etapas:

a. O processo se iniciou com a seleção das imagens do Sensor OLI/Landsat 8, colhidas durante o período seco (julho a setembro) por apresentarem a menor cobertura de nuvens possível. Utilizou-se as imagens de: 7 de setembro de 2016, órbita 221, ponto 72; 7 de setembro de 2016, órbita 221, ponto 73; 30 de julho de 2016, órbita 220, ponto 72; 30 de julho de 2016, órbita 220, ponto 73, as três bandas espectrais situadas na região do visível e infravermelho próximo, imagem falsa-cor RGB (564 vegetação vermelha e 456 vegetação verde), bandas 4 (região do vermelho, 0,64 - 0,67 μm), 5 (infravermelho próximo, 0,85 - 0,88 μm) e 6 (região do infravermelho de ondas curtas, 1,57- 1,65 μm).

- b.** As imagens foram convertidas para refletância de Topo da Atmosfera (TOA) com *plug-in* SCP no QGIS, aplicando-se os valores contidos nos metadados (MTL), das imagens e convertendo-se os valores de níveis digitais para refletância, entre 0 e 1.
- c.** Empilhamento com composição de banda RGB, no QGIS, utilizando a ferramenta Mosaico no QGIS, que se encontra no *menu Raster > Miscelânea > Mosaico*. Na janela seguinte, indicados os *Arquivos de Entrada*, clica-se em *Selecione e selecione* as bandas 5, 6 e 4, respectivamente pressionando a tecla *CTRL*. Em seguida, seleciona-se a opção *GeoTIFF com opções Nenhum valor de dado e Pilha de camada* marcadas.
- d.** Registro das imagens: clica-se *Menu> raster> georreferenciador* adiciona-se as bandas coloridas e adicionando os pontos y e x das coordenadas *partir do mapa na tela*, utilizando-se o mosaico já georreferenciado das ortoimagens do IBGE (2009). A configuração dos parâmetros de transformação foram polinomial 1 e o método de amostragem vizinho mais próximo, erro médio menor que 0,5.
- e.** Ampliação de contraste, clica-se na *Barra de ferramentas raster*, na opção *Trecho de corte cumulativo local, usando toda a extensão do conjunto de dados*, nas quatro composições coloridas; ainda no QGIS: ajusta-se a similaridade de contrastes entre imagens clicando com o botão direito sobre a camada *Propriedades* na aba *Estilo*.
- f.** Mosaico: todas as imagens a serem mosaicadas foram inseridas no QGIS e, logo depois, para ocultar a borda escura em volta das imagens, clicou-se com o botão direito do *mouse* sobre cada uma das imagens, acessando suas propriedades; selecionou-se a aba transparência e digitou-se o valor 0 zero *no campo sem dados adicionais*, nas quatro imagens.

Primeiramente foi realizado o mosaico virtual VRT no QGIS através do menu *Raster > Miscelânea > Construir Raster Virtual(catálogo)*. E, ao se selecionar a opção *usar camadas raster visíveis para entrada*, no campo *Arquivo de saída*, foi indicado pasta de saída para o arquivo VRT. Selecionou-se opção *Nenhuma fonte de dados* e o valor 0. Para realizar mosaico definitivo no QGIS, executou as ações acessando o menu *Raster > Miscelânea > mosaico* e selecionou -se a opção *arquivos de entrada*, indicar-se o arquivo VRT, criado anteriormente, para, em seguida, indicando o Arquivo de saída para criar GeoTiff e marcar a opção *Nenhuma fonte de dados* o valor 0.

- g.** Em seguida, realizou-se o recorte aproximado da área, com resolução espacial de saída igual a 30 metros, e salvas combinações das bandas RBG no formato/extensão *.GeoTiff*,

h. Fez-se o recorte de máscara das imagens registradas com a ferramenta *Cortar* do QGIS para que as imagens obtidas representassem apenas a área de estudo, com *shape* dos limites do município; em seguida as imagens foram salvas em *GeoTIFF* com Referencial Geodésico Sirgas 2000 e projeção Cônica Equivalente de Albers.

i. Classificação Supervisionada: foi realizada com plug-in Dzetsaka no QGIS.

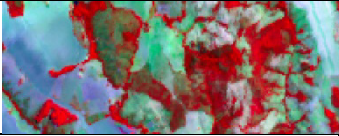
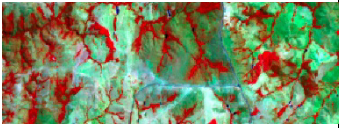
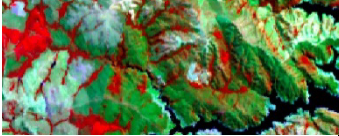

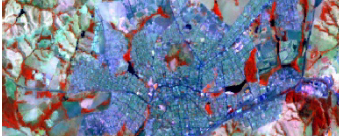
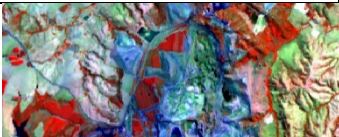
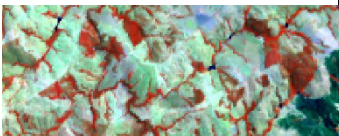
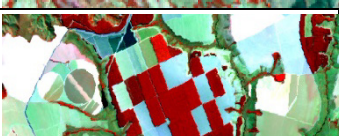
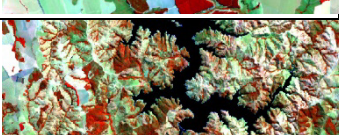
j. As imagens salvas em *GeoTIFF* foram sobrepostas em transparência no QGIS, para se realizar a interpretação visual em tela e a vetorização com as classes em mesa digitalizadora e caneta interativa e utilizando-se os *plugins* Gimp Selection Feature e Freehand Editing para gerar polígonos das classes de uso da terra e da cobertura vegetal. Para se utilizar Freehand Editing é necessário, a instalação direta do Repositório Plugins do QGIS, que possibilita a vetorização diretamente em tela do QGIS com o uso da mesa digitalizadora e da caneta interativa.

Já para o uso do Gimp Selection Feature, além da instalação no Repositório Plugins do QGIS, *Software* Gimp, o operador deve abrir dois softwares e, em seguida, ativar o *plugin* Gimp Selection Feature e depois selecionar a área da imagem no QGIS a ser hiperligada, na tela do Gimp. O software Gimp, após selecionadas as áreas em sua tela, retorna das classes selecionadas no Gimp; após um clique no QGIS, retorna à seleção em formato de polígono, possibilitando que essas seleções sejam mescladas até formar toda a classe desejada e, por fim, serem salvas no formato Shape em definitivo no QGIS.

É, em primeiro lugar, indispensável a construção de chaves de interpretação, como as utilizadas por Rosa (1995), Brito (2001), Sano et al. (2007), Dias (2008), como mostra o Quadro 2, a seguir, utilizando-se os seguintes elementos:

- Cor ou tonalidade - refere-se à intensidade da radiação eletromagnética refletida ou emitida pelos alvos;
- Textura - é o padrão de arranjo espacial dos elementos texturais, variando de lisa a rugosa, dependendo das características dos alvos, resolução e escala;
- Tamanho - é utilizado para identificar feições individuais, de acordo com a escala e a proporção que o objeto geográfico apresenta na imagem;
- Forma - é o padrão dos objetos na imagem que podem se apresentar sob forma geométrica ou não. Os espaços que já sofreram ação antrópica geralmente têm formas geométricas e os elementos naturais têm formas irregulares.

Quadro 2 - Chave de interpretação para mapeamento do uso da terra e da cobertura vegetal da imagem OLI/Landsat 8, composição RGB/564, de 7 de setembro de 2016 e de 30 de julho de 2016

Classe	Cor ou tonalidade	Textura	Tamanho	Forma	Amostra composição RGB/564
Formação Florestal (Mata de galeria, Mata ciliar, Mata seca e Cerradão)	Vermelho-escuro	Rugosa	Variado	Irregular a regular	
Formação Savânica (Cerrado denso/típico, ralo/rupestre, Campo rupestre/sujo e veredas)	Vermelho-médio a escuro	Intermediária a rugosa	Faixa estreita	Irregular	
Formação Campestre (Campo limpo/rupestre, Campo limpo/sujo úmido)	Verde-escuro	Lisa a intermediária	Variado	Irregular	
Agricultura	Branco, verde claro e magenta cor claro e médio	Lisa	Grande	Geométrica e regular	
Influência Urbana	Azul-médio	Rugosa	Grande	Regular e irregular	
Mineração ou solo exposto	Roxo-médio a escuro	Rugosa	Grande	Irregular	
Pastagem	Rosa claro/verde claro, cor médio a claro	Lisa a intermediária	Grande	Regular	
Silvicultura	Vermelho-escuro	Lisa a intermediária	Grande	Regular	
Corpo d'água	Azul escuro a preto	Lisa	Pequeno	Irregular	

Fontes: Rosa (2009); MMA (2015)

Org.: SILVA, A. S. (2018)

Devido ao uso de máscara sobre as classes da cobertura vegetal nativa do mapeamento realizado pelo projeto Probio (2002) para melhorar a delimitação dessas classes, complementado com as informações de campo da pesquisa, houve necessidade de identificar as classes de equivalência da legenda utilizada na proposta de Ribeiro e Walter (1998, 2008), conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Legenda de identificação das classes de uso da terra e de cobertura vegetal nativa

Regiões Fitoecológicas	Nível de formação	Proposta (Ribeiro e Walter, 1998)	Classes
Floresta Estacional Semidecidual (F)	Aluvial	Mata de galeria, Mata ciliar, Palmeiral	Fa
Floresta Estacional Decidual (C)	Submontana	Mata seca semidecidual/sempr-verde	Fs
	Montana	Mata seca semidecidual/sempr-verde	Fm
	Submontana	-	Cs
	Montana	-	Cm
Savana (S)	Florestada	Cerradão	Sd
	Arborizada	Cerrado denso/típico sem galeria	Sas
		Cerrado denso/típico com galeria	Saf
	Parque	Cerrado ralo/rupestre, Campo rupestre/sujo sem galeria	Sps
		Cerrado ralo/rupestre, Campo rupestre/sujo com galeria	Spf
	Gramíneo-lenhosa	Campo limpo/rupestre com galeria	Sgf
		Campo limpo/rupestre sem galeria	Sgs
Área de Formações Pioneiras (P)	Vegetação/Buritizal com influência fluvial e/ou lacustre	Campo sujo úmido com Vereda	Pa1
		Campo limpo úmido com Vereda	Pa2
Área de Tensão Ecológica	Contato Savana/Floresta estacional	-	SN
	Vegetação secundária	-	Vs
Áreas antrópicas	Agropecuária	Cultura agrícola	Ac
		Cultura agrícola perene	Ac1
		Cultura irrigada pivô central	Ac2
		Pastagem cultivada	Ap
	Florestamento/ Reflorestamento	Silvicultura (<i>Pinus</i> , <i>Eucalyptus</i> ou Seringueira)	R
	Outras áreas antrópicas	Influência Urbana	Iu
		Mineração	Im
Água	-	Massa D'água	Água

Fonte: Adaptado de IBGE e Silva (2008)
Org.: SILVA, A. S. (2018)

Para a etapa de vetorização das classes de uso da terra e de vegetação natural nativa, foi utilizado o QGIS, na versão 2.18 Las Palmas, pois ela contém o recurso para travar o intervalo de escala visível desejável de uma camada em edição. Esse recurso, quando selecionado, possibilitou a manutenção de visualização na escala em edição na interface de interação entre os softwares QGIS e Gimp com *plugin Gimp Selection Feature*, numa escala 1:100.000, ora ampliada para 1:50.000 para sanar dúvidas de identificação das classes mapeadas.

I. Para uma melhor identificação e validação das classes mapeadas, foi realizado um levantamento de dados em trabalho de campo. Além disso, foram utilizadas imagens de alta resolução espacial do Google Earth e o método de estatística Kappa, conforme

Rosa (2009), para a aplicação do índice amostra estratificada e aleatória composta de 72 pontos sobre o limite da pesquisa.

M. Para obter a quantidade de classes por área ou por contagem de *pixel* do mapa de uso da terra e de cobertura vegetal nativa, foi utilizado o menu QGIS: *Processar > Caixa de ferramentas > Comandos GRASS > r.report > Raster layers(s) to report on* [área para os arquivos raster] > *Units [k (km²), (h hectare) e p (%)] > Report [arquivo saída .txt]* > Run.

3.2.3. Trabalhos de campo

Foram realizados trabalhos de campo nos dias 10,11, 20 e 21 de agosto e 10 de setembro de 2016, em 16 de abril e em 16 e 17 de julho de 2017, com duração média de 6 a 8 horas diárias. Os trabalhos de campo tiveram como objetivo confirmar as informações das chaves de interpretação e também examinar, no local, a real condição de representação nos mapas propostos nos objetivos específicos. Além disso, teve-se o cuidado de estar acompanhado por guia da comunidade ou cidade para facilitar o acesso aos locais e às informações. Nos trabalhos de campo, também foram realizados registros fotográficos, anotações, coleta de coordenadas geográficas com GPS de navegação. E, sempre que possível, buscou-se conversar com moradores locais com o intuito de saber um pouco mais das condições socioeconômicas e ambientais, sob a visão de quem vive na área.

3.2.4. Mapas de geologia, de geomorfologia e de solo.

O mapa de geologia foi compilado e ajustado a partir do Mapa de Geologia do Estado de Goiás do Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás (MACROZAE-Go), no formato *shapefile*, escala de 1:250.000. Também foi realizada uma adaptação, atualizando-se a classe NP2 do Tipo Ipameri - Granito Pires Belo, a partir de dados propostos por Klein (2008). O mapa de geomorfologia foi compilado a partir do Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás e Distrito Federal do SIG-Goiás da Superintendência de Geologia e Mineração-SIC, disponível em www.sieg.go.gov.br/, no formato *shapefile* na escala de 1:500.000.

Já o mapa de solos e perfis foi compilado utilizando-se arquivos no formato *shapefile*, folhas SE.22 e SE.23, ambas recortes de 1:250.000, produto do levantamento de recursos naturais do Projeto RADAMBRASIL, atualizados conforme Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015). Também foram utilizados perfis de solos no formato vetor, escala 1:250.000 do Plano-diretor da Bacia do Rio Paranaíba em Goiás, UFV - Ruralminas - IMB.

Para obter a quantidade de classes por área ou por contagem de *pixel* dos mapas de geologia, de geomorfologia e de solo, foi utilizado o menu QGIS: *Processar > Caixa de ferramentas > Comandos GRASS > r.report > Raster layers(s) to report on* [área para os arquivos raster] *> Units [k (km²) e p (%)] > Report [arquivo saída .txt] > Run.*

3.2.5. Hipsometria, declividade e bacias hidrográficas

O mapa de declividade, de hipsometria e dos limites das bacias hidrográficas foi elaborado utilizando-se o modelo digital de elevação (MDE) gerado com imagens de radar do ALOS PALSAR. Inicialmente estava prevista a utilização de imagens do projeto ALOS World 3D - 30m (AW3D30), executado com o satélite japonês Advanced Land Observing Satellite-2 (ALOS-2, “DAICHI-2”), como alternativa de geração de dados altimétricos no âmbito global. O ALOS-2 possui a bordo o sensor Stereo Mapping (PRISM), que gera dados com resolução espacial fina, com 0,15 arcsec na horizontal, aproximadamente 5 metros. Mas, estavam disponíveis gratuitamente até a finalização desta etapa, apenas as imagens AW3D30-PRISM, reamostradas para 1 arcsec (≈ 30 metros) de resolução na horizontal e exatidão altimétrica de 5 metros.

Apesar da precisão vertical, devido aos menores erros médios e valores RMSE, conforme demonstrado em Santillan e Makinano-Santillan (2016), nesta pesquisa, ao se gerar curvas de nível 40 metros utilizando MDE ALOS AW3D30 no QGIS *menu Processar > caixa de ferramentas > módulo do GRASS*, não se obteve o resultado esperado quanto ao detalhamento nos talwegues nos topos de chapadas e nas áreas próximas ao Domo Catalão I.

Por isso, após nova pesquisa nos catálogos gratuitos, foi feita uma nova escolha: as imagens de radar do ALOS PALSAR, L-Band, Polarização HH com resolução planimétrica de 12,5 metros, da JAXA.

E, com as imagens de radar, operando o utilitário escrito em C++ para processamento de imagem, PKtools - Processing Kernel for geospatial data 2.6.6, (<http://pktools.nongnu.org>), instalado no QGIS, foram realizadas rotinas para conversão do modelo digital de superfície MDS Alos Palsar para modelo digital de terreno MDT (removendo todo o material de cobertura da superfície). Primeiramente foram realizados o mosaico das imagens e o recorte da área de estudo. Logo em seguida, utilizou-se o PKtools para realizar a conversão MDS para MDT seguindo os passos no QGIS *Processar > caixa de ferramentas > PKtool > LiDAR > Create DTM from DEM raster dataset > filter > promorph > output raster data set [nome saída novo raster] > run*.

Já a compatibilização de resolução com as demais imagens utilizadas no projeto da pesquisa foi realizada utilizando-se o QGIS *> menu raster > projeções > reprojetar > selecionadas os RCs fonte e alvo > método de reamostragem > bilinear > Adicionar à tela ao concluir*. Foi editada a linha de comando do algoritmo GDAL adicionando a linha de comando parâmetro *-tr* para reamostrar o tamanho do *pixel* do MDT gerado de 12,5m para 30m, para adequação às demais imagens utilizadas na pesquisa.

A hipsometria foi gerada no QGIS, seguindo os passos inserir MDT > clique com botão direito mouse sobre *layer MDT* > Estilo > *Tipo de renderização*; selecionou-se Banda simples falsa-cor > *modo* [intervalo igual] > *classes* > [13], atribuindo a graduação de cores aos respectivos valores de elevação intervalo 40m.

As classes de hipsometria foram executadas a partir do fatiamento do raster, através do menu QGIS: *Processar > Caixa de ferramentas > Comandos GRASS > r.reclass > input raster layer > [raster com a declividade calculada] > File containing reclass rules [arquivo '.txt' com as regras para o fatiamento das classes de declividade] > Reclassified > [o nome arquivo de saída] > Run*. Os critérios para o fatiamento das classes de declividade em arquivo-texto são mostrados a seguir:

0 thru 520	= 1
521 thru 560	= 2
561 thru 600	= 3
601 thru 640	= 4
641 thru 680	= 5
681 thru 720	= 6

```

721 thru 760 = 7
761 thru 800 = 8
801 thru 840 = 9
841 thru 880 = 10
881 thru 920 = 11
921 thru 960 = 12
961 thru 1000 = 13
end

```

Logo em seguida aplicou-se efeito sombreado no MDT, utilizando o QGIS: menu *Raster > Análise > MDE (Modelos de Terreno) > Modo > Sombreamento > Fator Z (exagero vertical) [1], Escala (razão entre un. vert. e hor.) [1] > Ok*. Depois, para mesclar as layers MDT e Sobreamento, foram seguidos os passos: clique com botão direito do *mouse* sobre (*layer* Sobreamento) aba *Estilo > Tipo de renderização > Modo de Mistura > Multiplicar aba Estilo > Reamostragem > Bilinear > Transparência Global > 75% > Ok*.

As curvas de nível também foram geradas no QGIS *menu Processar > caixa de ferramentas > módulo do GRASS*, executando a ferramenta *r.contour.step* e, em *input raster*, foi indicado o MDT gerado na etapa anterior de entrada. Os *parâmetros > Minimum contour level 520* (que é a cota mínima dentro dos limites) *> Maximum contour level 1000* (que é a cota máxima dentro dos limites) foram aplicadas a *extensão da Região GRASS* e foram mantidos valores *default* para a inteira extensão do MDT. No campo *Increment between contours levels* foi indicada a equidistância de 40 metros, mesmo padrão adotado nas cartas topográficas editadas pelo DSG para esta área. Em seguida, selecionou-se o local onde o arquivo vetorial das isolinhas foi gerado *> Run*, criando curvas de nível. Para a criação das curvas mestras foi utilizado o QGIS, acessando o modo de edição *> Calculadora de Campo > criar um novo campo MESTRAS > Tipo Número > Largura 10 > inserindo a função CASE no campo Expressão e clicando com o botão OK*, como expresso a seguir:

```

case
WHEN level = 600 THEN 600
WHEN level = 800 THEN 800
WHEN level = 1000 THEN 1000
end

```

Para criar o mapa de declividade, primeiro foi necessário calcular a declividade do terreno, através do menu QGIS: *Raster > Análise>MDE (Modelo Digital de Elevação) > Camada com elevações>[mdt] > câmara de saída[declividade30m] > Modo > Declividade > Escala (razão entre un. vert. horiz.)1,0 > Ok,.*

Em seguida, foi realizada a reclassificação com o algoritmo *r.reclass* do Grass, considerando as classes pontuadas em Embrapa (1979), adaptadas para realizar o fatiamento do *raster* de declividade, através do menu QGIS: *Processar > Caixa de ferramentas > Comandos GRASS > r.reclass > input raster layer > [raster com a declividade calculada] > File containing reclass rules [arquivo '.txt' com as regras para o fatiamento das classes de declividade] > Reclassified > [o nome arquivo de saída] > Run.* Os critérios para o fatiamento das classes de declividade em arquivo-texto são mostrados a seguir:

```
0.0000 thru 3.0000 = 1 PLANO (0-3%)
3.0001 thru 8.0000 = 2 SUAVE ONDULADO (3-8%)
8.0001 thru 20.0000 = 3 ONDULADO (8-20%)
20.0001 thru 45.0000= 4 FORTE-ONDULADO (20-45%)
45.0001 thru 75.0000= 5 MONTANHOSO(45-75%)
end
```

O Quadro 4 traz as classes de declividade adotadas por Lepsch et al. (2015), por Ramalho Filho, Pereira e Beek (1978); e pela Embrapa (1979).

Quadro 4 - Classes de declividade propostas por Lepsch et al. (2015) por Ramalho Filho, Pereira e Beek, (1978); também adotadas pela Embrapa (1979)

Classes de Declividade Limites em Percentuais (%) - Lepsch	Classes de Declividade Limites em Percentuais (%) - Ramalho Filho; Pereira; Beek e Embrapa	Classes de Declividade Adaptadas Limites em Percentuais (%)	Classes de Declividade Adaptadas Limites em Graus (°)
A < 2	A-B Plano <-3	< 3	<1.71
B 2 - 5	B-C Suave Ondulado 3-8	3 - 8	1.71 - 4.57
C 5 - 10	C-D Ondulado 8-20	8 - 20	4.57 - 11.30
D 10 - 15	E Forte - ondulado 20-45	20 - 45	11.30 - 24.22
E 15 - 45	F Montanhoso 45-75	>45	24.22 - 36.86
F 45 - 70	G Escarpado > 75		
G >70			

Fonte: Adaptado de Lepsch et al. (2015), EMBRAPA (1979); Mendes (2016)

Org.: SILVA, A. S. (2018)

Para este estudo, foram utilizadas as Classes de Declividade Embrapa (1979), adaptadas conforme Mendes (2016), que excluem a última maior que 75%. No Quadro 4 foi adicionada uma coluna (a última a direita) com as classes de declividade adaptadas e seus limites convertidos em graus dada pela expressão ' $\tan^{-1}(\% / 100)$ '. Tal conversão foi realizada porque na Lei Federal de nº 12.651/12 (BRASIL, 2012), os limites de APPs por declividade são dados em graus.

Já o mapa de bacias hidrográficas foi elaborado utilizando-se o MDT gerado anteriormente. Também foram gerados os limites de bacias, através do menu QGIS: *Processar > Caixa de ferramentas > Comandos GRASS > r.watershed > Minimum size of exterior watershed basin [1000] > Unique label for each watershed basin > Run*. Em seguida, foi convertido o *raster* bacias hidrográficas em polígonos no QGIS *> menu Raster > Converter > Raster para Vetor (poligonizar) > [seleção arquivo de entrada e saída]*.

Para se obter a quantidade de classes por área ou por contagem de *pixel* dos mapas de hipsometria, de declividade e de bacias hidrográficas foi utilizado o menu QGIS: *Processar > Caixa de ferramentas > Comandos GRASS > r.report > Raster layers(s) to report on [área para os arquivos raster] > Units [k (km²), (h hectare) e p (%)] > Report [arquivo saída .txt] > Run*.

3.2.6. Mapa de capacidade de uso das terras

Para a obtenção do mapa de capacidade de uso das terras e, por conseguinte, do mapa de potencial das terras foram necessários vários cruzamentos de mapas e tabulações de dados diferentes, para se analisar a distribuição das classes nos diferentes compartimentos do meio físico, entre eles os elementos componentes da fórmula mínima obrigatória no procedimento sintético de elaboração como, por exemplo, de um mapa de solo, de declividade, e tabulações, conforme procedimentos propostos por Lepsch et al. (1991; 2015), adaptado pela Embrapa (1979), e também abordados por Brito (2001) e Mendes (2016), além do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) (Santos et al., 2013). O Quadro 5 traz os critérios utilizados para a obtenção das classes de capacidade de uso.

Quadro 5 - Componentes considerados para a formação de classes e subclasses de capacidade de uso

Tipo de solo	Classe*	Sub-classe	Profundidade	Textura	Permeabilidade	Grau de fragilidade à erodibilidade Ross (2012)	Declividade relevo*	Declividade Adap. Embrapa*
PVAe - ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico	II 1, 2 IV 3, 4, 5	Ile Ive	3 - moderada 50a100cm	3c/2c textura média muito cascalhenta/ argilosa cascalhenta	Moderada	Média	1,2,3,4,5 forte ondulado e ondulado	1 - < 3
CXa - CAMBISSOLO HAPLICO Aluminico	II 1,2 III 3 IV 4, 5	Ile IIle Ive	3 - Horiz. B com 100cm moderada-mente profundo	3/2c textura média e argilosa cascalhenta	Moderada	Forte	1,2,3,4,5 ondulado e forte ondulado	2 - 3-8
CXbd - CAMBISSOLO HAPLICO Tb Distrófico	II 1, 2 III 3 IV 4, 5	Ile IIle Ive	3 - Horiz. B com 100cm moderada-mente profundo	2/3c Textura argilosa, média e argilosa cascalhenta	Moderada	Forte	1,2,3,4,5 ondulado e forte ondulado	3 - 8-20
LVAd - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico	II 1,2 III 3 IV 4	II Ile IIle Ive	3 - Horiz. B com 100cm	2/1 textura argilosa e muito argilosa	Moderada	Muito Fraca	1,2,3,4 plano e suave ondulado	4 - 20-45
LVd - LATOSSOLO VERMELHO Distrófico	II 1,2 III 3 IV 4 5	II Ile IIle Ive	3 - Horiz. B com	2/1 textura argilosa e muito argilosa	Horizonte A moderada	Muito Fraca	1,2,3,4,5 plano e suave ondulado	5 - >45
LVdf - LATOSSOLO VERMELHO Distroférico	II 1,2 III 3 IV 4	II Ile IIle Ive	3 - Horiz. B com 100cm	1/2 textura muito argilosa e argilosa	Horizonte A moderado	Muito Fraca	1,2,3,4 relevo suave ondulado	
LVw - LATOSSOLO VERMELHO Acrico	I 1 II 2 III 3 VII 4	I II IIle VIIle	2 - 150cm	2 textura argilosa	Horizonte A moderado	Muito Fraca	1,2,3,4 plano e suave ondulado	
RLd - NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico	VI1,2,3 VII 4 VIII 5	VIIs VIIle VIIIle	4 - Horiz. A 20-40cm	3c textura média cascalhenta	Horizonte moderado e A fraco	Muito Forte	1,2,3,4,5 forte ondulado e ondulado	
CXbd - Cambissolo Haplico Tb Distrófico e GXbd	VII 3,4 VIII1,2	VIIIa VIIle	3 - Horiz. B com 100cm moderada-mente profundo	3c media cascalhenta	Moderada e Mal drenada	Forte a Muito Forte	1,2,3,4, Suave ondulado e ondulado	

* Os números de 1-5 das colunas Declividade relevo declividade adaptado pela Embrapa Classe referem-se ao intervalos de declividade 1=<3; 2 = 3-8; 3 = 8-20; 4 = 20-45; 5 = >45

Fontes: Lepsch et al. (1991; 2015), Embrapa (1979); Santos et al. (2013); Ross (2012)

Org: SILVA, A. S. (2018)

Os componentes considerados para gerar as classes e subclasses de capacidade de uso das terras, além dos da fórmula mínima descrita por Lepsch et al. (1991; 2015), são o grau de fragilidade à erodibilidade dos solos, de Ross (2012), descritos na Tabela 2. A profundidade, a textura e a permeabilidade foram adotadas na descrição presente na legenda-recorte do mapa de solos 1:250.000 do RADAMBRASIL (2016), refinamento para 1:250.000, também usada pela Emater (2016) e por Santos et al. (2013). A seguir, a Tabela 2 traz as classes dos solos, de acordo com o grau de fragilidade e erodibilidade, no município de Catalão, conforme proposta de Ross (2012).

Tabela 2 - Classificação dos solos do município de Catalão quanto ao seu grau de fragilidade e erodibilidade

Identificação	Grau de fragilidade á erodibilidade	Categorias
1	Muito fraco	Terras altas, bem drenadas, Latossolos argilosos e argilosos porosos
2	Fraco	Solos profundos, solos bem drenados, Latossolos arenosos de textura média
3	Médio	Solos moderadamente profundos, de textura média, Argissolos
4	Forte	Solo raso com horizonte B muito espesso, Cambissolos de transição acentuada
5	Muito Forte	Solos rasos e rochosos ou arenosos e Neossolos,
5	Muito Forte	Solo orgânico, com alto hidromorfismo Gleissolos

Fonte: Adaptado de Ross (2012)

Org.: SILVA, A. S. (2018)

Após a tabulação dos dados, e considerando-se a legenda do mapa de solos, o mapa de declividade e as informações da literatura referente aos solos, foi realizado o cruzamento do mapa de declividade e do mapa de solos, por meio dos *softwares* QGIS, módulos GRASS e SAGA GIS, para se estabelecer a correlação entre as classes do mapa, por meio da calculadora *raster* QGIS com operações de álgebra de mapas.

Álgebra de mapas, conforme Rosa (2011), é um meio de organizar os métodos. São utilizadas variáveis, expressões e operações que vão desenvolver a modelagem. Análoga à álgebra matemática, que lida com símbolos para apresentar valores reais, a álgebra de mapas utiliza símbolos para representar variáveis geográficas.

Usa expressões com operadores ou funções que viabilizam análises espaciais por meio da calculadora de dados *raster*. A seguir, a sintaxe utilizada com operadores Booleanos de intersecção da declividade e solos criando as classes de capacidade de uso III:

```
( "solosr@1" = 3 AND "decliv_f@1" = 3 ) + ( "solosr@1" = 4 AND "decliv_f@1" = 3 ) + (
"solosr@1" = 5 AND "decliv_f@1" = 3 ) + ( "solosr@1" = 6 AND "decliv_f@1" = 3 ) + (
"solosr@1" = 7 AND "decliv_f@1" = 3 ) + ( "solosr@1" = 8 AND "decliv_f@1" = 3 )
```

Após se criar as classes de capacidade de uso das terras do município de Catalão (GO), através da calculadora *raster*, obteve-se seis arquivos matriciais. Em seguida, cada classe de capacidade foi reclassificada, utilizando-se o módulo Grass GIS *r.recode*; para isso, foi criado um arquivo .txt com a expressão de intervalos das classes 0:0:null 0.000001:1:1 para classe 1 e 0:0:null 0.000001:1:2 para classe 2, utilizando um arquivo para cada classe até a 8. Após executar o *r.recode*, teve-se a capacidade de cada classe e numerada e *nan* (vazio), para em seguida, unir-se as classes das capacidades através do módulo GDAL/OGR > *Mesclar* > *Camadas de entrada* > *Run*, gerando o mapa de capacidade de uso com as classes de I a VIII. Para se obter a quantidade de classes por área, foi utilizado o mesmo procedimento descrito em 3.2.5.

3.2.7. Mapa de uso potencial das terras

O mapa de uso potencial das terras foi elaborado a partir do cruzamento do mapa de capacidade de uso das terras, com o mapa de uso das terras e cobertura vegetal nativa e de APPs, obtidos conforme metodologia descrita nos itens 3.2.2, 3.2.6 e 3.2.8.

Foram interseccionados e classificados o mapa de declividade e o mapa de capacidade, convertidos a partir do módulo GRASS GIS, para o formato vetor, e, em seguida, foram interseccionados com os demais descritos neste item, obtendo como produto final o mapa de uso potencial das terras, que considera as potencialidades e as fragilidades ambientais dos recursos naturais, o uso atual e a legislação ambiental.

Neste mapa, embora se tenha contabilizado as áreas de APPs, elas não serão apresentadas, devido à escala; não é possível visualizá-las na escala de 1:250.000,

mas as legislações federal, estadual e municipal, descritas no item 3.2.8, a seguir, devem ser respeitadas.

Por fim, o mapa de uso potencial contempla as classes de conservação e preservação com as formações florestais e de espécies nativas do Cerrado, as demais classes de recomendação de uso econômico e a classe de uso para agricultura, pastagem e silvicultura.

3.2.8. As Áreas de Preservação Permanente (APPs) e o Código Florestal

O Código Florestal Brasileiro, Lei 4.771 de 1965, foi revogado e passou a vigorar a Lei 12.651/12, que gerou muita discussão sobre as Áreas de Preservação Permanente, as APPs. Mas, esta nova lei não acarretou mudanças em relação ao conceito de APP instituído na anterior lei 4.771/65, como pode ser verificado no seu artigo 3, inciso II, segundo o qual uma Área de Preservação Permanente é assim definida:

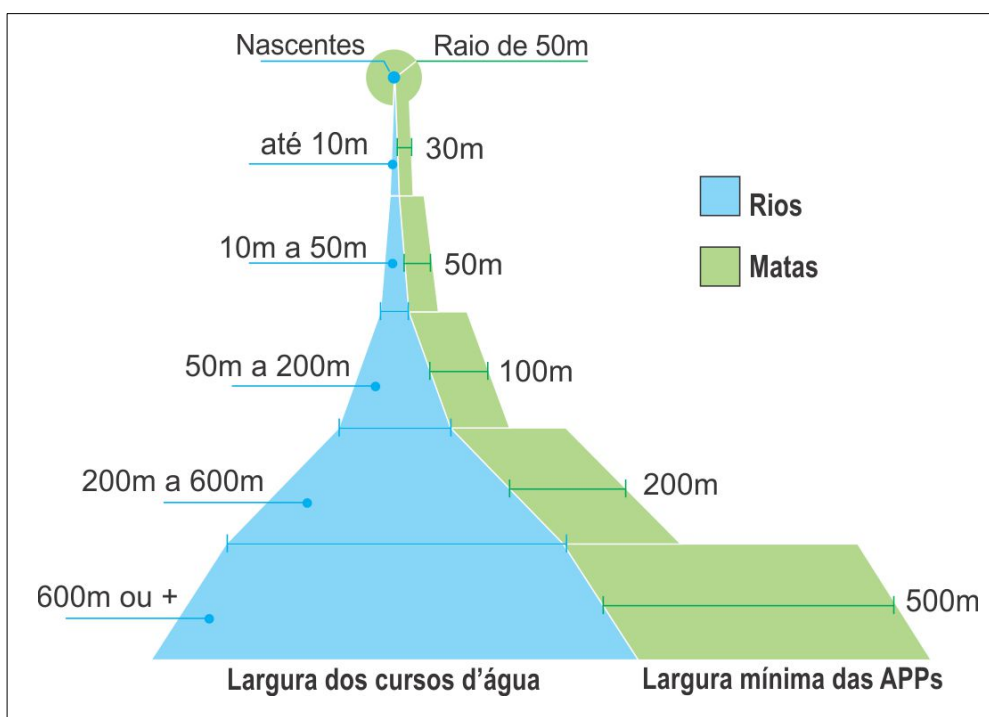
área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico da fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas (BRASIL, 2012)

O Código Florestal, em seu artigo 4º, do Capítulo II, aborda a delimitação e a distinção dos tipos de APPs e o tamanho de suas respectivas faixas.

Com a Lei 12.651/12, que agora estabelece como critério de medida da largura do rio, seja ele perene ou intermitente, a borda de seu leito regular e não mais máxima cheia, as várzeas, ou pelo menos parte delas, não são mais consideradas áreas de preservação permanente, diferentemente do Código 4.771/65 revogado.

Como ilustra a Figura 6, com base na Lei, os limites das APPs às margens dos cursos d'água variam entre 30 metros e 500 metros, dependendo da largura de cada rio. Essa foi uma das mudanças introduzidas pelo Código atual que acarretou controvérsias.

Figura 6 - Largura da APP em relação à largura dos cursos d'água



Fonte: Lei 12.651/12
Elaboração: SILVA, A. S. (2017)

Todavia, o Código Florestal de 2012 manteve as mesmas distâncias do Código revogado de 1965, que determina que se a medida a partir da calha regular dos rios, ou seja, do canal por onde correm regularmente as águas do curso d'água durante o ano dos rios e não mais a partir do leito maior (a largura do rio ao se considerar o seu nível mais alto, isto é, o nível alcançado por ocasião da cheia sazonal), gerou várias discussões, pois significou uma efetiva redução dos limites das APPs às margens de cursos d'água, uma vez que a nova medida ignora as épocas de cheias dos rios. Dado que o regime fluvial varia ao longo do ano, da estação seca para a chuvosa, a calha será menor nos meses secos que nos meses chuvosos. Isso foi um grande retrocesso na legislação. Essa redução das Áreas de Proteção Permanente pode ocasionar problemas, pois elas protegem solos e, principalmente, as Matas Ciliares, tipo de vegetação que cumpre a importante função de proteger os rios e reservatórios contra assoreamentos e garantir a recarga dos lençóis freáticos.

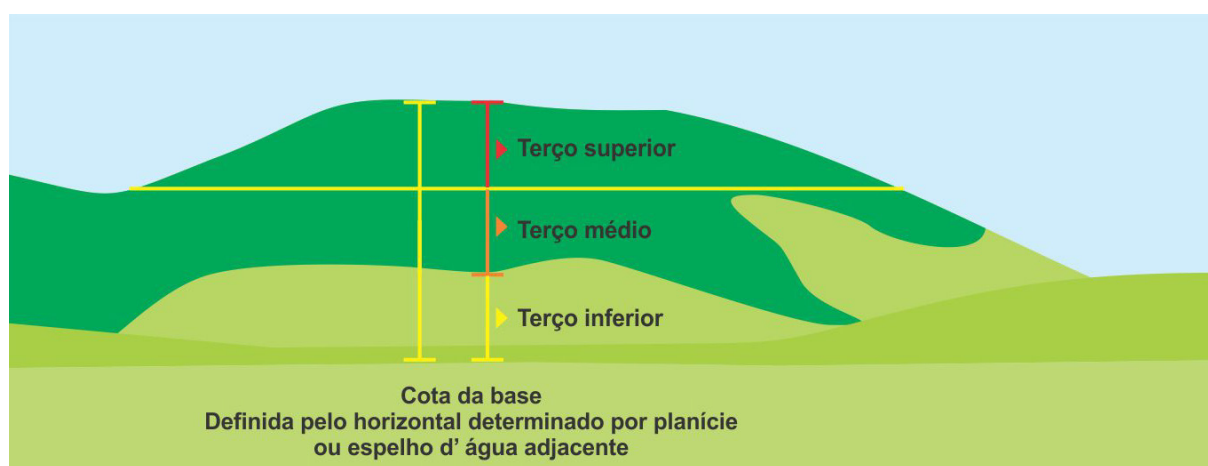
Em relação aos reservatórios artificiais originados de barramentos ou ainda represamentos de cursos d'água naturais, as APPs são definidas no licenciamento ambiental, de acordo com a Lei 12.651/12. Já a legislação estadual de Goiás, na Lei

18.104/13, no seu Capítulo II, das áreas de preservação permanente (APPs), no seu artigo 10º, ressalta a restrição do uso.

art. 10. Na implementação ou funcionamento de reservatório d'água artificial destinado à geração de energia ou abastecimento público, é obrigatória a aquisição, desapropriação ou remuneração por restrição de uso, bem como a compensação e a recomposição, da área inundada pelo empreendedor, das áreas de preservação permanente criadas em seu entorno, conforme estabelecido no licenciamento, observando-se a faixa mínima de 30 (trinta) metros e máxima de 100 (cem) metros em área rural, e a faixa mínima de 15 (quinze) metros em área urbana (Goiás, 2013).

A Lei 12.651/12 considera como APP, topo de morro, a partir da curva de nível correspondente a 2/3 da altura mínima da elevação em relação à base de morros com altura mínima de 100m e declividade média acima de 25°. Nota-se outra significativa redução de área a ser preservada em morros visto que é difícil de se encontrar áreas contempladas nesses parâmetros.

Figura 7 - Largura da APP topo de morros



► Terço superior APP

Fonte: Lei 12.651\12

Elaboração: SILVA, A. S. (2017)

Além dos morros, nas Veredas, com a Lei 12.651/12, as APPs são demarcadas nas duas margens, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 metros.

Ao se abordar as Áreas de Preservação Permanente no município de Catalão (GO) é necessário, ainda, considerar, além de toda a legislação ambiental brasileira, federal, estadual e municipal, como o Código Florestal Lei 12.651/12, a Política Florestal do Estado de Goiás, Lei 18.104/13 e as Resoluções CONAMA, a nº 303/02,

que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente, e em especial a nº 302/2002, que dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno, pois o município possui duas UHE's: a da Emborcação e a Serra do Facão.

Para os limites de APPs às margens de reservatório artificial, a Resolução do CONAMA nº 302 de 2002 considera a área máxima do reservatório, sua utilização e sua localização (áreas urbanas consolidadas ou áreas rurais). A seguir, a Tabela 3 mostra esses limites.

Tabela 3 - Largura limite mínima de APP às margens de reservatórios artificiais de acordo com o uso.

Nível máximo do Reservatório	Abastecimento público		Geração de energia elétrica		Outros Usos	
	Área Rural	Área Urbana consolidada	Área Rural	Área Urbana consolidada	Área Rural	Área Urbana consolidada
≤ 10 ha	100	30	15	15	15	30
≤ 20 ha	100	30	100	30	15	30
> 20 ha	100	30	100	30	100	30

Fonte: CONAMA 302/2002

Org. SILVA, A. S. (2017)

Mas, é preciso considerar também que os empreendimentos de UHE's de Catalão são de grande porte. Conforme o Plano Ambiental de Conservação e Uso do Entorno do reservatório da UHE Serra do Facão (2009), localizada em dois estados, há a necessidade de, para ser licenciamento, que os órgãos estaduais unifiquem as suas exigências com as estabelecidas pelo IBAMA. A UHE Serra do Facão Sefac (2017), pontuou que as áreas de APP's do reservatório compreendem uma faixa variável com largura média de 100 metros e mínima de 30 metros, totalizando cerca de 12 mil hectares. Ainda segundo o relatório citado, foram consideradas no plano a Medida Provisória nº 2.166-66/01, que estabelece nova redação aos artigos 1º, 4º, 14º, 16º e 44º da Lei 4.771/65 (Código Florestal), e o artigo 10º da Lei 9.393/96, que define critérios para Áreas de Preservação Permanente (APPs), Reserva Legal e Imposto sobre a Propriedade Territorial Rural (ITR). Assim, a UHE Serra do Facão em

atendimento à legislação criou o Plano de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório da UHE Serra do Facão - PACUERA. Entre as ações nele propostas estão a Macro Zona de Preservação (ZP) e seus tipos (Sefac, 2009, p. 124):

A Macrozona de Preservação (ZP) poderá ser compartimentada nos seguintes tipos de zonas:

- Zona de Preservação - Área de Preservação Permanente – ZP-APP Esta zona compreende a Área de Preservação Permanente do AHE Serra do Facão que, de acordo com a legislação incidente – Leis Federais 4.771 de 15 de setembro de 1965 e 7.803 de 18 de julho de 1989, Medida Provisória 2.166 de 24 de agosto de 2001, e Lei Estadual nº 12.596, de 14 de março de 1995 (Política Florestal do estado de Goiás)–, corresponde a uma faixa de 100 m no entorno do reservatório em projeção horizontal, medida a partir do nível máximo normal e todas as ilhas que se formarem com o enchimento do reservatório. No entanto, a Resolução CONAMA nº. 302/2002 possibilita a alteração dessa largura, ampliando-a ou reduzindo-a, de acordo com critérios geológicos e sócio-ambientais pré-estabelecidos.

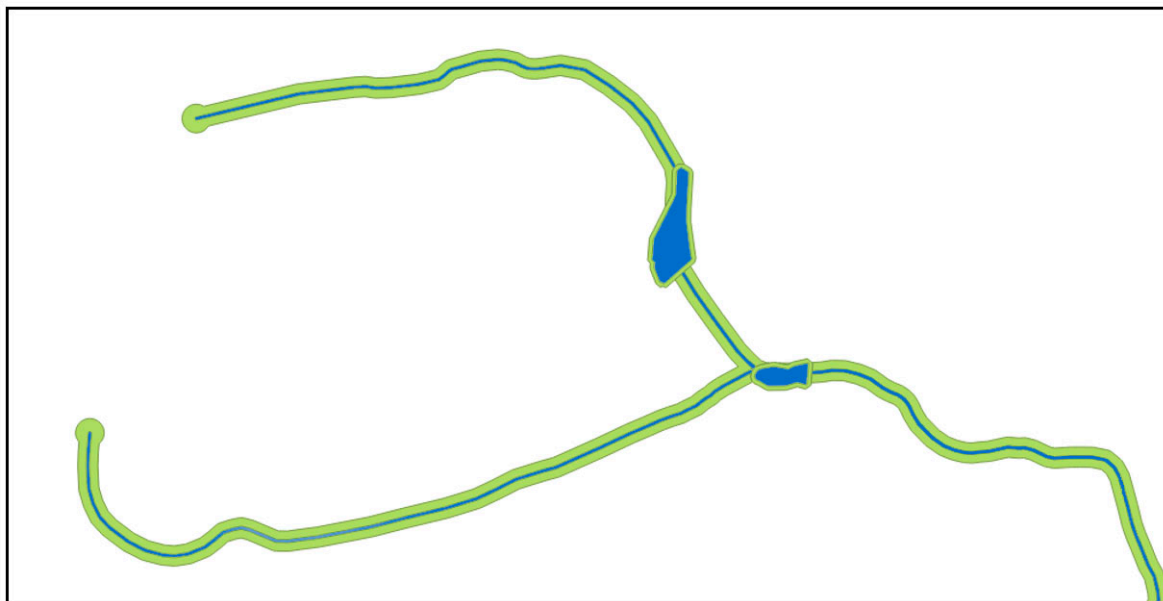
Em razão dos estudos e projeto de implantação da APP com largura flexível de 67,50m médios, o item 4.4. *Metodologia para definição da APP flexível*, do presente estudo, apresenta a metodologia adotada para delimitação da ZP-APP. No Volume II do presente relatório encontra-se o Anexo 08, que contém as folhas 1 à 17 do Mapa de Delimitação da APP Flexível (SFC-PAR-13 a SFC-PAR-29 – Anexo 12). Nestes mapas, em escala 1:10.000, os limites da APP proposta são sobrepostos à Imagem de Satélite do Ikonos. (Sefac, 2009, p. 124)

Já a UHE Emborcação se enquadra no caso das Usinas Hidrelétricas que entraram em operação antes de 1986. Os dados disponíveis e os levantamentos necessários à sua complementação devem obedecer às Resoluções do CONAMA nº 237/97, nº 01/86 e em especial a nº 06/87. A Licença de Operação (LO) nº 1103/2012 da UHE Emborcação determina que o empreendedor execute os programas ambientais de recuperação, entre eles o Programa de Reflorestamento Ciliar na área de represamento.

As áreas de preservação permanentes foram determinadas com base na legislação e nos parâmetros legais descritos nesse item, após a vetorização do mapa de uso da terra e da cobertura nativa, com procedimentos adaptados descritos em Bossle (2016).

A delimitação das faixas marginais de APPs de drenagem, nascentes, barramentos e veredas utiliza a representação de *buffers*, conforme a largura, obtidos no mapa de uso da terra e cobertura nativa, como mostra a Figura 8. A largura média dos rios foi obtida por amostragem com imagens de alta resolução do Google Earth através do OpenLayers plugin no QGIS.

Figura 8 - Detalhe *buffers* de APPs de drenagem, nascentes, barramentos e veredas



Fonte: Mapa de APPs - 2017

Org. SILVA, A. S. (2017)

Identificado primeiramente a largura dos rios, foram criados os buffers de 10m a 30m, no QGIS Menu >vetor > Ferramentas de geoprocessamento > buffers. Já para os rios de maior largura, foi utilizada parte da massa d'água; é o caso dos rios São Marcos e Paranaíba, rios de maior porte dentro do município. E, em seguida, foi criado também um buffer de 50 metros, a Zona Urbana de Proteção de Manancial Hídrico, ZUPM, próximo à área urbana, em conformidade com a Lei Municipal Complementar nº 3.439, de 08 de dezembro de 2016, que instituiu o plano-diretor de ordenamento do território e desenvolvimento sustentável de Catalão. O plano-diretor traz a ZUPM determinada para casos de aprovação de parcelamento do solo ou de licenciamento ambiental de empreendimento e/ou atividade industrial de potencial poluidor. A APP da área deverá ser de 50 metros para os cursos d'água de menos de 10 metros de largura e de 100 metros de raio no entorno das nascentes.

Para as áreas de nascentes também foi criado um *buffer* com um raio de 50m; para as áreas de vereda, um *buffer* de 50 m, a partir da área úmida. Na classe de veredas estão agrupadas as áreas de Campo úmido, isso devido à dificuldade de separar essas duas classes, além de elas terem resposta espectral semelhantes na imagem de satélite. Já as áreas de APPs do barramento UHE da Serra do Facão foram vetorizadas tendo como base os anexos da adequação do PACUERA da Serra do Facão de setembro/2015.

Para determinar as APPs de declive de 45° e de topo de Morro, foram utilizadas as imagens de radar Alos 12,5m, reamostradas para 30m, utilizando o QGIS módulo GDAL, para, posteriormente, gerar a declividade em graus e reclassificá-la com intervalo acima de 25°. Em seguida, foram sobrepostas as curvas de nível, sendo possível calcular o terço superior de todas as cotas dentro do município. E, considerando as áreas com declive de topo de morro mais acentuado, foi feita a conferência com cálculo manual, considerando os parâmetros ditados pela legislação e a metodologia descrita em Bossle (2016), na qual verificou-se que o município não possui APPs por declive acima de 45°, também não possui APPs topo de Morro com 100m acima do terço superior e com declive de 25°, conforme Tabela 4.

Tabela 4 - Pontos de referência utilizados no cálculo de conferência de APPs topo de Morro 100m acima 25°

Elevação	Cota de elevação - E	Ponto de sela mais próximo	Cota do ponto de sela mais próximo - S	Altura da elevação E-S	E-B>=100	App
A	720	1	675	45	-	Não
B	800	2	760	40	-	Não
C	800	3	720	80	-	Não
D	960	4	880	80	-	Não

Fonte: Adaptado de Bossle (2016)
Org: SILVA, A. S. 2018

Após se obter as APPs dos rios, dos barramentos, de nascentes, veredas e da UHE Serra do Facão, foram realizadas rotinas no QGIS com a finalidade de se extrair somente as APPs, retirando a lâmina da água dos rios e barramentos. Para isso, utilizou-se o QGIS>ferramenta de geoprocessamento> recorte > diferença. Esse procedimento foi realizado um por vez a cada classe de APPs, após o término foram unidas, utilizando-se o QGIS>menu vetor gerenciar dados > mesclar shapes, obtendo-se com isso o mapa de APPs do município. Em seguida, as APPs foram quantificadas, utilizando-se os passos descritos no item 3.2.5.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente capítulo serão apresentados os resultados obtidos, nos procedimentos metodológicos entre mapeamentos, tabulação cruzada, figuras, tabelas, quadros, assim como a discussão e considerações delineadas nos objetivos propostos para este estudo.

4.1. Caracterização do meio físico

A caracterização do meio físico foi realizada a partir dos dados espaciais e não espaciais, vetoriais e alfanuméricos da área de estudo. Foram adaptadas e atualizadas a base cartográfica do município de Catalão (GO), geomorfologia, geologia, realizada a caracterização do clima e a elaboração do mapeamento e análises referentes à hipsometria, declividade, classes de solos, uso da terra e cobertura vegetal, mapa de capacidade de uso da terra e áreas de APPs. E, a partir do cruzamento do mapa de capacidade de uso das terras com o mapa de uso das terras e cobertura vegetal nativa e de APPs, obteve-se o mapa de uso potencial das terras para o município de Catalão (GO).

4.1.1. Clima

O clima de Catalão, conforme a classificação de Köppen é do tipo tropical. No inverno ocorre menor pluviosidade que no verão. Segundo Köppen e Geiger (1954), o clima do município é classificado como Aw. Dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), publicados em 2018, mostram que a temperatura média de Catalão é de 23°C e a pluviosidade média anual é de 1449,6 mm. Numa comparação entre o mês mais seco e o mais chuvoso, há uma diferença de precipitação de 277,6 mm. Já a temperatura média do mês de fevereiro, é a mais alta do ano, é de 23,9 °C. No mês julho, a temperatura média é 20,20°C. O mês mais seco é julho com 5,3 mm de precipitação. O maior índice de precipitação ocorre em janeiro, com uma média de

282,9 mm. A Tabela 5 mostra a variação da temperatura ao longo do ano e as taxas de pluviosidade no período de 1981-2010.

Tabela 5 - Médias anuais município: Catalão (GO) 1981-2010 - Thornthwaite e Matter (ROLIN e SENTELHAS, 1998) - CAD igual a 100mm.

Latitude 18,18 S		Longitude 47,95 W		Altitude 840 m		Período 1981-2010	
Mês	T	P	ETP	ARM	ETR	DEF	EXC
	(°C)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
Jan	23,60	282,9	112,69	100,0	112,7	0,0	170,2
Fev	23,90	196,2	103,07	100,0	103,1	0,0	93,1
Mar	23,70	224,6	107,84	100,0	107,8	0,0	116,8
Abr	23,10	70,2	93,15	79,5	90,7	2,4	0,0
Mai	21,20	34,8	73,27	54,1	60,2	13,1	0,0
Jun	20,00	8,1	58,77	32,6	29,6	29,2	0,0
Jul	20,20	5,3	62,06	18,5	19,4	42,6	0,0
Ago	22,00	15,4	79,90	9,7	24,2	55,7	0,0
Set	23,70	41,0	98,40	5,5	45,2	53,2	0,0
Out	24,40	115,7	114,90	6,3	114,9	0,0	0,0
Nov	23,80	178,0	108,32	75,9	108,3	0,0	0,0
Dez	23,40	277,4	109,75	100,0	109,7	0,0	143,6
TOTAIS	273,0	1449,6	1122,1	682,1	925,9	196,2	523,7
MÉDIAS	23	121	94	56	77	16	44

Fonte: Dados do Inmet 1981-2010

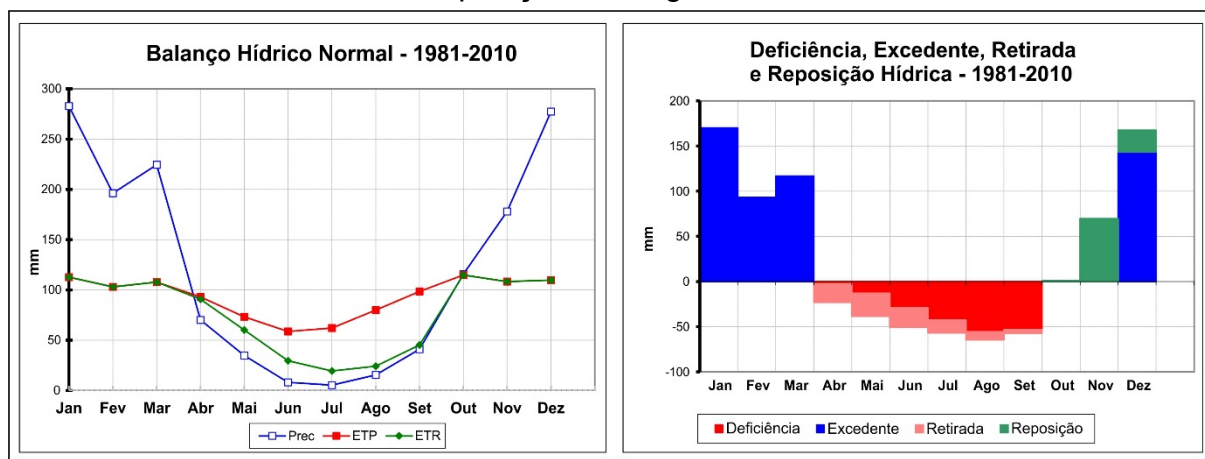
Elaboração: SILVA, A. S. (2018)

Aplicando a classificação de Thornthwaite e Matter (1955) e considerando as médias anuais no período de 1981-2010 (INMET), mostradas na Tabela 5, pode-se afirmar que Catalão possui o tipo climático Úmido B1wB'4a', em que B1 aponta índice de umidade 18,36, w indica deficiência moderada no inverno com índice de aridez (Ia) de 17,49, índice de eficiência térmica (ET) de 1122,1mm e com concentração de chuvas no verão de 38,62%.

Uma das formas de se contabilizar o balanço de água no solo é por meio do método proposto por Thornthwaite e Mather (1955), denominado de Balanço Hídrico Climatológico, no qual a partir dos dados da P (Pluviosidade, mm), de ETP (Evapotranspiração Potencial, mm) e da CAD (Capacidade de Água Disponível, mm), chega-se aos valores de disponibilidade de água no solo (Armazenamento = ARM), de alteração do armazenamento de água do solo ($ALT = \Delta ARM$), de evapotranspiração real (ETR), de deficiência hídrica (DEF) e de excedente hídrico ($EXC = DP$). A Figura 9 a seguir mostra o Balanço Hídrico Normal Mensal e

Deficiência, Excedente, Retirada, Reposição ao longo do ano em Catalão no período de 1981-2010.

Figura 9 - Balanço Hídrico Normal Mensal e Deficiência, Excedente, Retirada, Reposição ao longo do ano



Fonte: Dados do INMET 1981-2010

Autor: SILVA, A. S. (2018)

Nesta pesquisa foi adotado o valor de CAD igual a 100 mm. A Figura 9 mostra deficiência moderada no inverno com índice de aridez (I_a) de 17,49, em vermelho e de reposição nos meses de novembro e dezembro.

4.1.2. Rede Hidrográfica do Município de Catalão (GO)

O município de Catalão (GO) situa-se na bacia hidrográfica do rio Paranaíba, que possui rio de mesmo nome, situado ao centro-leste e sul do município, limite com o estado de Minas Gerais. Nesta mesma bacia hidrográfica, estão os principais rios que drenam a região e a área de pesquisa; ao centro do município destaca-se o rio São Marcos, que possui múltiplos usos, entre eles o barramento da UHE Serra do Facão e Paulistas já nos municípios de Ipameri (GO) e Cristalina (GO). Na região denominada Chapadão de Catalão, à margem esquerda do rio São Marcos, situa-se o rio São Bento, que possui grande importância para manutenção da fauna e flora, concentra maior parte de ambiente de vereda e é muito utilizado para irrigação por pivôs centrais para monoculturas diversas, e, já na divisa com Minas Gerais, o rio Verde.

Podemos destacar também, outros rios de importância no município, como o Veríssimo, a oeste do município na divisa com Ipameri, e ainda os ribeirões Pirapitinga, que nasce na área urbana de Catalão, os ribeirões Samambaia e Pari, ambos utilizados para captação de água para abastecimento público do município.

Como pode-se perceber na descrição acima, a drenagem no município de Catalão é muito difusa e com as bacias que cortam o município que não estão completamente situadas no território do município; as poucas exceções ocorrem com bacias menores, dentro do município, como é o caso dos ribeirões Samambaia e Pari, e do rio Morro Agudo, que possuem grande importância para a irrigação na agricultura familiar local. O Mapa 4 traz a rede hidrográfica do município de Catalão (GO).

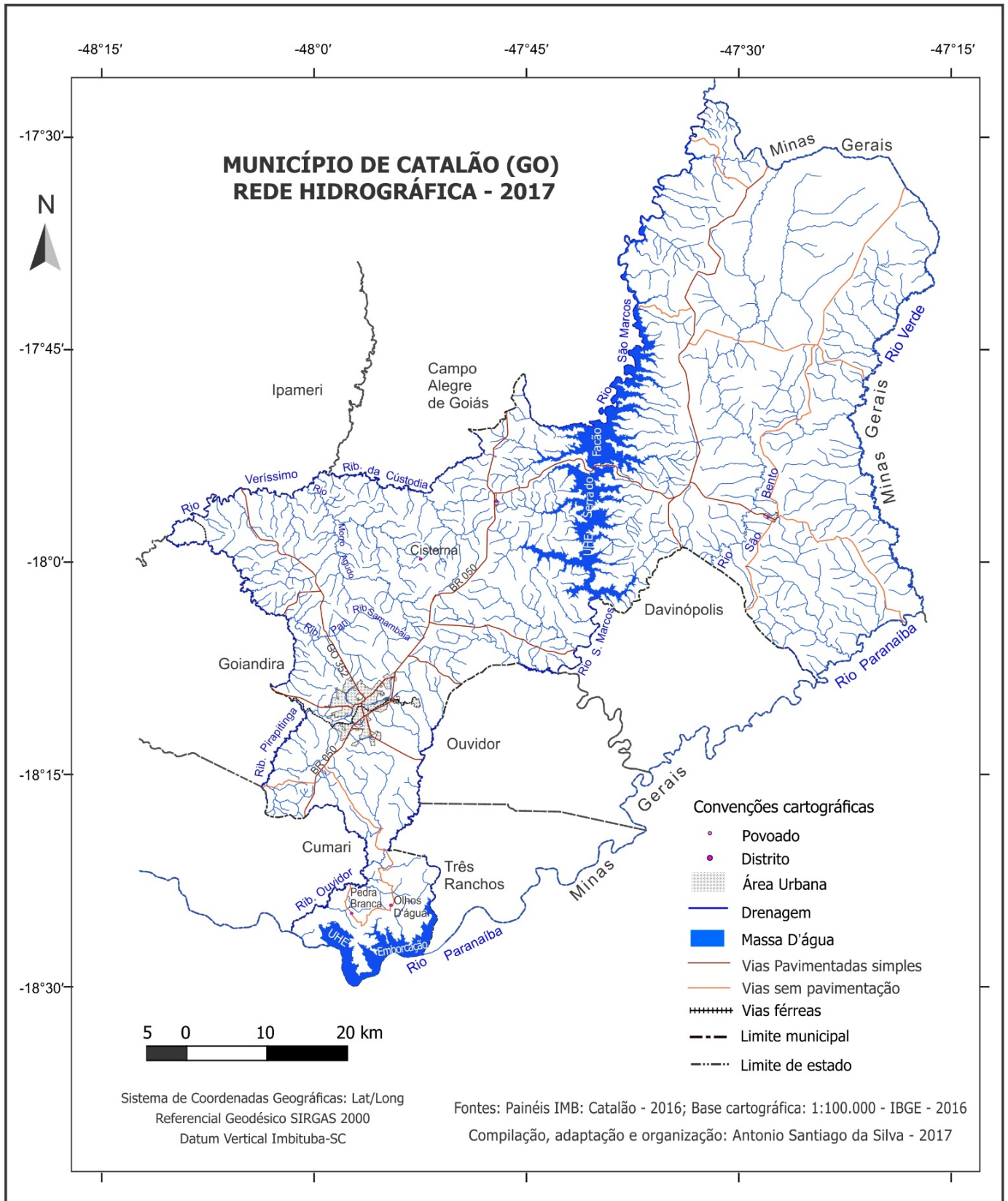
Foi necessário realizar um agrupamento ou utilizar uma unidade de planejamento de recurso hídrico para viabilizar uma melhor análise e visualização das unidades de planejamento de bacia dentro do município Catalão (GO).

Analogamente a divisão realizada pela Agência Nacional de Águas (ANA), no Mapa 5, unidades de planejamento de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paranaíba na área do município de Catalão (GO), foi dividida em quatro unidades de planejamento de recursos hídricos: o baixo São Marcos, que agrupa o rio São Marcos, o rio São Bento e ribeirões e córregos de menor monta, como, por exemplo, a bacia do ribeirão São Domingos; ao leste do município, as unidades do rio Paranaíba/Patos de Minas, na divisa com Minas Gerais, e, ainda a leste do município o rio Dourados, que possui também pequena parte no sul do território.

No oeste do município de Catalão, situa-se a unidade de planejamento hídrico do Rio Veríssimo/Catalão, região que possui bacias e rios de interesse para o abastecimento público e para a irrigação utilizada pela agricultura familiar, nos Ribeirões Samambaia/Pari, e também no ribeirão da Custódia, tributário do rio Veríssimo que faz a divisa de Catalão com Ipameri. Estão presentes ainda nesta unidade de planejamento, o Ribeirão Pirapitinga e o Ribeirão Ouvidor.

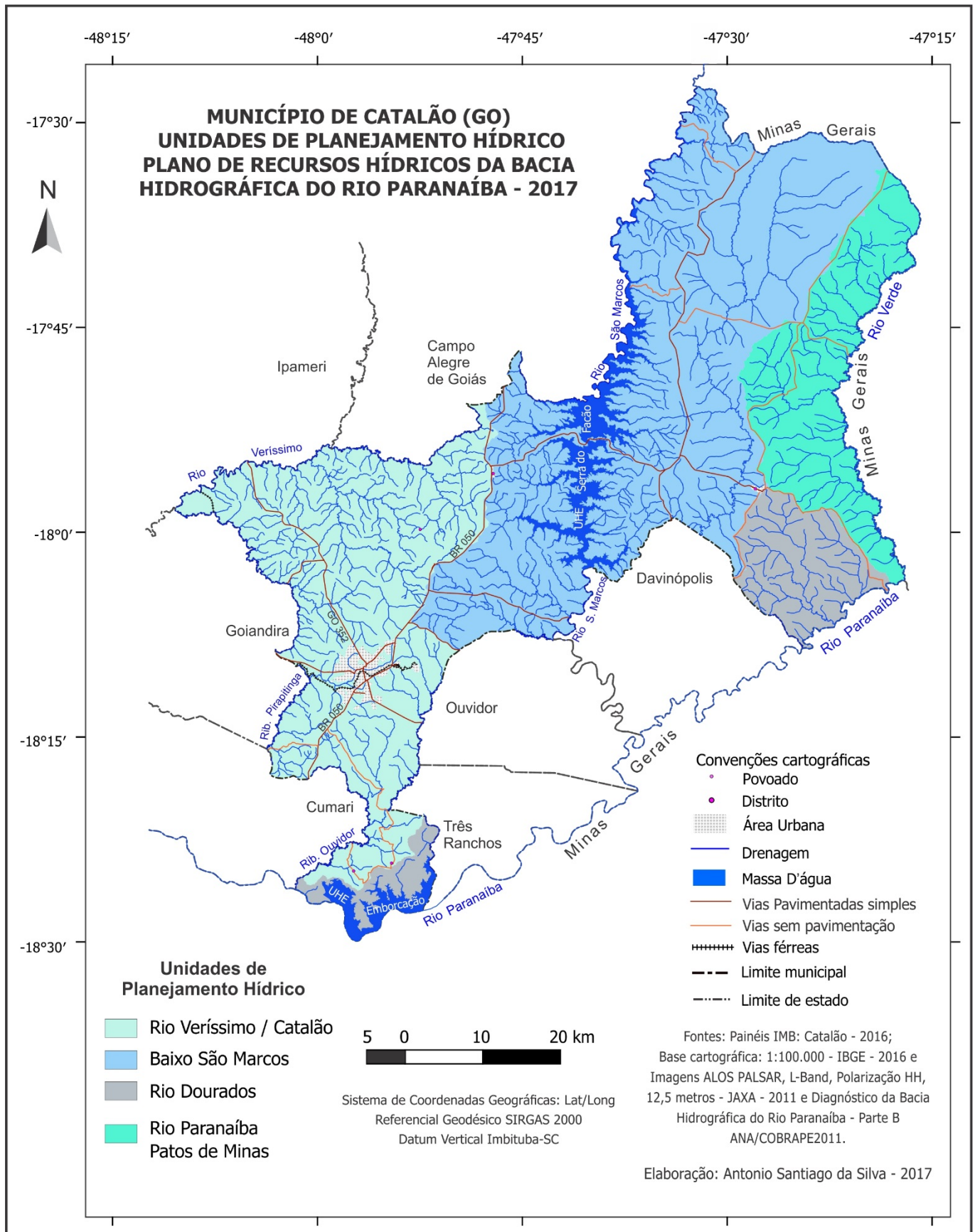
O estudo feito a partir de unidades de planejamento possui grande importância para a análise das características ambientais; aliada à dinâmica da drenagem regional, à Geologia, ao relevo, ao clima e à pedologia, possibilita realizar análises da configuração hídrica local e regional, para o planejamento e diagnósticos futuros. Não foi esse especificamente o objetivo nesta pesquisa, mas essa possibilidade poderá ser aprofundada em trabalhos futuros.

Mapa 4 - Rede Hidrográfica do município de Catalão (GO)



Compilação, adaptação e organização: SILVA, A. S. (2017)

Mapa 5 - Mapa de Unidades de planejamento hídrico da bacia hidrográfica do rio Paranaíba no município de Catalão (GO)



4.1.3. Geologia

O município de Catalão tem a geologia bem diversificada. Situa-se na Faixa Brasileira, que está localizada entre o Cráton São Francisco e os Domínios Goiano e Araí-Natividade, conforme Hasui et al. (2012), está inserida no Sistema Orogênico Tocantins. No tocante ao município de Catalão, que comporta unidades metassedimentares da Era Mesoproterozoica, o Grupo Canastra - Formação Chapada dos Pilões (MPcp), constitui-se de quartzitos e filitos na base e quartzitos no topo (Dardenne, 2000, apud Hasui et al., 2012, p. 302), existindo porções indivisas (metarenitos, quartzitos, grafita-xistos, filitos, quartzo-xistos, filitos carbonosos, metassiltitos, admetargilitos, metamargas, metacalcários e ardósias). Conforme o Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás (MACROZAE-Go, 2014), Catalão possui os elementos da classe (MPcp), como Xisto Verde, Filito, ocorrendo em 14,33%, conforme mostra a Tabela 6.

Tabela 6 - Áreas e distribuição espacial das classes litológicas no município de Catalão (GO)

Classes litológicas	Área		
	Km²	Ha	%
N1dl - Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas	477,27	47.727,11	12,49
K2 lambda c - Complexo alcalino Catalão I e II	9,90	990,20	0,26
NPrv - Grupo Ibiá - Formação Rio Verde	804,32	80.431,58	21,05
NP2 gamma 1ipt - Tipo Ipameri - Granito Pires Belo	32,85	3.284,84	0,86
NPaa - Grupo Araxá - Unidade A	1.353,93	135.392,69	35,43
NPaaHx - Grupo Araxá - Unidade A - Litofácies Hematita xisto	151,27	15.126,77	3,96
NPvsrv - Sequência metavulcanossedimentar Rio Veríssimo	22,32	2.232,02	0,59
PP2 gamma 1j - Suíte Jurubatuba	205,38	20.538,20	5,37
Q2a - Depósitos aluvionares	16,93	1.692,83	0,44
NPcb - Grupo Ibiá - Formação Cubatão	21,44	2.144,09	0,56
MPcp - Grupo Canastra - Formação Chapada dos Pilões	547,56	54.755,75	14,33
Ma - Massa d'água	178,30	17.830,19	4,67
Total	3.821,463	382.146,30	100,00

Fonte: Mapa geologia 2017, compilado, adaptado das Folhas SE.23-V-C e SE.23-Y-A, Geologia, escala 1:250.000, (MACROZAE-Go, 2014), SIEG / IMB e Klein (2008)

Autor: SILVA, A. S. (2017)

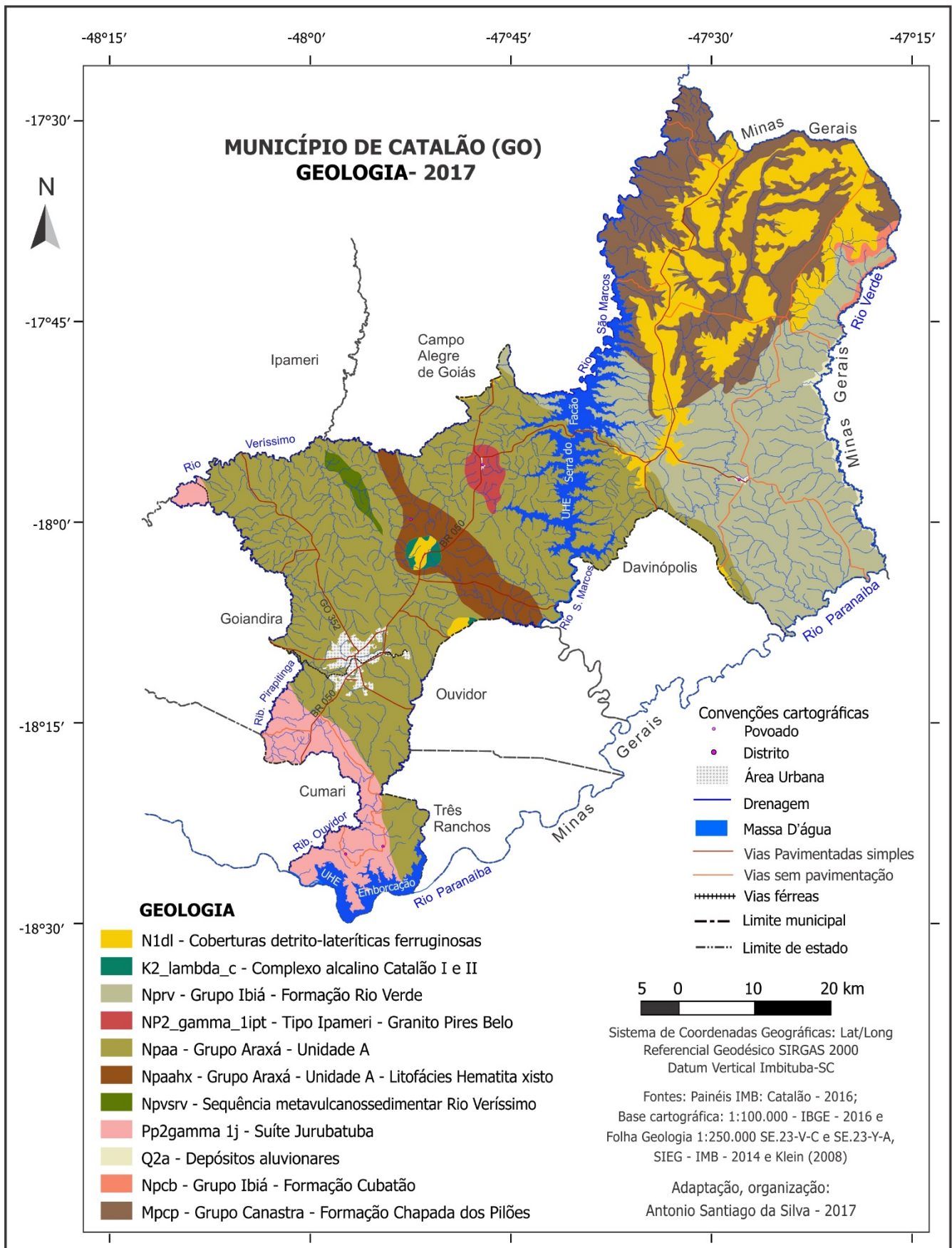
Da Era Neoproterozoica, as unidades metavulcanossedimentares do Grupo Araxá apresentam xistos granadíferos, xistos grafitosos, hornblenda-xistos, micaxistos, xistos feldspáticos, xistos ferruginosos, quartzo-xistos, quartzitos, mármore, anfibolitos, talco-xistos, granada anfibolitos, serpentinitos, clorita-xistos.

Conforme o MACROZAEE-GO (2014), as rochas do Grupo Araxá - A (NPaa) são constituídas de anfibolito, clorita xisto, muscovita-biotita xisto, quartzito ferruginoso, grafita xisto, talco xisto, hornblenda gnaiss, metacalcário, muscovita quartzito. No mapeamento constatou-se que a classe (NPaa) ocorre em 35,43% de toda a área pesquisada e é classe com maior percentual do município, como mostram a Tabela 6 e o Mapa 6, e o Grupo Araxá - Unidade A - litofácies hematita, xisto (NPaaHx), com quartzito ferruginoso e xisto, representa 3,96%.

O Grupo Rio Veríssimo é constituído por micaxistos, clorita-xistos, filitos carbonosos, quartzo-xistos, anfibolitos, mármore. O MACROZAEE-GO (2014), traz a classe Sequência metavulcanossedimentar Rio Veríssimo (NPvsrv), formado, por xisto, sericita, filito carbonoso, mármore, com ocorrência em 0,59% da área do município estudado.

Quanto às unidades granitoides gnaissificadas (Mapa 6), foi necessário atualizar essa classe de MACROZAEE-GO (2014) para graníticos sintectônicos, conforme proposta de Klein (2008), que datou e mapeou o Granito Pires Belo que ocorre ao norte de Catalão e possui fisionomia quase arredondada, é composto por epidoto-muscovita granito a muscovita-granada granito; as suas cores variam de cinza esverdeado a marrom avermelhado (Figura 10), essa classe ocupa 0,86% da área mapeada. Já a Unidade máfico-ultramáfica Complexo alcalino Catalão I e II (K2) é constituída de dunito, traquito, peridotito, piroxenito, gabróide, basanita, andesito e ocupa somente 0,26% da área do município, a menor, mas possui elevado grau de importância econômica para a exploração de minério, conforme mostra a Figura 11, vista panorâmica da lavra do Domo Catalão II.

Mapa 6 - Geologia do município de Catalão (GO)



Compilação, adaptação e organização: SILVA, A. S. (2017)

Figura 10 - Granito Pires Belo composto por epidoto-muscovita granito
a muscovita-granada granito



Coordenadas geográficas: 17°55'38.7"S 47°47'16.2"W - 20 ago. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Figura 11 - Lavra Domo Catalão II



Coordenadas geográficas: 18°01'21.1"S 47°51'42.8"W - 20 ago. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

O Grupo Ibiá - Formação Cubatão apresenta protolitos produzidos em águas profundas, metadiamicititos, quartzitos (Dardenne, 2000, apud Hasui, 2012) e o grupo Ibiá - Formação Rio Verde apresenta filitos cloríticos esverdeados, filitos calcíferos,

quartzitos, filitos cinza, filitos carbonosos. O MACROZAE-GO (2014), traz, da Formação Cubatão (NPcb), ainda metadiamicrito, esta formação ocorre em 0,56%. Já na Formação Rio Verde (NPrv), filito, xisto. Esta é a segunda maior formação de Catalão, somando 21,05% do total da área.

As coberturas detrito-lateríticas ferruginosas (N1dl), formados por aglomerado, laterita, argila, areia, depósitos de silte, depósitos de areia, depósitos de argila, ocorrem em 12,49%, conforme mostra a Figura 12. Conforme o (MACROZAE-GO, 2014), a Suíte Jurubatuba (PP2) formada por metatonalito, metagranito, indiferenciados para Klein (2008) ortognaisses, é encontrado em 5,37%. E depósitos aluvionares, formados por depósitos de areia, depósitos de cascalho, depósitos de silte, depósitos de argila, ocorrem em 0,44% da área pesquisada.

Figura 12 - Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas



Coordenadas geográficas: 17°35'32.1"S 47°31'06.4"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

A Figura 12 confirma a relação do material de origem do relevo; na borda da vertente de um Neossolo, situa-se bloco de coberturas detrito-lateríticas ferruginosas, fazendo limite com um Latossolo Vermelho-Amarelo, solo originado, a aproximadamente 5m da vertente onde se situa extensa área agrícola.

4.1.4. Geomorfologia

Conforme o projeto RADAMBRASIL (2018), entende-se por Unidades Geomorfológicas arranjos de formas altimétrica e fisionomicamente semelhantes em seus diversos tipos de modelados. Essas informações complementares ainda incluem, entre outros aspectos, como as informações estão relacionadas aos processos formadores, aos padrões de drenagem predominantes, a morfogênese atual e a caracterização geral da unidade.

A área de estudo apresenta os Planaltos e as Chapadas Goiás-Minas que, em sua subdivisão dissecação homogênea tabular (Dt), são 45,56% do total. Sua subdivisão pediplano degradado inumado (Pgi) ocupa 12,05% da área. Já as Superfícies Aplanadas, com dissecação homogênea convexa (Dc), ocupam 24,65%. E o Planalto Central Goiano, em sua subdivisão dissecação estrutural (De) abrange 13,07% de todo o município. A massa d'água ocupa 4,77% da área do município de Catalão. A Tabela 7 abaixo mostra essa distribuição.

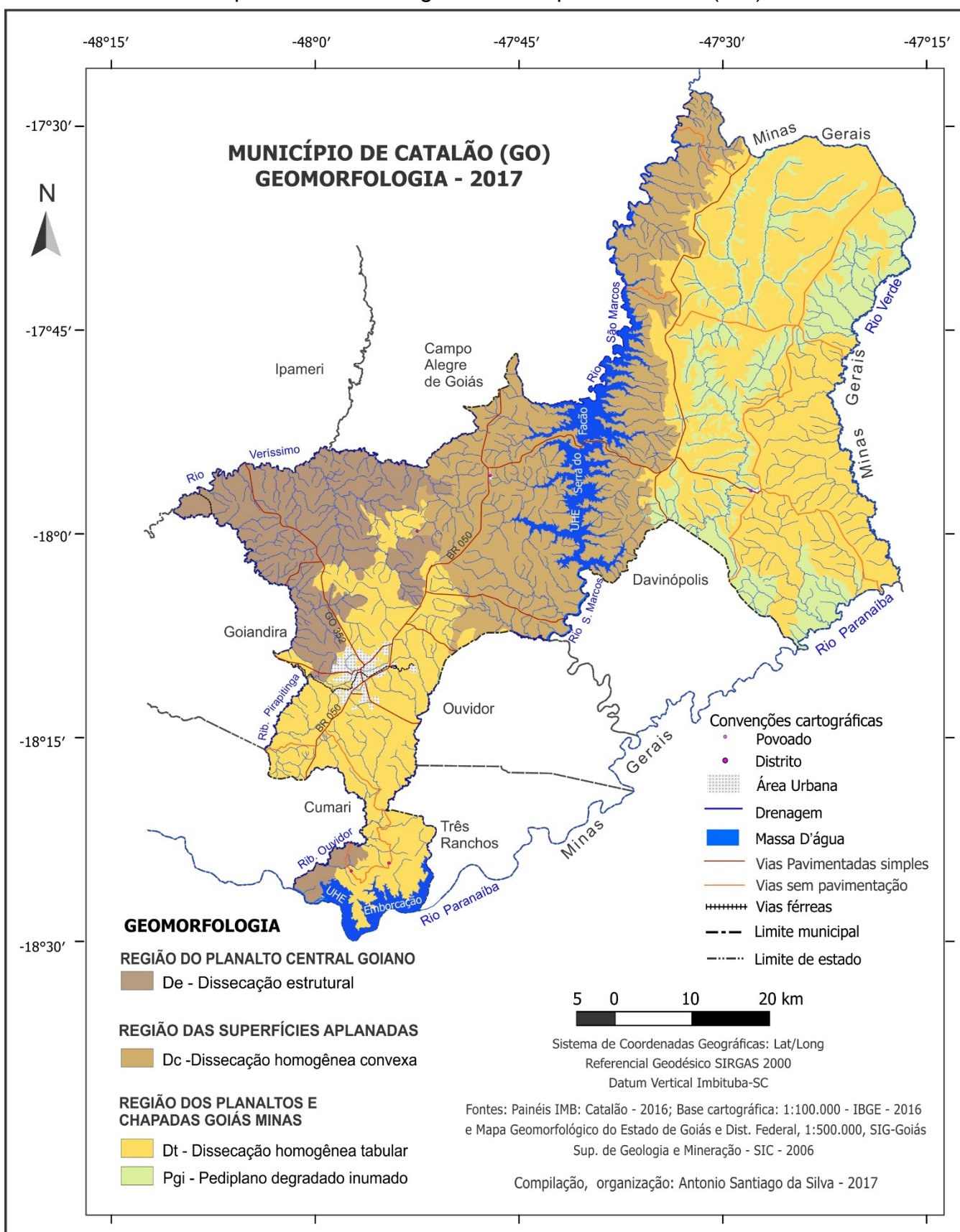
Tabela 7 - Área de classes geomorfológicas no município de Catalão

Classes geomorfológicas	Área		
	Km ²	Ha	%
PLANALTOS E CHAPADAS GOIÁS MINAS Pediplano degradado inumado (Pgi)	460,625	46.072,26	12,05
PLANALTOS E CHAPADAS GOIÁS MINAS Dissecação homogênea tabular (Dt)	1741,315	174.141,27	45,56
SUPERFÍCIES APLANADAS Dissecação homogênea convexa (Dc)	941,945	94.204,26	24,65
PLANALTO CENTRAL GOIANO Dissecação estrutural (De)	499,326	49.942,35	13,07
Massa d'água (Ma)	178,25	17.834,94	4,77
Total	3.821,463	382.195,08	100,00

Fonte: Mapa Geomorfologia 2017, compilado, adaptado do Mapa Geomorfológico do Estado de Goiás e Distrito Federal, escala 1:500.000, SIEG / SIC (2006)

Autor: SILVA, A. S. (2017)

Mapa 7 - Geomorfologia do município de Catalão (GO)



Com a retirada da vegetação, ocorre a remoção de material sólido e/ou solúvel intemperizado, como fragmentos de rochas, solo ou componentes químicos, que vai ser depositado em outro lugar, normalmente em rios e córregos, assoreando-os. Na área estudada é notória, a presença de rios e córregos assoreados. Esses processos erosivos hídricos são causados diretamente pela ação da água sobre o terreno. Já no que se refere à precipitação pluviométrica, uma parte da água é evapotranspirada, outra é infiltrada e o restante escoar diretamente pela superfície do terreno irregular. Assim, a água que infiltra pode retornar à superfície por fluxo hipodérmico ou subterrâneo, enquanto que a parte que escoar pode gerar dois processos erosivos principais, os quais foram encontrados na área de estudo, que são o laminar e o linear.

Os processos erosivos lineares levam à formação de sulcos, ravinas e voçorocas vão ser afetados pela composição litológica do substrato e das unidades superficiais, pela morfologia, pelo comprimento das vertentes e pela intensidade dos agentes antrópicos modificadores, que potencializam ainda mais o processo. A erosão antrópica pode ainda ser desencadeada ou potencializada por atividades da agropecuária que geram condições para a concentração do fluxo de água, tais como: a remoção da cobertura vegetal, as mudanças no uso e ocupação do solo, trilhas de gado, caminhos, estradas e escoamentos de estradas mal dimensionados, dentre outras. Tais fatores podem desencadear processos erosivos lineares, que se expressam na forma de voçorocas, afetando tanto áreas urbanas como rurais.

As voçorocas podem ser geradas ou ainda sustentadas e prolongadas tanto pelo escoamento superficial quanto pelo subterrâneo. Por desenvolver sobre material inconsolidado, as voçorocas são caracterizadas pelas fendas de grande porte nas vertentes do relevo, que evoluem lateralmente e à montante da vertente, com fluxo de água intermitente. A seguir duas situações de áreas com voçorocas, ravinamento, uma de menor proporção com aproximadamente 40 metros de largura, Figura 13, e outra maior com aproximadamente 90 metros de largura, Figura 14.

Figura 13 - Voçoroca com aproximadamente 250 metros de comprimento, ~40 metros de largura e ~5 metros de profundidade na parte mais larga, situada no sopé de Morro testemunho, comunidade da São Domingos



Coordenadas geográficas: 18°02'27.7"S 47°48'45.4"W - 10 ago. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Figura 14 - Voçoroca em destaque, com aproximadamente 280 metros de comprimento, ~90 metros de largura e ~15 metros de profundidade na parte mais larga, na margem da rodovia GO-506, que dá acesso ao distrito de Santo Antônio do Rio Verde



Coordenadas geográficas: 17°56'07.0"S 47°29'35.7"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Na margem da estrada na Comunidade São Domingos, a voçoroca foi causada pela remoção da vegetação, pelas características do relevo e agravada por um desvio de água da estrada, fazendo com que evolua. A outra voçoroca, a da margem da GO-506, que dá acesso ao distrito de Santo Antônio do Rio Verde, maior, é causada pelos mesmos fatores, mas, o que é muito ruim, essa era utilizada como depósito de lixo do distrito.

Figura 15 - Voçoroca em destaque na margem da rodovia GO-506, que dá acesso ao distrito de Santo Antônio do Rio Verde



Coordenadas geográficas: 17°56'07.0"S 47°29'35.7"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

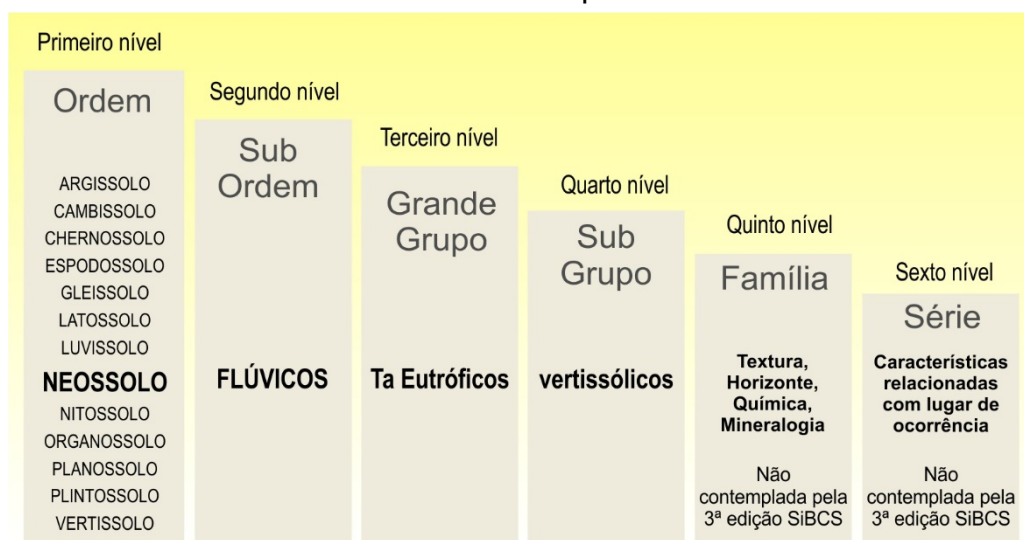
Essa voçoroca, Figuras 14 e 15, vai ao encontro ao rio São Bento e ocasiona o seu assoreamento, além de levar poluentes para ele. Está em uma área cercada pelas lavouras, que se estendem até próximo ao leito do rio, que quase não tem mais mata ciliar.

4.1.5. Solos

Para o melhor aproveitamento dos solos, ou uso racional, primeiramente é necessário o conhecimento deles, na área pesquisada. É necessário, depois de conhecê-los, classificá-los de acordo com os critérios estabelecidos na pesquisa. E para realizar este processo de especificação, categorização, os Sistemas de Classificação dos solos do Brasil (SiBCS), na sua terceira edição, revisada e ampliada pela EMBRAPA (2013), traz histórico, fundamentação e o sistema de classificação de solos de Baldwing, Kellog e Thorp, de 1938, modificado por Thorp em 1949, e o sistema de classificação da FAO.

Assim, a classificação dos solos no Brasil conta com seis níveis: primeiro (ordem), segundo (subordem), terceiro (grande grupo), quarto (subgrupo), quinto (família) e sexto (série), conforme mostra a Figura 16.

Figura 16 - Classificação de solos SiBCS (2013), em destaque a classificação para NEOSSOLOS até quarto nível



Fonte: (SiBCS, 2013); Adaptado de Prado (2006)

Como pode ser observado na figura acima, o SiBCS (2013) ainda não contemplou o quinto nível (família), mas indica os parâmetros a serem adotados: cada Família deverá ser separada da outra por vírgula e devem compor este nível a textura, o tipo de saturação, a mineralogia do solo. Já o Sexto nível série, indica nomes, lugar de ocorrência e termos geográficos evidentes na paisagem.

O mapa de solos foi elaborado com médio detalhamento, compilado e adaptado de recortes do Projeto RADAMBRASIL, atualizados conforme Manual Técnico de Pedologia (IBGE, 2015) e com o refinamento de solos de Goiás para 1:250.000 pela Emater (2016). Com a elaboração do mapa de solos da área de estudo, se constatou que o município de Catalão conta com cinco classes de solo predominantes: argissolos, cambissolos, latossolos, neossolos e gleissolo (Mapa 8). Essa formação pedológica diversificada é resultado da interação entre aspectos da geologia e da geomorfologia e entre características climáticas, propiciando solos pouco profundos, profundos a rasos e glei, que ocorrem em áreas de Veredas-Campo Úmido, ver a Tabela 8.

Segundo o SiBCS (2013), entende-se por argissolos aqueles solos que são constituídos por material mineral, apresentando horizonte B textural, imediatamente abaixo do A ou E, com argila de atividade baixa ou ainda com argila de atividade alta, conjugada com saturação por bases baixa e/ou caráter alítico, na maior parte do horizonte B.

Já os cambissolos são solos compostos por material mineral apresentam o horizonte A, ou hístico, com espessura insatisfatória para definir a classe dos organossolos, são seguidos de horizonte B incipiente.

Os latossolos são solos formados por material mineral, apresentam horizonte B latossólico antecedido de qualquer tipo de horizonte A, dentro de 200 cm da superfície do solo, ou ainda dentro de 300 cm, se o horizonte A apresentar mais que 150 cm de espessura.

Outro tipo de solo são os neossolos, pouco evoluídos e constituídos por material mineral ou por material orgânico com menos de 20 cm de espessura, não apresentam qualquer tipo de horizonte B diagnóstico. Assim, os horizontes glei, plíntico, vértico e A chernozêmico, quando presentes, não ocorrem em condição diagnóstica para as classes gleissolos, plintossolos, vertissolos e chernossolos, respectivamente.

Há ainda os gleissolos, que compreendem solos minerais, hidromórficos, que apresentam horizonte glei dentro de 50 cm a partir da superfície ou a profundidades entre 50 cm e 150 cm desde que imediatamente abaixo de horizontes A ou E (com ou sem gleização) ou ainda de horizonte hístico com espessura insuficiente para definir a classe dos organossolos. Não apresentam uma textura exclusivamente arenosa em todos os horizontes já dentro dos primeiros 150 cm da superfície do solo ou até um

contato lítico, tampouco apresentam horizonte vértico ou horizonte B plânico acima ou coincidente com horizonte glei ou qualquer outro tipo de horizonte B diagnóstico acima do horizonte glei. O horizonte plântico, se estiver presente, deve estar a uma profundidade superior a 200 cm da superfície do solo.

Logo, os solos desta classe de gleissolos se encontram permanentemente ou apenas periodicamente saturados por água, salvo se, artificialmente, forem drenados. A água pode permanecer estagnada internamente ou a saturação pode ocorrer por fluxo lateral no solo. Em qualquer circunstância, a água do solo pode se elevar por ascensão capilar, atingindo a superfície. O processo de gleização implica na manifestação de cores acinzentadas, azuladas ou esverdeadas.

A seguir, a Tabela 8 traz as áreas das classes de solos presentes município de Catalão medidas por quilômetro quadrado, hectare e porcentagem.

Tabela 8 - Área das classes de solos do município de Catalão

Classes litológicas	Área		
	Km ²	Ha	%
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico - PVAe	246,32	24.748,38	6,45
CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico - CXa	153,83	15.499,17	4,04
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico - CXbd	741,51	74.267,46	19,37
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico - LVAd	633,65	63.481,95	16,56
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico - LVd	958,30	95.946,21	25,02
LATOSSOLO VERMELHO Distroférico - LVdf	16,81	1797,21	0,47
LATOSSOLO VERMELHO Ácrico - LVw	58,91	6007,23	1,57
NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico - RLd	535,67	53.683,65	14,00
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico - CXbd + GLEISSOLO HÁPLICO Tb - GXbd	278,40	27.955,98	7,29
Urbano	22,10	2326,68	0,61
Massa D'água	175,97	17.713,53	4,62
Total	3.821,463	383.427,45	100,00

Fonte: Mapa de solos 2017, compilado, adaptado dos recortes das Folhas SE.23 e SE.22, escala 1:250.000, Radambrasil (2016)

Autor: SILVA, A. S. (2017)

O mapa de solos de Catalão traz o ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico - PVAe, típico, com textura média, muito cascalhenta/argilosa cascalhenta, horizonte A moderado, e em relevo ondulado, que pode ser encontrado em 6,45% do território do município; forma uma faixa à direita da área urbana de Catalão em direção à Comunidade Cisterna e ao sul próximo aos povoados de Olhos D'água e Pedra Branca.

O CAMBISSOLOS HÁPLICOS Alumínicos-Cxa, com textura média e argilosa cascalhenta, horizonte A moderado, em relevo forte ondulado e ondulado, ocupa 4,04% do total da área do município e está concentrado na parte central do município de Catalão indo até o limite com o município de Campo Alegre de Goiás. Já o CAMBISSOLO HÁPLICOS Tb Distrófico - CXbd típico, de textura argilosa, média e argilosa cascalhenta, média cascalhenta, com horizonte A moderado, em relevo ondulado e forte ondulado, está presente em 19,37% da área do município é a segunda, maior área de solo e está distribuída da parte central do município até a borda do represamento do rio São Marcos e até a o Domo catalão II e lado leste. É utilizado para pastagem. Este tipo de solo é descontínuo na porção sul, conforme mostra Figura 17, e seu perfil é de solo maduro, medindo aproximadamente 50cm, com ocorrência da vegetação Cerrado Ralo.

Figura 17 - CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico - CXbd



Coordenadas geográficas: 18°18'55.9"S 47°54'44.6"W - 10 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

No mapa dos solos do município de Catalão (GO) também é apresentado o LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico - LVAd, típico, com textura argilosa e muito argilosa, horizonte A moderado, relevo plano e suave ondulado. Ocorre em 16,56% do total da área, se concentra no Chapadão de Catalão. Este solo possui características ideais para o plantio de grãos com uso de maquinário agrícola. A Figura

18 mostra um perfil deste tipo de solo medindo aproximadamente 150cm. A vegetação que o recobre é o cerrado típico.

Já o LATOSSOLO VERMELHO Distrófico - LVd, típico, com textura argilosa e muito argilosa, horizonte A moderado, em relevo plano e suave ondulado, ocupa 25,02% do total de área; é o de maior percentagem. Também possui boas características para o plantio de grãos.

O LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico - LVdf, típico, com textura muito argilosa e argilosa, horizonte A moderado, em relevo suave ondulado, ocorre em 0,47% da área do município o solo de menor ocorrência de área da pesquisa. Possui uso para mineração, reflorestamento e pastagem. O LATOSSOLO VERMELHO Ácrico - LVw, típico, com textura argilosa, horizonte A moderado, em relevo plano e suave ondulado representa 1,57% da área e ocorre no lado leste de Catalão, limite com Goiandira.

Figura 18 - LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico - LVAd, Margem esquerda da rodovia GO-330 sentido Catalão-Ouvidor



Coordenadas geográficas: 18°13'41.6"S 47°53'12.8"W - 10 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

O NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico - RLd, típico, com textura média cascalhenta, horizonte moderado e A fraco, em relevo forte ondulado e ondulado, ocupa 14% de toda área, presente em parte da margem esquerda do rio São Bento, a porção mais dissecada do Chapadão de Catalão.

Os CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico, típico, com textura media cascalhenta, horizonte A moderado e pedregoso, relevo suave ondulado e ondulado e o GLEISSOLO HÁPLICO Tb, juntos ocupam 7,29% de toda a área pesquisada. Concentram-se no Chapadão de Catalão, conforme Figura 19.

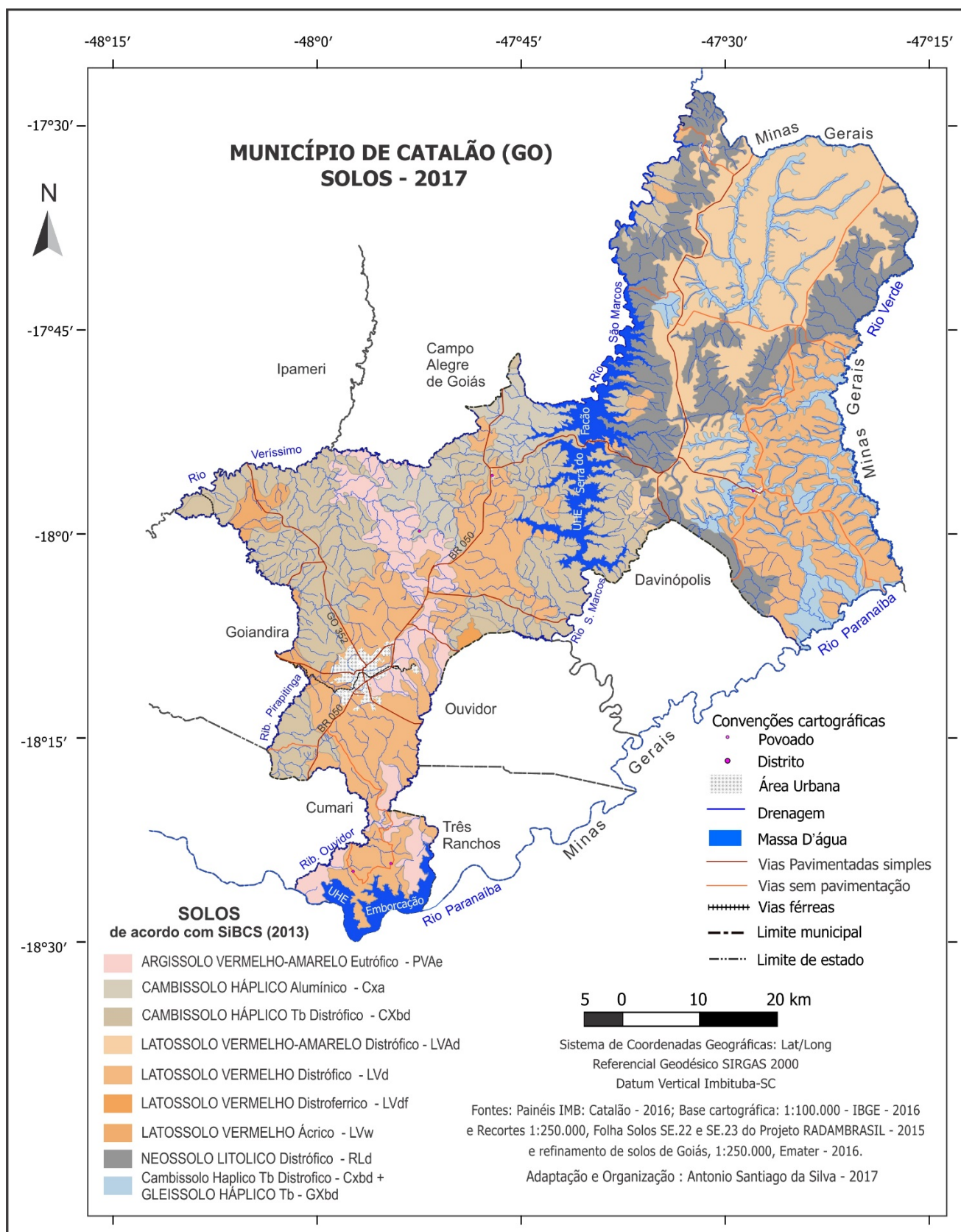
Figura 19 - GLEISSOLO HÁPLICO Tb; próximos a murundus e Vereda



Coordenadas geográficas: 17°36'32.6"S 47°31'55.0"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Conforme Ferreira (2003), e como foi confirmado em campo, a classe CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico se encontra nas bordas de áreas de vereda e o GLEISSOLO tem presença sob as veredas. Esses solos se encontram encharcados por água. Nesta pesquisa verificou-se solos com gleização cor acinzentada.

Mapa 8 - Solos do município de Catalão (GO) - 2017



Compilação, adaptação e organização: SILVA, A. S. (2017)

4.1.6. Hipsometria

A análise da hipsometria oferece a compreensão da dinâmica do relevo da área de forma a tornar, possível identificar fenômenos que só ocorrem em sua superfície. Contempla operações propícias para a medição de altitudes e suas variações no terreno.

Conforme mostra a Tabela 9, as classes de hipsométricas são: 520, 0.02%; 520-560, 0.05%; 560-600, 0.06%; 600-640, 2.22%; 640-680, 3.78%; 680-720, 8.44%; 720-760, 14.13%; 760-800, 18.76%; 800-840, 17.57%; 840-880, 11.75%; 880-920, 7.86%; áreas planas de chapada, com altitudes oscilando de 920-960, com 11.96% e as de 960-1000 metros somam 3,40%.

Tabela 9 - Distribuição espacial das cotas altimétricas no município de Catalão

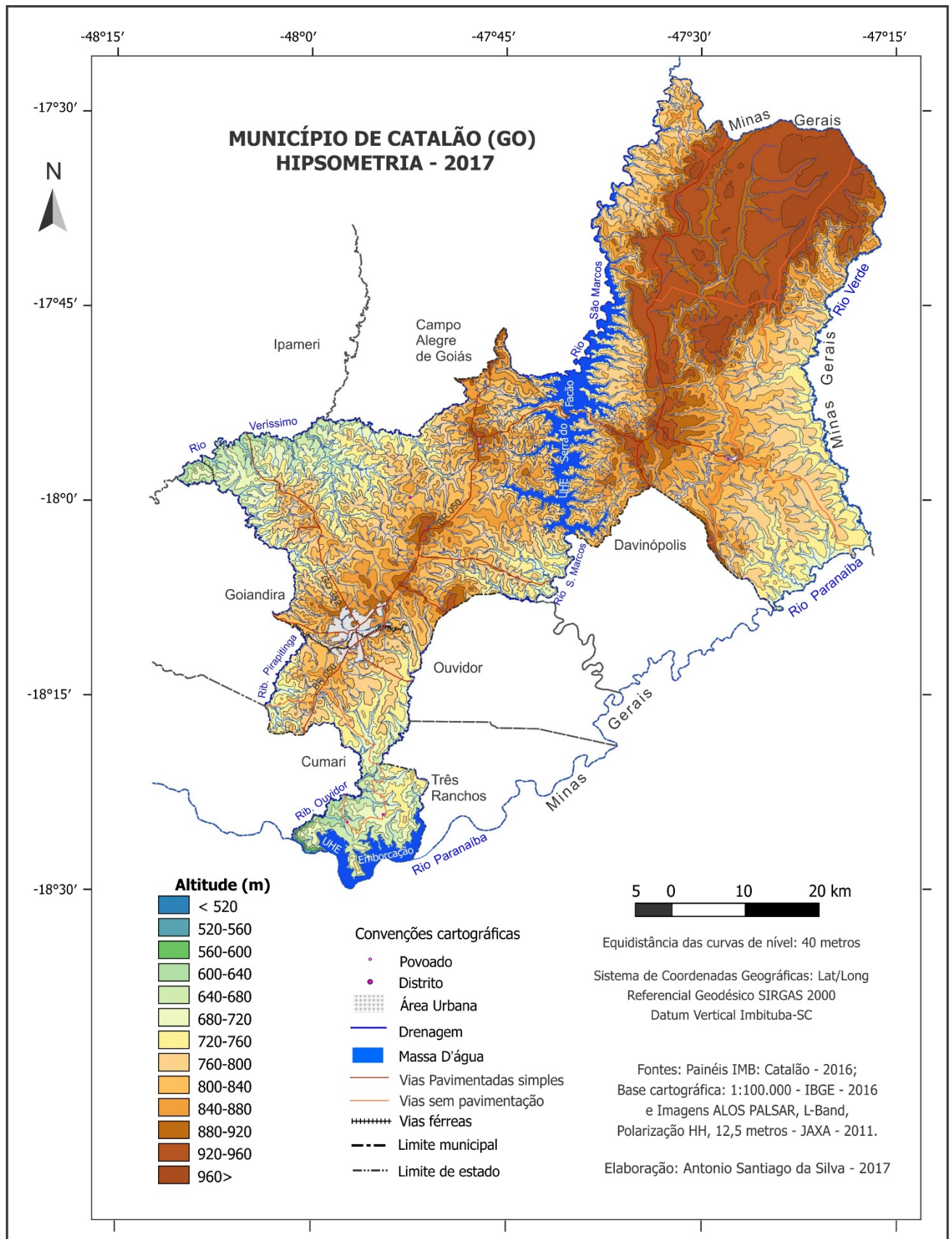
Cotas (m)	Área		
	Km ²	Ha	%
< 520	0,00894	0,8938	0,02
520-560	1,83233	183.233,02	0,05
560-600	2,40293	240.293,02	0,06
600-640	84,81863	8.481,86	2,22
640-680	144,35093	14.435,09	3,78
680-720	322,67693	32.267,69	8,44
720-760	540,08453	54.008,45	14,13
760-800	717,15323	71.715,32	18,76
800-840	671,61323	67.161,32	17,57
840-880	448,99373	44.899,37	11,75
880-920	300,56483	30.056,48	7,86
920-960	457,07573	45.707,57	11,96
>960	129,88703	12.988,70	3,40
Total	3.821,46	382.146,30	100,00

Fonte: Mapa Hipsometria, 2017

Autor: SILVA, A. S. (2017)

Neste estudo, a elaboração da hipsometria teve como intuito a identificação da variação das altitudes dentro da área pesquisada e também a identificação, caso existam, de APPs (Áreas de Preservação Permanente) por altitude. Em Catalão não possui por declive superior a 45°, também não possui com altura superior a 100m e declividade superior a 25° do 1/3 superior. A máxima altitude registrada na área foi de 960m, numa área plana de chapada. Os pontos de maior altitude estão localizados no nordeste do município, representados por Coberturas detrito-lateríticas ferruginosas e Grupo Canastra - Formação Chapada dos Pilões. Nos vales fluviais chamados estão as altitudes mais baixas oscilam em torno dos 520-560 metros. O ponto mais baixo de Catalão é a calha do rio Paranaíba, na parte sul do município.

Mapa 9 - Hipsometria do município de Catalão (GO) - 2017



Autor: SILVA, A. S. (2017)

4.1.7. Declividade

A elaboração do mapa de declividade, a partir de Imagens Alos 12,5m possibilitou a identificação de possíveis APPs por declividade que, de acordo a Lei 12.651/12, são áreas com inclinação superior a 45°. Também foi fundamental a definição das classes de declividade, conforme proposta da Embrapa (2013) e adaptada, depois utilizadas no cruzamento de dados com os solos.

Analizando-se o Mapa 10 e a Tabela 10, pode-se inferir que as maiores declividades predominam nos relevos de dissecação Suave ondulado, 3-8, o que significa 42.19% da área do município e concentram-se na porção nordeste no município, na área de topo de chapada no intervalo de altitude 920-960m.

Tabela 10 - Área dos intervalos de declividade no município de Catalão

Intervalos de declividade	Intervalos de declividade	Área		
		Km ²	Ha	%
Plano	< 3	951,32	95.132,04	24,89
Suave ondulado	3 - 8	1.612,04	161.203,98	42,19
Ondulado	8 - 20	1.175,20	117.520,07	30,75
Forte ondulado	20 - 45	82,59	8.258,911	2,15
Montanhoso	> 45	0,31	31.287	0,01
Total		3.821,463	382.146,300	100,00

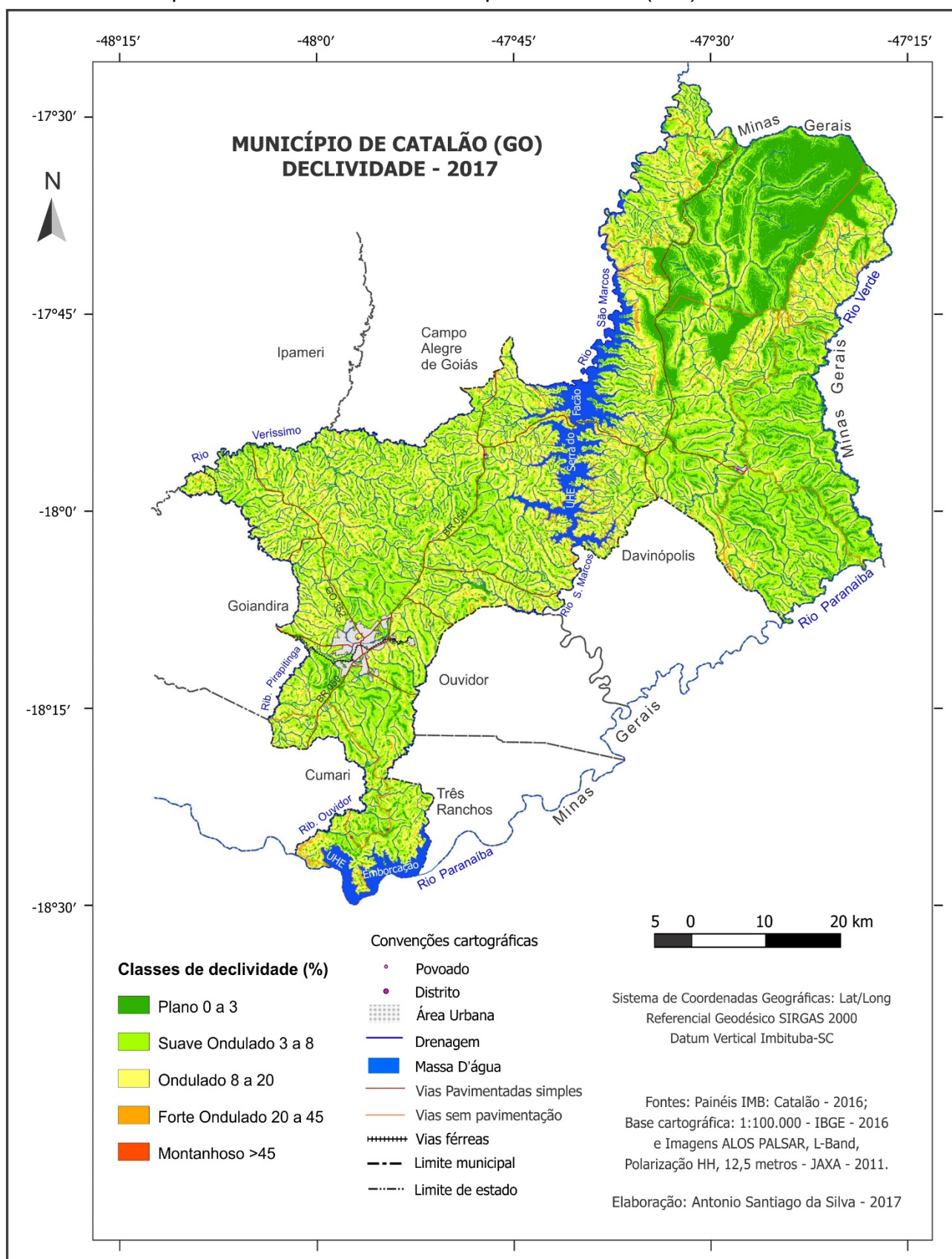
Fonte: Mapa de declividade, 2017 e Proposta Embrapa (2013) adaptada

Autor: SILVA, A. S. (2017)

O intervalo de declividade Plano, < 3, são 24,89%; os de Suave ondulado, 3-8, são 4,19%; o intervalo de declividade Ondulado, 8 - 20, ocupa 30,75% da área. Os intervalos de declividade Forte ondulado, 20-45, representam 2,15%; o intervalo Montanhoso, > 45, é de apenas 0,01%, estes dois últimos por causa de sua configuração estão mais susceptíveis a processos erosivos, soma-se à característica declive a fragilidade natural dos solos.

Esses processos erosivos se iniciam com erosão laminar, que é causada pelo escoamento superficial de fluxos de água espalhados e não canalizados (não concentrados), que são controlados pelas características da superfície, como gradiente de declividade, tamanho dos grãos, grau de coesão das partículas, cobertura e vegetação. É o tipo de erosão com maior incidência em áreas plantadas em relevo levemente acidentado e aplainados e solo mais susceptível.

Mapa 10 - Declividade do município de Catalão (GO) - 2017



Autor: SILVA, A. S. (2017)

4.1.8. Mapa de uso da terra e da cobertura vegetal nativa

Utilizando-se imagens de satélites, foi realizado um mapeamento de uso da terra e da cobertura vegetal com as seguintes categorias agrupadas e quantificadas em percentual: Mata ciliar, Mata de galeria, Palmeiral: 11,34%, Mata seca semidecidual/sempre-verde: 0,28%, Cerradão: 1,44%, Cerrado denso/típico com e sem galeria: 0,23%, Cerrado ralo/rupestre, Campo rupestre/sujo com galeria 19,63% e campo limpo/rupestre com galeria: 0,08%, Campo sujo úmido com vereda: 1,78%; e Campo limpo úmido com vereda: 0,35%, Cultura agrícola: 25,23%, Cultura agrícola perene: 0,13%, Cultura irrigada por pivô central: 1,44%. As atividades agrícolas somaram 26,80%, mas permanecem em segundo lugar no total de área. Já a pastagem cultivada, ocupando, 27,65%, é a atividade com maior percentual de intervenção antrópica. A Silvicultura (Pinus, Eucalyptus ou Seringueira) ocupa 4,02% da área. A influência urbana é de 0,97%; a mineração ocupa 0,30% e a massa d'água, 5,12%.

A seguir, os percentuais ocupados por cada categoria com suas respectivas áreas são mostradas na Tabela 11.

Tabela 11 - Área ocupada pelas classes uso da terra e cobertura vegetal nativa - 2017

Classes uso da terra e cobertura vegetal nativa	Área		
	Km²	Ha	%
Mata ciliar, Mata de galeria, Palmeiral - Fa	433,56	43.355,5198	11,34
Mata seca semidecidual/sempre-verde - Fs	10,70	1.069,97475	0,28
Cerradão - Sd 8	54,89	5.488,82475	1,44
Cerrado denso/típico com e sem galeria - Sas e Saf	8,74	874,29775	0,23
Cerrado ralo/rupestre, Campo rupestre/sujo com galeria - Spf	750,39	75.038,6698	19,63
Campo limpo/rupestre com galeria - Sgf e Sgs	3,10	309,76775	0,08
Campo sujo úmido com Vereda - Pa1	68,04	6.803,92975	1,78
Campo limpo úmido com Vereda - Pa2	13,42	1.341,79875	0,35
Cultura agrícola - Ac – 1	964,30	96.430,4038	25,23
Cultura agrícola perene - Ac1	4,91	491,31375	0,13
Cultura irrigada por pivô central - Ac2	54,86	5.486,48375	1,44
Pastagem cultivada - Ap	1.056,86	105686,19	27,65
Silvicultura (Pinus, Eucalyptus ou Seringueira) - R	153,50	15.350,0028	4,02
Influência Urbana - Iu	37,11	3.710,62775	0,97
Mineração - Im	11,37	1137,39075	0,30
Massa D'água - Água	195,71	19.571,1048	5,12
Total	3.821,463	382.146,300	100,00

Fonte: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa - 2017
 Autor: SILVA, A. S. 2017

A seguir, estas classes de uso da terra e cobertura vegetal nativa serão descritas sucintamente. A mata ciliar segue os rios de médio e grande porte da região do Cerrado, em que a vegetação arbórea não forma galerias. Ocorre normalmente sobre terrenos acidentados, podendo apresentar uma transição, por isso nem sempre é definido e varia em altura de 20 a 25 metros, a cobertura arbórea é variável de 50% a 90% ao longo do ano.

A mata de galeria segue os rios de pequeno porte e córregos. Forma corredores fechados (galerias) sobre o curso de água. Comumente situa-se nos vales ou nas cabeceiras de drenagem onde os cursos de água ainda não escavaram e mantém permanentemente as folhas (perenifolia). Apresenta em média de 20 a 30 metros, com superposição das copas de 70% a 95%. Ocorre em solos que são comumente cambissolos, plintossolos, argissolos, gleissolos ou neossolos, mas também em latossolos (Figura 20).

Figura 20 - Mata ciliar e mata de galeria - Ponte sobre o rio Veríssimo na divisa de Catalão (GO) com Ipameri (GO)



Coordenadas geográficas: 17°54'46.27"S48°5'7.51"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

A Mata seca é uma formação florestal, sem associação a cursos de água; é identificada por ter variados níveis de queda das folhas na estação seca. A vegetação ocorre nos níveis de relevos que separam os fundos de vales (interflúvios), em locais geralmente mais ricos em nutrientes, pode ser encontrada em solos desenvolvidos em rochas básicas de alta fertilidade entre ele Cambissolos e Vermelho-Escuro. A altura de suas árvores varia entre 15 e 25 metros. No período chuvoso as copas se tocam, com cobertura arbórea de 70% a 95%. Já no período seco é inferior a 50%.

Figura 21 - Vegetação de Mata de Galeria, no centro da foto, Mata Seca em tons acinzentados, em segundo plano



Coordenadas geográficas: 18°15'38.5"S 48°02'08.9"W - 17 jul. 2017
Foto: SILVA, A. S. (2017)

O cerradão é a uma formação florestal que possui dossel contínuo e cobertura arbórea que pode oscilar de 50% a 90%, sendo maior na estação chuvosa e menor na seca. A altura média da camada de árvores varia de 8 a 15 metros, a seguir Figura 22.

Figura 22 - Cerradão com destaque para variedade de árvores e até palmeiras e o substrato arbóreo quase inexistente



Coordenadas geográficas: 18°02'02.9"S 47°47'22.9"W - 18 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

O Cerradão ocorre em solos profundos, bem drenados, de média a baixa fertilidade, ligeiramente ácidos, pertencentes às classes Latossolo Vermelho ou Latossolo Vermelho-Amarelo. No local da Figura 22, há a presença de serapilheira de aproximadamente 15cm.

O Cerrado Típico possui vegetação predominantemente arbóreo-arbustiva com cobertura arbórea de 20% a 50% e altura média de três a seis metros (Figura 23).

Figura 23 - Cerrado Típico com destaque para variedade de árvores de vegetação predominantemente arbóreo-arbustiva



Coordenadas geográficas: 17°35'32.1"S 47°31'06.4"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Outro tipo de vegetação encontrado principalmente nos chapadões do distrito de Santo Antônio do Rio Verde é a vereda, com a *Mauritia flexuosa* (buriti) emergindo em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas. As veredas são circundadas por campos típicos, geralmente úmidos; os buritis não formam dossel (Figura 24). A literatura indica três zonas ligadas à topografia e à drenagem do solo: borda (local de solo mais seco, em trecho campestre podendo ocorrer arvoretas isoladas); meio (solo medianamente úmido, tipicamente campestre); e fundo (brejoso, onde ocorrem os buritis, muitos arbustos e arvoretas aglomeradas). Além disso, podem ocorrer veredas geralmente numa posição intermediária do terreno, próximas às nascentes (olhos d'água), ou nas bordas das cabeceiras de matas de galeria. A Figura 25, a seguir, mostra Emas na palhada de uma lavoura agrícola com áreas remanescentes de vegetação nativa ao fundo, que podem lhes servir como refúgio.

Figura 24 - Vereda com a *Mauritia flexuosa* (buriti) emergindo em meio a agrupamentos mais ou menos densos de espécies arbustivo-herbáceas



Coordenadas geográficas: 17°36'32.6"S 47°31'55.0"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Figura 25 - Restos de cultura de milho e sobre a palhada encontrou-se Emas (*Rhea americana*) nesse ambiente quente e seco do Cerrado



Coordenadas geográficas: 17°46'46.0"S 47°33'45.6"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

O campo rupestre é formado principalmente por uma vegetação herbáceo-arbustiva, com arvoretas pouco desenvolvidas de até dois metros de altura. Ocorre em trechos de afloramentos rochosos, normalmente em altitudes superiores a 900 metros, mas também a partir de 700 metros. A Figura 26 mostra essa vegetação, em relevo movimentado, à margem direita da rodovia GO-506 sentido Catalão-Distrito de Santo Antônio do Rio Verde e, ao fundo, represamento da UHE Serra do Facão.

Figura 26 - O substrato rochoso, devido a um relevo mais declivoso, onde predomina os Campos rupestres.



Coordenadas geográficas: 17°52'57.8"S 47°40'57.6"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Na Figura 26 também pode-se observar que a vegetação se encontra em estágio de recuperação de uma queimada recente.

O campo limpo é um tipo de vegetação principalmente herbácea, com raros arbustos e ausência completa de árvores. Ocupa diferentes posições topográficas, com diferentes variações no grau de umidade, profundidade e fertilidade do solo. Ocorre com frequência nas encostas, nas chapadas, nos olhos d'água, circundando as veredas e na borda das matas de galeria. A Figura 27 mostra, em primeiro plano, campo limpo, e o campo sujo em segundo plano. Já o Campo sujo é um tipo fisionômico exclusivamente arbustivo-herbáceo, com arbustos e subarbustos esparsos menores que as árvores do cerrado típico.

Figura 27 - Campo limpo no primeiro plano e campo sujo no segundo plano



Coordenadas geográficas: 18°03'39.0"S 47°48'22.9"W - 10 ago. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Figura 28 - Cultura irrigada por pivô central



Coordenadas geográficas: 17°40'15.4"S 47°33'20.6"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Figura 29 - Silvicultura (Pinus, *Eucalyptus* ou Seringueira)



Coordenadas geográficas: 17°39'27.5"S 47°31'39.8"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Figura 30 - Parte da área urbana de Catalão vista do morro de São João (959m)



Coordenadas geográficas: 18°09'19.0"S 47°56'32.7"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Sobre a classe de uso da terra mineração, segundo Hasui (2012), os carbonatitos brasileiros são os mais mineralizados do mundo. Depois do de Araxá, o complexo de Catalão (GO), é o segundo com recursos de 79 Mt de minério. A seguir (Figura 31) Domo Catalão II, onde são extraídas, rocha fosfatada e de terras-raras.

Figura 31- Lavra do Domo Catalão II, vista área, BR-050 em destaque



Coordenadas geográficas: 18°02'59.5"S 47°52'52.4"W - 17 set. 2016

Fonte: Niobrás Mineração Ltda- Mina: Boa Vista- Catalão II- Grupo CMOC - DNPM - (2016)

Ainda de acordo com Hasui (2012), Catalão possui em seu complexo mineral, minérios com mais de 2% de terras-raras; 35 Mt de minério com 1,2% de Nb_2O_5 ; 200 Mt de minério com 10% de TiO_2 , além de 6 Mt de minério com 14% de vermiculita e 120 Mt de minério fosfatado com mais de 10% de P_2O_5 .

A mineração, além de modificar a paisagem como mostra a figura acima, causa outros danos ao meio ambiente como, por exemplo, o rompimento de uma das lagoas de rejeito em 2004. A represa, que estava sob responsabilidade da então Ultrafertil S/A, rompeu deixando um rastro de lama e resíduos, que acabou por afetar pelo menos três ribeirões da região, matando fauna e flora.

Figura 32 - Lagoa de rejeito com iguapés no centro da foto Domo Catalão I



Coordenadas geográficas: 18°04'35.5"S 47°48'40.5"W - 21 ago. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Figura 33 - Massa d'água - UHE Serra do Facão ponte que liga os distritos de Pires Belo e Santo Antônio do Rio Verde, GO-506



Coordenadas geográficas: 17°53'15.01"S 47°40'9.03"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

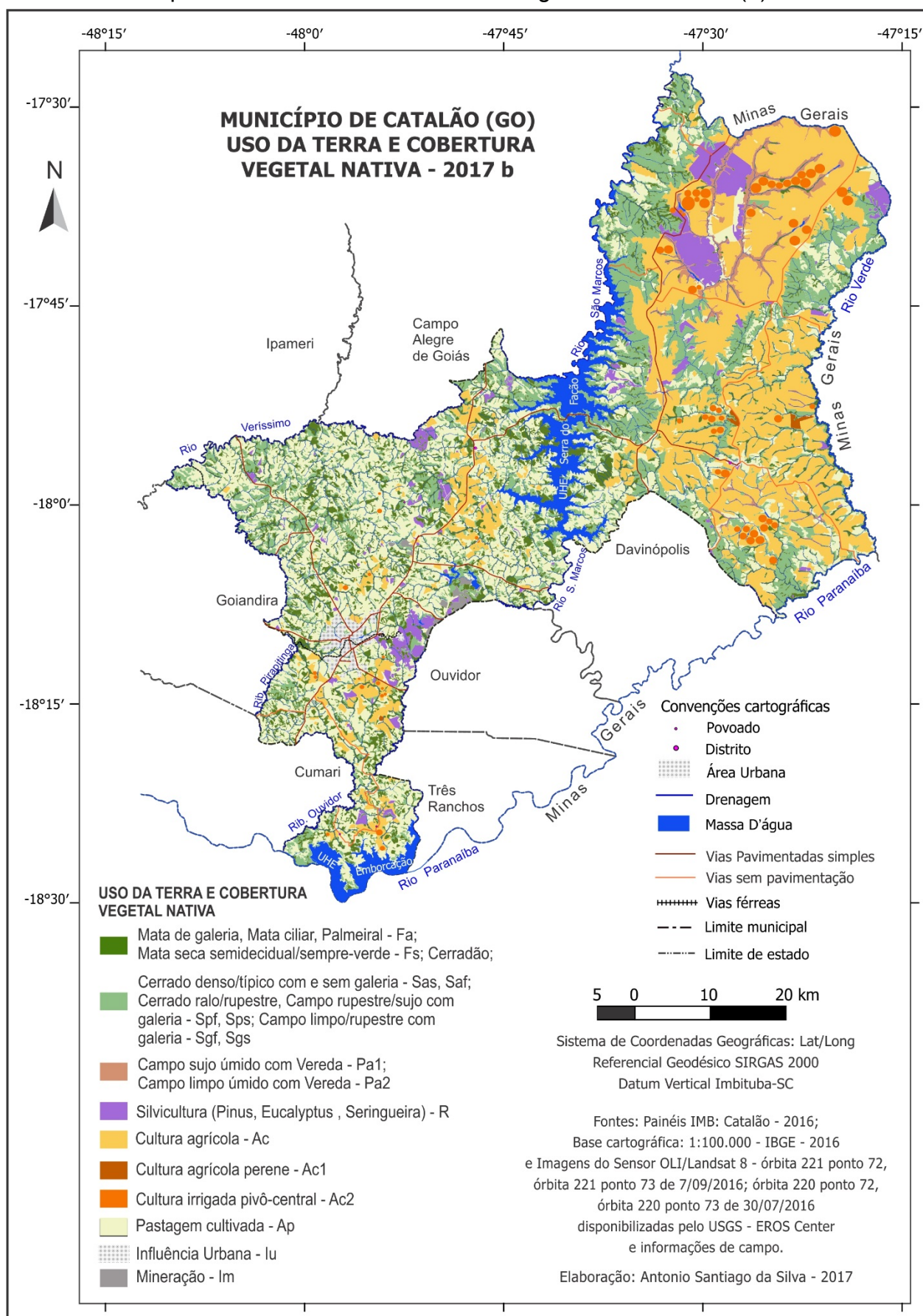
A classe de uso de solo “atividade agrícola” vem crescendo desde a Revolução Verde no município, tanto com o cultivo anual, quanto com a irrigada. As pastagens, que eram predominantes quanto ao uso da paisagem, vêm perdendo espaço para as áreas de lavouras. No município de Catalão (GO), as culturas perenes com ciclo maior de que um ano são pouco significativas, embora sejam praticadas pelos pequenos agricultores ou ainda pela agricultura familiar. As culturas anuais têm como destaque o plantio de soja, milho, sorgo e milheto.

As áreas de pastagem cultivada têm características de vegetação herbácea-gramínea, que substitui a vegetação rasteira nativa. Destaca-se nestas áreas a presença de algumas árvores de pequeno porte, nativas, preservadas para dar conforto térmico aos animais (gado). As áreas de pastagem, verificadas a campo, têm maior predomínio em pequenas propriedades.

As áreas de mata ciliar vêm perdendo espaço para as vegetações herbáceas (capim) e ainda para algumas plantações temporárias, como foi verificado na pesquisa de campo realizada no município. Vários rios e córregos como o rio São Marcos e o rio São Bento e o córrego São Domingos, dentre outros, estão assoreados e quase sem a mata ciliar.

A seguir, Mapa 11 - Uso da terra e cobertura vegetal nativa - 2017 (a) e Mapa 12, 2017 (b) com as classes de cobertura vegetal nativa, agrupadas para facilitar o cruzamento, na obtenção do mapa de uso potencial da terra.

Mapa 12 - Uso da terra e cobertura vegetal nativa - 2017 (b)



4.1.9. Áreas de Proteção Permanentes (APPs)

Partindo-se de uma visão integrada das características paisagísticas e a do aparato legal ambiental, é possível reafirmar a importância das áreas de proteção permanentes para os diferentes ecossistemas com vistas a manter o equilíbrio ambiental e dar proteção para a fauna e a flora.

As Áreas de Preservação Permanente APPs foram identificadas para a elaboração do mapa de APPs para o município de Catalão (GO). Foram identificados cinco tipos de APPs na área: mata ciliar, nascentes, veredas, barramento rural e urbano e barramento para funcionamento da Hidrelétrica, como mostra a Tabela 12 que também traz a área de cada APPs em relação à área do município, em porcentagem. A delimitação das Apps foi realizada de acordo com os procedimentos e a legislação vigente, como por exemplo, o Código Florestal, ou Lei 12.651/12, e outros instrumentos legais elencados no item 3.2.8.

Tabela 12 - Área das APPs do município de Catalão (GO) - 2017

Classes de APPs	Área		
	Km ²	Ha	%
Mata ciliar e nascente	1.607,05	160.704,74	61,85
Vereda/campo úmido	297,94	29.793,96	11,47
Barramento rural / urbano	43,51	4.351,01	1,67
Barramento hidrelétrica	649,86	64.986,19	25,01
Total	2.598,36	259.835,89	100,00

Fonte: Mapa de Áreas de Proteção Permanentes APPs - 2017

Autor: SILVA, A. S. 2018

Considerando-se a legislação ambiental atual para APPs, se verificou que o município não possui APPs por declive superior a 45°, também não possui APPs topo de Morro com 100m acima do terço superior e com declive de 25°.

No que refere-se à veredas, essas áreas possuem elevado grau de hidromorfismo, com presença de buritis. Estes são critérios importantes para sua identificação e, devido sua complexidade e por terem repostas espectrais muito próximas nas imagem de satélite utilizadas, optou-se por agrupá-las com as áreas de Campo Úmido.

Os dados mostrados na Tabela 12 referentes às Apps UHE Serra do Facão - 2015 foram obtidos por vetorização das bases nos anexos do PACUERA. No total

apresentado não foi considerado a UHE Emborcação, porque esta usina hidrelétrica entrou em operação antes de 1986. Também foram considerados os dados disponíveis e os levantamentos necessários à complementação dos mesmos conforme as Resoluções do CONAMA nº 237/97, nº 01/86 e em especial a nº 06/87.

Quanto às veredas a legislação ambiental não está sendo cumprida devidamente. Para Ferreira (2003, p.158), “no Processo de ocupação do Cerrado, as Veredas eram vistas como áreas “perdidas” em função de seu aspecto brejoso”. A tabela a seguir mostra que esta lógica de uso predatório vem se mantendo.

Tabela 13 - APPs com conflito de uso e remanescentes do município de Catalão (GO) - 2017

Classes	Área		
	Km²	Ha	%
Cultura agrícola	217,72800	21.772,80	8,43
Cultura agrícola perene	0,0000002	0,00002	0,01
Cultura irrigada por pivô central	0,0000040	0,00040	0,16
Influência Urbana	0,0000044	0,00044	0,17
Mineração	0,0000027	0,00027	0,10
Pastagem cultivada	344,26800	34.426,80	13,33
Silvicultura (<i>Pinus</i> , <i>Eucalyptus</i> ou Seringueira)	47,99700	4.799,70	1,86
Cobertura vegetal nativa (Mata ciliar e nascente, Vereda, Barramento Rural e Urbano, Barramento Hidrelétrica)	1.960,49700	196.049,7	75,94
Total	2.570,490	257.049,00	100,00

Fonte: Mapa de Áreas de Proteção Permanentes APPs de Catalão - 2017.

Autor: SILVA, A. S. 2018

Das áreas que possuem APPs com conflito de uso no município de Catalão (GO), algumas estão sendo usadas como de pastagem cultivada e representam 13,33%, seguida pelas que estão sendo usadas como classe cultura agrícola que são 8,43% e pelas da classe silvicultura (*Pinus*, *Eucalyptus* ou Seringueira) com 1,86%; há também outras menores. No total soma-se 24,6% de APPs antropizadas.

4.2. Mapa de capacidade de uso da terra

Para a obtenção do mapa de capacidade de uso das terras até subclasse, foram necessários e foram realizados cruzamentos para analisar a distribuição nos diferentes compartimentos do meio físico, entre eles componentes da fórmula mínima, o mapa de solo, de declividade e tabulações, conforme procedimentos propostos por Lepsch et al. (1991; 2015), descritos em 3.2.6.

O Quadro 6 traz o resumo dos critérios utilizados para obtenção das classes de capacidade de uso, solos, declividade e grau de fragilidade à erodilidade (Ross, 2012).

Quadro 6 - Critérios para obtenção das classes de capacidade - 2017

Tipo de solo	Classe	Sub-classe	grau de fragilidade à erodilidade	Declividade Adap. Embrapa*
ARGISSOLO VERMELHO-AMARELO Eutrófico – PVAe	II 1, 2	Ile	Médio	1 - < 3
	IV 3, 4, 5	IVe		
CAMBISSOLO HÁPLICO Alumínico - CXa	II 1,2	Ile	Forte	2 - 3-8
	III 3	IIIe		
	IV 4, 5	IVe		
CAMBISSOLO HÁPLICO Tb Distrófico - CXbd	II 1, 2	Ile	Forte	3 - 8-20
	III 3	IIIe		
	IV 4, 5	IVe		
LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO Distrófico - LVAd	II 1,2	II	Muito Fraco	4 - 20-45
		Ile		
	III 3	IIIe		
	IV 4	IVe		
LATOSSOLO VERMELHO Distrófico - LVd	II 1	II	Muito Fraco	5 - >45
	II 2	Ile		
	III 3	IIIe		
	IV 4 5	IVe		
LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico - LVdf	II 1	II	Muito Fraco	
	II 2	Ile		
	III 3	IIIe		
	IV 4	IVe		
LATOSSOLO VERMELHO Ácrico - LVw	I 1	I	Muito Fraco	
	II 2	II		
	III 3	IIIe		
	VII 4	VIIe		
NEOSSOLO LITÓLICO Distrófico - RLd	VI1,2,3	VIIs	Muito Forte	
	VII 4	VIIe		
	VIII 5	VIIIe		
Cambissolo Háplico Tb Distrófico - CXbd + GLEISSOLO HÁPLICO Tb - GXbd	VII 3,4	VIIIa	Forte a Muito Forte	
	VIII1,2	VIIe		

* Os números de 1-5 das colunas Declividade, relevo declividade adaptado pela Embrapa Classe referem-se ao intervalos de declividade 1=<3; 2 = 3-8; 3 = 8-20; 4 = 20-45; 5 = >45

Fontes: Lepsch et al. (1991; 2015), Embrapa (1979); Santos et al. (2013); Ross (2012)

Org: SILVA, A. S. 2018

Logo depois de obter o mapa de capacidade de uso da terra de Catalão foram encontradas sete classes. A Tabela 14 apresenta as classe por área.

Tabela 14 - Áreas das classes de capacidade de uso da terra no município de Catalão (GO) - 2017

Classe	Área		
	Km²	Ha	%
I	9,39	938,68	0,27
II	1.986,18	198618,37	51,88
III	676,91	67690,51	17,70
IV	138,42	13841,53	3,64
VI	501,64	50163,64	13,12
VII	107,28	10728,16	2,83
VIII	203,57	20356,63	5,34
Massa d'água	175,30	17530,36	4,60
Influência urbana	22,78	2278,42	0,62
Total	3.821,46	382.146,30	100,00

Fonte: Mapa de capacidade de uso da terra município de Catalão (GO) - 2017

Autor: SILVA, A. S. 2018

As terras classificadas na Classe I são passíveis de cultivos intensivos e sem problemas especiais de conservação e/ou melhoramentos químicos. Já as terras classificadas na classe II possuem pequenas limitações, com problemas simples de conservação.

As terras classificadas na classe III possuem características que reduzem ou limitam a preferência dos cultivos, ou seja, necessitam de práticas complexas de conservação. Desta maneira, as classes I, II e III somadas 69,85% da área da pesquisa está apta à agricultura, mas resguardando as de áreas de preservação permanente.

Para as terras de classe IV possui 3,64% do total de área, esta classe tem limitações que são ainda mais severas para cultivos intensivos, se cultivadas com lavouras anuais eventualmente ou com cultivos perenes protetores conservação do solo.

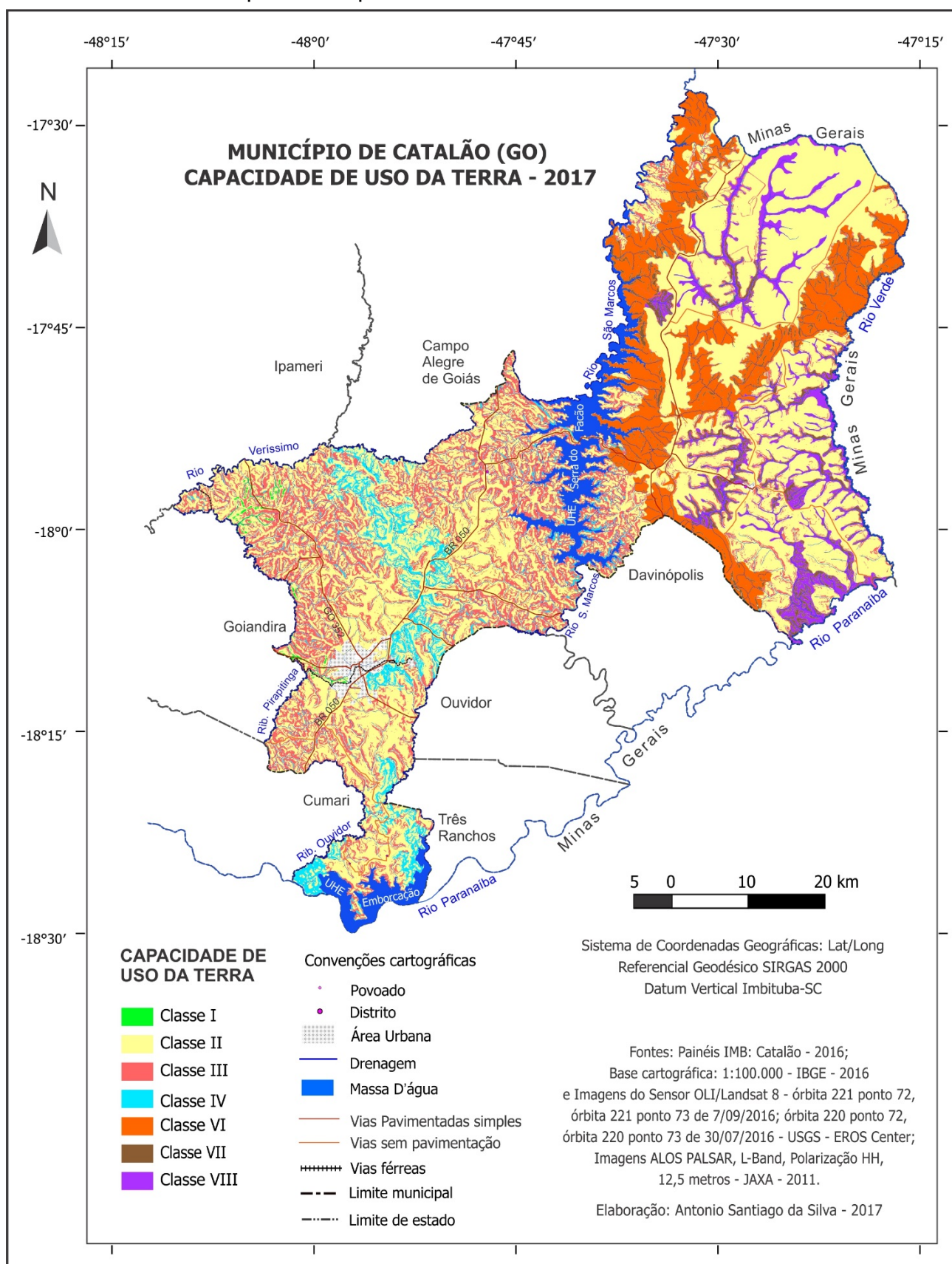
Desta forma, as culturas anuais são adequadas para as classes I a III. São possíveis na classe IV desde que ocasionalmente, como na implantação de culturas perenes ou na reforma das pastagens.

Já as terras da classe VI possuem limitações muito severas; são impróprias para cultivos, por isso pastagens e reflorestamento são os usos recomendados.

As terras da classe VII possuem limitações. Apresentam problemas complexos de conservação de solos. São impróprias para culturas. Pastagens e reflorestamentos são os usos indicados.

Por fim, as terras da classe VIII são impróprias para lavouras, pastagens e reflorestamento. Podem ser utilizadas apenas para a proteção da fauna e da flora.

Mapa 13 - Capacidade de uso da terra - 2017



Autor: SILVA, A. S. (2017)

4.3. Mapa de uso potencial das terras para o município de Catalão (GO)

O mapa de uso potencial das terras foi elaborado a partir do cruzamento do mapa de capacidade de uso das terras, com o mapa de uso das terras e cobertura vegetal nativa e de APPs, obtidos conforme metodologia anteriormente descrita nos itens 3.2.2, 3.2.6 e 3.2.8. No mapa de uso potencial das terras considerou as potencialidades dos recursos naturais, as fragilidades dos sistemas ambientais naturais, a possibilidade de recuperação dos ambientes degradados, como mostra a tabela abaixo:

Tabela 15 - Área das classes de uso potencial das terras

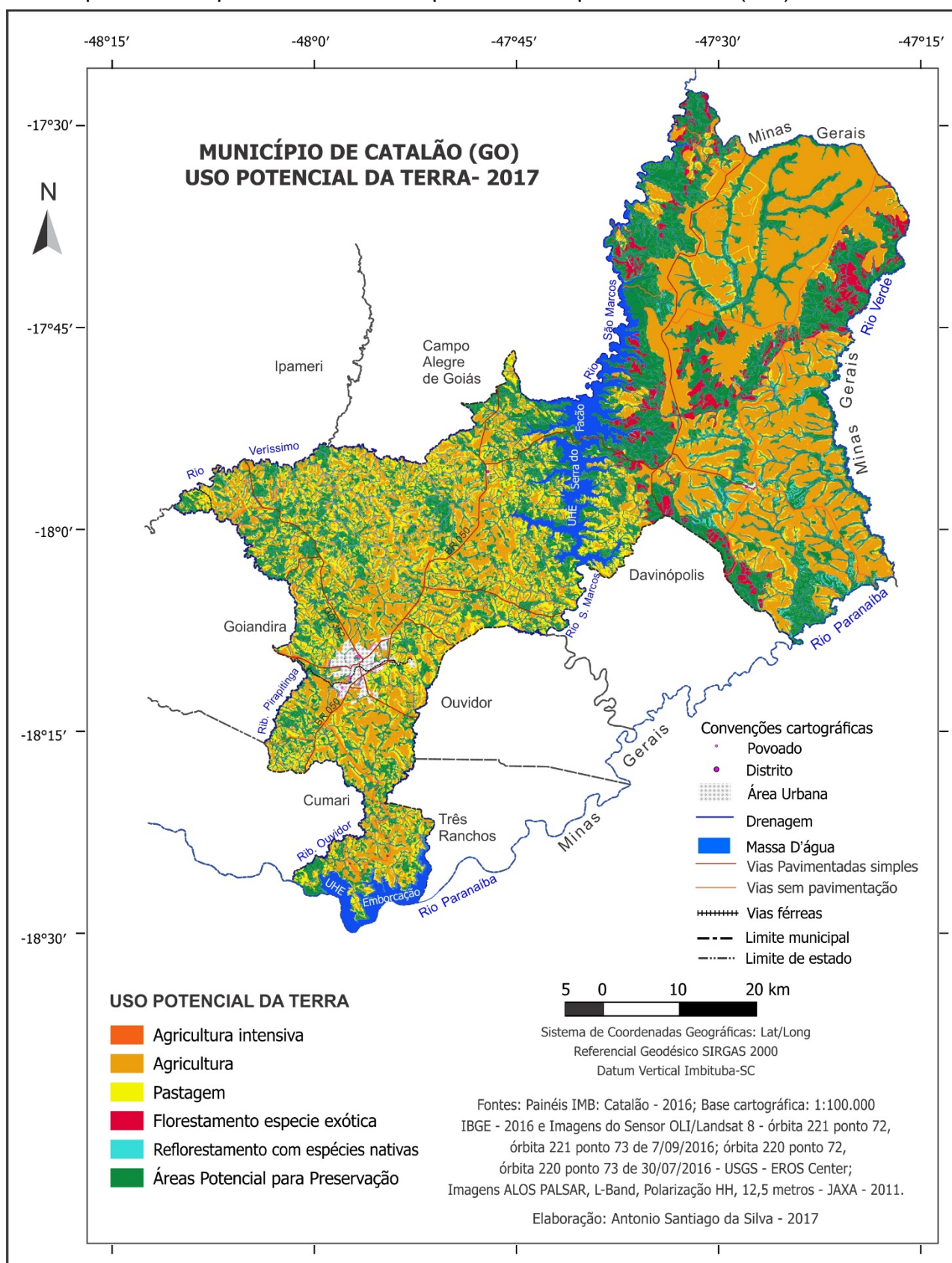
Classe	Área		
	Km ²	Ha	%
Agricultura intensiva	6,10	610,49	0.16
Agricultura	1.548,49	154.848,6	40.53
Pastagem	452,49	45.248,6	11.84
Florestamento espécie exótica	126,98	12.697,94	3.32
Reflorestamento com espécies nativas	30,19	3.018,713	0.79
Áreas Potencial para Preservação	1.464,69	146.468,7	38.33
Massa d'água	170,70	17.069,87	4.46
Área Urbana	21,83	2.183,33	0.57
	3.821,46	382.146	100.00

Fonte: Mapa de capacidade de uso da terra, APPs e Mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa município de Catalão (GO) - 2017

Autor: SILVA, A. S. 2018

A Tabela 15 mostra a área das classes de uso potencial das terras no município de Catalão (GO). Do total das terras recomendadas 40,69% são para agricultura, 11,84% são recomendadas para pastagens, 3,32% para reflorestamento e 38,33% recomendada para preservação.

Mapa 14 - Uso potencial das terras para o município de Catalão (GO) - 2017



Autor: SILVA, A. S. (2017)

Tabela 16 - Correlação entre uso potencial das terras, uso da terra e cobertura vegetal nativa e conflito de uso em áreas de APPs

Classe	Agricultura intensiva		Agricultura		Pastagem		Florestamento espécie exótica		Reflorestamento com espécies nativas		Áreas Potencial para Preservação		Massa d'água		Área Urbana	
	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%	Km²	%
Cultura agrícola	0,27990	0,01	818,30610	21,43	59,76720	1,57	23,58810	0,62	9,79830	0,26	29,11320	0,76	0,08370	-	0,21600	0,01
Cultura agrícola perene	-	-	3,97170	0,10	0,44370	0,01	0,02250	0,00	0,17910	0,00	0,30240	0,01	-	-	-	-
Massa D'água**	0,06120	-	12,95460	0,34	8,10090	0,21	3,47310	0,09	0,54360	0,01	3,20040	0,08	164,08080	4,30	0,18090	-
Influência Urbana**	0,36540	0,01	15,04620	0,39	1,69920	0,04	-	-	0,01440	-	0,13680	0,00	-	-	19,28790	0,51
Cerrado denso/típico com e sem galeria; Cerrado ralo/rupestre, Campo rupestre/sujo com galeria; Campo limpo/rupestre com galeria*	1,16190	0,03	181,95390	4,76	149,28030	3,91	297,38700	7,79	55,88550	1,46	39,63690	1,04	2,51730	0,07	0,70200	0,02
Mineração	-	-	6,65100	0,17	3,34620	0,09	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cultura irrigada pivô-central	-	-	52,04790	1,36	1,81800	0,05	0,13320	0,00	0,07740	0,00	0,26640	0,01	0,01980	-	-	-
APPs	0,23040	0,01	30,97080	0,81	9,94680	0,26	5,92560	0,16	2,12490	0,06	9,37620	0,25	1,06290	0,03	0,36720	0,01
Pastagem cultivada	5,12820	0,13	535,13280	14,01	282,37140	7,39	86,19390	2,26	17,72820	0,46	24,85710	0,65	6,52500	0,17	2,00700	0,05
Silvicultura	0,15120	-	104,58720	2,74	21,95550	0,57	13,66650	0,36	1,82610	0,05	1,49580	0,04	-	-	0,03060	-
Mata ciliar, Mata de galeria, Palmeiral; Mata seca semidecidual/sempr-verde; Cerradão*	2,84850	0,07	208,91430	5,47	136,74420	3,58	63,95130	1,67	13,17690	0,35	38,88810	1,02	1,05750	0,03	0,94770	0,02
Campo sujo úmido com Vereda; Campo limpo úmido com Vereda*	-	-	11,29320	0,30	1,65870	0,04	6,59610	0,17	6,83460	0,18	54,91170	1,44	-	-	0,00090	-

*Classes potencial preservação. ** Classes áreas urbanas e de corpos d'água, não se aplica.

Fonte: Mapa de capacidade de uso da terra, Apps e Mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa município de Catalão (GO) - 2017

Autor: SILVA, A. S. 2018

Na Tabela 16, a correlação entre uso potencial das terras e uso da terra e da cobertura vegetal nativa, destacam o uso ilegal das áreas de APPs, nas áreas de uso potencial das terras a agricultura possui 0,81% e também tem um maior percentual das classes conforme o uso potencial das terras indicado a agricultura 21,43%. No mapa conflito de uso em APP no município de Catalão (GO), a classe de Pastagem cultivada ocupa 13,33%, seguida pela classe Cultura agrícola com 8,43%.

Já a classe de silvicultura, o cruzamento do mapa de uso da terra e cobertura vegetal nativa com o de capacidade das terras, revelou que 2,74% desta classe está subutilizada, podendo ser realocada para classe IV ou Florestamento espécie exótica.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o início do processo de ocupação e uso das áreas de Cerrado desde o século XX, especificamente onde o relevo é aplainado, ou ainda, levemente ondulado, a agricultura e a pecuária são praticados de forma mais intensa, mas sem ações de manejo adequado, o que gera a degradação ambiental dessas áreas. E, conseqüentemente, ocorrem impactos como a falta da cobertura vegetal e a compactação dos solos, devido ao uso de maquinário agrícola pesado, cada vez mais utilizado, ao pisoteio do gado, à queimada frequente de pastagem que dificulta/impede a infiltração da água das chuvas, que por sua vez, aumenta o escoamento superficial. Nesse contexto, similarmente, a área do Município de Catalão (GO), também foi alcançada pelo desenvolvimento das agroindústrias, da agropecuária e do setor minerador.

Nesse sentido, o estudo e o mapeamento, por intermédio do geoprocessamento e utilizando instrumentos de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informações Geográficas, são eficazes para realizar o diagnóstico, o planejamento do uso potencial das terras.

O objetivo geral desta pesquisa foi produzir e propor um mapa de uso potencial das terras, de acordo com as características físico-naturais do município de Catalão (GO).

Esta proposta definiu como objetivos específicos:

a. Caracterizar o meio físico: compilar mapas temáticos de geologia, geomorfologia, solos, redes de drenagem; produzir mapas de sub-bacias hidrográficas, hipsometria, declividade dos terrenos, do uso da terra e cobertura vegetal nativa de 2016, a partir de informações coletadas a campo e em fontes documentais;

b. Organizar e analisar os dados extraídos dos mapas temáticos para produzir e propor um mapa de uso potencial das terras, de acordo as características físico-naturais do município de Catalão (GO).

Assim, os objetivos geral e específicos foram atingidos de forma satisfatória, pois com a aplicação de técnicas de geoprocessamento, de sensoriamento remoto e de SIG utilizadas nesta pesquisa proporcionou a realização da compilação e organização de dados, dando celeridade sobre o levantamento do meio físico para

que fossem executadas rotinas de processamento, a classificação, a análise e o cruzamento dos mapas temáticos da caracterização física atendendo-os para a elaboração dos mapas de capacidade de uso e de uso potencial das terras.

A incorporação de técnicas de sensoriamento remoto para interpretação, aliado ao uso do software QGIS e *plugins*, possibilitou o uso de procedimentos de vetorização com aparatos de baixo custo, como o uso de mesa digitalizadora digital e caneta interativa, que permitiram a redução do tempo de vetorização das classes uso da terra em aproximadamente 30%.

Além disso, o levantamento do meio físico foi essencial para fornecer dados referentes aos mapeamentos temáticos de hipsometria, de declividade e de solos, possibilitando uma análise integrada dessas variáveis ambientais e permitindo não só o reconhecimento da área, mas as informações necessárias à determinação da capacidade de uso da terra.

O município de Catalão (GO) possui litologia variada com 11 classes, no entanto, concentra maior percentual de áreas na Formação Chapada dos Pilões (MPcp) que constitui-se de quartzitos, Xisto Verde, Filito, ocorrendo em 14,33%; as rochas do Grupo Araxá - A (NPaa) são constituídas de Anfibolito, Clorita xisto, Muscovita-biotita xisto, Quartzito ferruginoso, Grafita xisto, Talco xisto, Hornblenda gnaiss, Metacalcário, Muscovita quartzito. Pelo mapeamento constatou-se que a classe (NPaa) ocorreu em 35,43% de toda a área pesquisada e representa o maior percentual do município. Já a Formação Rio Verde (NPrv), Filito, Xisto é a segunda maior formação de Catalão, somando 21,05% do total da área.

Na área de estudo, o relevo possui uma dissecação homogênea tabular, pouco dissecado, sendo 45,56% a classe com maior área, pediplano degradado inumado, dissecação homogênea convexa e a subdivisão dissecação estrutural.

Em relação à altitude, as cotas variam entre 520 e 960m aproximadamente, sendo que a predominância está entre 720 e 840m, ou seja, 36,33%. O intervalo de declividade predominante é de 3% a 8%, com relevo suave ondulado ocorrendo em 42,19% de Catalão. Os solos do município, em geral, são ácidos e a classe de maior ocorrência é a dos Latossolos equivalendo à 43,62%, seguido por Cambissolos com 23,41% do total da área.

Segundo uso do município, o mapeamento das categorias de uso da terra e a cobertura vegetal apresentaram as seguintes categorias agrupadas e seus percentuais: Mata ciliar, Mata de galeria, Palmeiral com 11,34%, Mata seca

semidecidual/sempre-verde com 0,28%, Cerradão com 1,44%, Cerrado denso/típico com e sem galeria equivaleu a 0,23%, Cerrado ralo/rupestre, Campo rupestre/sujo com galeria com 19,63%, Campo limpo/rupestre com galeria com 0,08%, Campo sujo úmido com Vereda com 1,78%, Campo limpo úmido com Vereda com 0,35%, Cultura agrícola com 25,23%, Cultura agrícola perene com 0,13%, Cultura irrigada pivô-central representando 1,44%, o agrícolas somaram 26,80%, do total de área, Por conseguinte, a Pastagem cultivada ocupou 27,65%, o maior percentual de intervenção antrópica. No mapa também foram retratadas outras classes como: Silvicultura (*Pinus*, *Eucalyptus* ou Seringueira), Influência Urbana, Mineração e Massa D'água.

Ressalta-se que nas áreas de conflito de uso em APP no município de Catalão, a classe de Pastagem cultivada ocupou 13,33%, seguida pela classe Cultura agrícola com 8,43% e da classe Silvicultura (*Pinus*, *Eucalyptus* ou Seringueira) com 1,86% e outras menores, somando 24,6% de áreas de APPs antropizadas. Vale destacar que as APPs de veredas necessitam de um plano de manejo para as áreas de sua ocorrência afim de manter a qualidade ambiental destes ambientes, devido a sua baixa resiliência e aos impactos que estes ambientes vêm sofrendo, como, por exemplo, o represamento para irrigação com pivôs de central como ocorre no topo de chapada do distrito Santo Antônio do Rio Verde.

As terras classificadas no mapa de capacidade de uso das terras apontaram que as classes I, II e III correspondendo a 69,85% da área da pesquisa estão aptas à agricultura, mas resguardando as de áreas de preservação permanente.

As terras de classe IV representam 3,64% do total de área com limitações que são ainda mais severas para cultivos. As terras classe VI com 13,12% da área são recomendadas para pastagens e reflorestamento. A classe VII, indicada para reflorestamentos conta com 2,83% do total da área. As terras da classe VIII indicadas para a fauna e flora com 5,34%.

Deste modo, o mapa de uso potencial das terras elaborado considerou as potencialidades dos recursos naturais, as fragilidades dos sistemas ambientais naturais e de recuperação dos ambientes degradados. As classes de uso potencial das terras no município de Catalão salientam que do total das terras recomendadas, 40,69% são para agricultura, 11,84% são aconselhadas para pastagens, 3,32% para reflorestamento e 38,33% para preservação.

Desta forma, o mapa de uso potencial das terras para o município de Catalão (GO), elaborado nesta pesquisa, dá ao planejador subsídios para a distribuição

espacial do potencial de uso de suas terras, pois, com ele, além da avaliação da capacidade de uso das terras, é possível indicar os critérios e alternativas de usos e conservação. Além disso, esse planejamento do uso das terras, pode ser definido também para a avaliação e definição de escala sustentável da produção agrícola de todo o município, ou ainda, em propriedades como microbacias, bacias hidrográficas, respeitando a legislação ambiental brasileira. E, informação dos recursos naturais e integração de dados socioeconômicos, numa pesquisa posterior, dará subsídios para ações de planejamento, tanto em termos de aumento de produção, quanto para manutenção da qualidade dos solos, adequando as potencialidades de uso da terra com menor risco ambiental.

Para concluir, esta pesquisa instiga sua utilização, pois os mapas produzidos servirão como meio para proporcionar o planejamento de uso racional das terras (econômico, ambiental e social) no município de Catalão (GO), também servira como fonte de aperfeiçoamento de sua continuação, focando em projetos práticos de extensão, ou ainda de bacias hidrográficas.

REFERÊNCIAS

AB'SÁBER, A. N. **Os domínios da natureza no Brasil**: potencialidades paisagísticas. São Paulo: Ateliê Editorial, 2005.

ANDERSON MEDEIROS. Consultor em geotecnologias. Qgis. Disponível em: <<http://andersonmedeiros.com/blogs-sobre-geotecnologias/>>. Acesso em 10 set. 2016.

ARRAIS, T. A. As regiões de Goiás. In: _____. **Geografia Contemporânea de Goiás**. Goiânia: Vieira, 2004. p. 29-69.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistema de informações geográficas**: aplicações na agricultura. 2. ed. Brasília: EMPRAPA, 1998.

ASSAD, M. L. L.; HAMADA, E.; CAVALIERI, A. Sistemas de informações geográficas na avaliação de terras para agricultura. In: _____. **Sistemas de informações geográficas: aplicações na agricultura**. ASSAD, E. D.; SANO, E. E. (Orgs.). Brasília: EMPRAPA, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação - referências - elaboração. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 14724**: informação e documentação - trabalhos acadêmicos - apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

_____. **NBR 15287**: informação e documentação: projeto de pesquisa: apresentação>. Rio de Janeiro, 2005.

BATISTA, S. C. **Visualização Cartográfica**: do desenvolvimento do raciocínio espacial à compreensão dos fenômenos geográficos. 2006. 211 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013** / mma / sbf. Brasília: MMA, 2015. 67 p.

_____. Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nos 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, 25 mai. 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 19 ago. 2017.

_____. Ministério das Minas e Energia. **Projeto RADAMBRASIL: Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: Divisão de publicação do projeto RADAMBRASIL, 1983, (Folha SE 22 Goiânia, vol. 31). (mapas, 1:250.000).

_____. Resolução CONAMA Nº 302 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, 13 mai. 2002. p. 67-68. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=13/05/2002&jornal=1&pagina=67&totalArquivos=96>>. Acesso em: 19 ago. 2017.

_____. Resolução CONAMA Nº 303 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente. **Diário oficial da união**, Brasília, DF, 13 mai. 2002. p. 68. Disponível em: <<http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=13/05/2002&jornal=1&pagina=68&totalArquivos=96>> Acesso em: 19 ago. 2017.

BOSSLE, R. C. **QGIS do ABC ao XYZ**. São José dos Pinhais: Íthala, 2016. 288 p.

BRITO, J. L. S. **Adequação do Uso da Terra na Bacia do Ribeirão Bom Jardim**: ensaio de geoprocessamento. 2001. f. 39-61. Tese (Doutorado em Geografia Física) - FFLCH, USP, São Paulo, 2001.

CÂMARA, G.; MEDEIROS, J. S. **Geoprocessamento em projetos ambientais**. 2. ed. Revisada e Ampliada. São José dos Campos: INPE, 1998. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/tutoriais/gis_ambiente/> Acesso em: 6 nov. 2012

DANGERMOND J.; ARTZ M. **Understanding Earth**: GIS Technology Drives a New Relationship Between Humans and the Environment. ESRI. 2012. Disponível em: <<http://www.esri.com/-/media/Files/Pdfs/library/ebooks/understanding-earth.pdf> > 6 ago. 2017.

DIAS, C. **Mapeamento do Município de Pires do Rio - GO**: usando técnicas de geoprocessamento. 2008. 183 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

DIRETORIA DE SERVIÇO GEOGRÁFICO (DSG). **Banco de Dados Geográficos do Exército**. Versão 3.0. 2013. Disponível em: <<http://www.geoportal.eb.mil.br/mediador/>>. Acesso em: 16 out 2016.

EITEN, G. Vegetação do cerrado. In: NOVAES PINTO, Maria (Org.). **Cerrado**: caracterização, ocupação e perspectivas. 2. ed. Brasília: Ed. UnB, 1990. 681 p.

EMATER - Agencia Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária. **Classes de solos dos municípios goianos - 2016**. 2016.

EMBRAPA. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. Reunião Técnica de Levantamento de Solos, 10. **Súmula**. Rio de Janeiro, SNLCS, 1979. 83 p.

_____. Empresa brasileira de pesquisa agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Informação tecnológica, 2013. 353p.

EORC/JAXA - Earth Observation Research Center/Japan Aerospace Exploration Agency. 2011. **Alos Palsar**. Disponível em: <<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/about/palsar.htm>> Acesso em: 08 jan. 2018.

_____. **ALOS Global Digital Surface Model "ALOS World 3D - 30m" (AW3D)**. Disponível em: <<http://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/AW3D/index.htm>>. Acesso em: 09 nov. 2016.

FERREIRA, I. M. **O Afogar das Veredas**: uma análise comparativa espacial e temporal das Veredas do Chapadão de Catalão (GO). 2003. 242 f. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2003.

FROM GIS TO REMOTE SENSIN, Landsat 8 Surface Reflectance: a Comparison of DOS1 Correction and USGS High Level Data Products. Disponível em: <fromgists.blogspot.com/2015/01/landsat-8-surface-reflectance.html?spref=yml>. Acesso em: 22 jun. 2016.

FUCHS, A. M. S.; FRANÇA, M. N.; PINHEIRO, M. S. de F. **Guia para normalização de trabalhos técnico-científicos**: projetos de pesquisa, monografias, dissertações e teses. Uberlândia: UFU, 2013. 286 p.

GEORGE, P. **Os métodos da Geografia**. Tradução Heloysa de Lima Dantas. 2. ed. Rio de Janeiro: Difel, 1986. 119 p.

GEOSABER. **Geociências e Geotecnologias livres**. <<https://geosaber.blogspot.com>>. Acesso em: 12 jun. 2016.

GOIÁS, Lei nº 18.104, de 18 de Julho de 2013. Lei Florestal do Estado de Goiás. 2013. Disponível em: <http://www.gabinetecivil.goias.gov.br/leis_ordinarias/2013/lei_18104.htm>. Acesso em: 22 jun. 2016.

GOMES, H.; TEIXEIRA NETO, A. Povoamento e urbanização. In: _____. **Geografia: Goiás-Tocantins**. 2. ed. Goiânia: UFG, 1993. p. 57-88.

GRASS DEVELOPMENT TEAM, 2016. **Geographic Resources Analysis Support System (GRASS) Software**, Version 7.0. Open Source Geospatial Foundation. Electronic document. Disponível em: <<http://grass.osgeo.org>> Acesso em: 18 nov. 2016.

GUIMARÃES, E. A.; CREMON, E. H. **Análise da classificação do uso e cobertura da terra do cerrado baseado na combinação de imagens ópticas e sar**. **Anais... IV SBG - Simpósio Brasileiro de Geomática e II Jornadas Lusófonas sobre Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica/CTIG**, 2017, Presidente Prudente. 2017. p. 186-192. Disponível em: <http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2017_IV_SBG/index_Artigos.htm>. Acesso em: 18 nov. 2017.

HARLEY, J. B. The New history of cartography. **O Correio da Unesco**, v. 19, n. 8, p. 4-9, ago. 1991. Disponível em

<http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m1310/is_1991_June/ai_10940835>. Acesso em: 10 ago. 2006.

HASUI, Y. Sistema orogênico Tocantins. In: HASUI, Y. et al. (Org.). **Geologia do Brasil**. São Paulo: Beca, 2012. p. 289-330.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico Goiás**. Municípios do Estado de Goiás. Rio de Janeiro: IBGE, 1970. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/69/cd_1970_v1_t23_go.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2018.

_____. **Censo demográfico**. Municípios do Estado de Goiás. Rio de Janeiro: IBGE, 1980, 1991, 2000 e 2010. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 06 jan. 2018.

_____. Enciclopédia dos municípios brasileiros. In: _____ **Catalão (GO)**. Rio de Janeiro: IBGE, 1958. v. 36. p. 113-119. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv27295_36.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2017.

_____. **Manuais técnicos em geociências nº 07 – Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro. (1999). Disponível em <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 15 ago. de 2017.

_____. **Manuais técnicos em geociências nº 07 – Manual Técnico de Uso da Terra**. 3. ed. Rio de Janeiro. (2013). Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 2 nov. de 2015.

_____. **Panorama**: território, ambiente e população estimada de Catalão, 2017. Rio de Janeiro: IBGE, Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/catalao/panorama>>. Acesso em: 08 dez. 2017.

_____. **Sistema IBGE de Recuperação Automática: SIDRA**. Rio de Janeiro: IBGE, Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 06 jan. 2018.

INSTITUTO MAURO BORGES DE ESTATÍSTICAS E ESTUDOS SOCIOECONÔMICOS. **Atlas do Estado de Goiás - 2014**. Goiânia: Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento de Goiás. 2014. 98 p. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/rgg/atlas/index.html>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

_____. **Painéis IMB**: Catalão. 2016. Disponível em: <<http://www.imb.go.gov.br/pub/paineismunicipais/00-Catal%C3%A3o201612.pdf>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Normal climatológica de 1981-2010**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisClimatologicas>>. Acesso em: 3 abr. 2018.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do ambiente: uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, Parêntese, 2009.

KALBERER, P.; MOTTA, L; WALKER, M. **Open Layers plugin for QGIS**. Disponível em: <<http://hub.qgis.org/projects/openlayers>>. Acesso em: 18 nov. 2016.

KLEIN, P. B. W. **A evolução do uso do solo e suas consequências para o meio ambiente na região do Complexo Ultramáfico-Alcalino-Carbonático de Catalão I**. 1996. 101f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 1996.

_____. **Geoquímica de rocha total, geocronologia de U-Pb e geologia isotópica de Sm-Nd das rochas ortognáissicas e unidades litológicas associadas da região Ipameri-Catalão (Goiás)**. 2008. 183f. Tese (Doutorado em Geologia) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klima der Erde (Climate of the earth)**. 1954. Wall Map 1:16 Mill. Klett-Perthes, Gotha. Disponível em: <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/pics/Geiger_1954_Map.jpg> Acesso em: 20 mar. 2018.

KRYGIER, J.; WOOD, D. Map Layout. In: _____. **Making maps: a visual guide to map design for gis**. The Guilford Press: New York / London, 2005. p. 125-144.

LACERDA FILHO, J. V. (Org.). Arcabouço Geotectônico de Goiás e Distrito Federal, In: _____ Programa levantamento Geológicos Básicos do Brasil **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e Distrito Federal**. Organizado por Joffer Valmório de Lacerda Filho, Abelson Resende e Aurelene da Silva. 1:500.000. Goiânia CPRM, 1999. (Conv. CPR/METAGO S.A. /UNB).

LEPSCH, I. F.; BELLINAZZI Jr., R.; BERTOLINI, D.; Espíndola, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 4. Aproximação. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1991. 175 p.

LEPSCH, I. F.; Espíndola, C. R.; VISCHI FILHO; O. J. HERNANI, L. C.; SIQUEIRA, D. S. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 5. Aproximação. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. 170 p.

LEPSCH, I.F. **Formação e Conservação dos Solos**. São Paulo: Oficina de Textos. 2002. 178p.

LIBAULT, C. O. A. Os quatro níveis da pesquisa geográfica. **Métodos em questão**. São Paulo: USP/IG, 1971.

MACROZAE-GO. Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás. 2014. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/siegdownloads>>. Acesso em: 13 nov. 2017.

MARTINELLI, M., **Os mapas da geografia e cartografia temática**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2003.

MEDEIROS, A. **6 coisas que você precisa saber sobre o QGIS**. 2013. Disponível em: <<http://www.andersonmedeiros.com/coisas-que-voce-precisa-saber-sobre-qgis>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

MENDES, E. de P. P. **A produção rural familiar em Goiás**: as comunidades rurais no município de Catalão. 2005. 294 f. Tese (Doutorado em Geografia - Desenvolvimento Regional e Planejamento Ambiental) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2005.

MENDES, L. S. **Avaliação das áreas potenciais para preservação ambiental e áreas de conflito na Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Lourenço Ituiutaba/MG**. 2016. 92 f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

MIRANDA, J. I. **Fundamentos de Sistemas de Informações Geográficas**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

MMA. **Mapeamento do Uso e Cobertura do Cerrado: Projeto TerraClass Cerrado 2013** / mma / sbf. Brasília: MMA, 2015. 67 p.

_____. **Levantamento dos remanescentes da cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade e Florestas, Brasília. 2007. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/portallbio>> Acesso em: 6 nov. 2017.

MOTTA, L. **Gimp Selection Feature Plugin QGIS**. Disponível em: <https://github.com/lmotta/gimpselectionfeature_plugin>. Acesso em: 18 nov. 2017.

MYERS, N. et al. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000. Disponível em: <<https://catalyst.uw.edu/workspace/file/download/57355bcaa630b1d142781f5f5e392c81f5dccf399a275f7b5533da1b4e338a78>>. Acesso em: 13 ago. 2017.

NIMER, E. Descrição, análise e interpretação conceitual do sistema de classificação de climas de C.W. Thornthwaite. **Revista Brasileira de Geografia**, IBGE, 39: 87-109, janeiro a março/1977. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ/RBG/RBG%201977%20v39_n1.pdf>. Acesso em: 18 maio 2016.

OLIVEIRA, G. C. **6ª aula teórica: capacidade de uso da terra**. 2010. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br/arquivos/File/GSV/Solos/Curso_Piloto_para_Elaboracao_e_Execucao_de_PCSA/Neyde_Dacio_e_Jose_Alfredo_UEPG/Capacidade_de_uso_das_terras.pdf>. Acesso em: 18 nov. 2017.

PEREIRA, L. C.; TÔSTO, S. G. Capacidade do uso das terras como base para a avaliação do desenvolvimento rural sustentável. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL

NOVA TERRITORIALIDADES E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 2., 2012, Recife. **Anais...** Recife: GRAPP, 2012. p. 1-9. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/926162>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

PROBIO - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira. **Levantamento dos remanescentes da cobertura vegetal dos biomas brasileiros**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/portallbio>> Acesso em: 6 nov. 2017.

PROCESSAMENTO DIGITAL. **QGIS**. HEX Tecnologias Geoespaciais. Disponível em: <<http://www.processamentodigital.com.br/category/tutoriais/qgis>> Acesso em: 6 ago. 2016.

RADAMBRASIL. **Vetores pedologia**. Rio de Janeiro: Divisão de publicação do projeto RADAMBRASIL, 2016, (Folha SE 22 Goiânia). (mapas, 1:250.000). Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas>> Acesso em: 12 dez. 2017.

_____. **Vetores pedologia**. Rio de Janeiro: Divisão de publicação do projeto RADAMBRASIL, 2016, (Folha SE 23 Belo Horizonte). (mapas, 1:250.000). Disponível em: <<https://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/cartas>> Acesso em: 12 dez. 2017.

QGIS DEVELOPMENT TEAM, 2016. **QGIS Geographic Information System**. Open Source Geospatial Foundation Project. Disponível em: <<http://qgis.osgeo.org>> Acesso em: 18 nov. 2016.

RAMALHO FILHO, A.; PEREIRA, E. G.; BEEK, K. J. **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras**. SUPLAN/EMBRAPA/SNLCS, Brasília, 1978.

REVISTA GISMO BRASIL. Download MDE Alos com resolução 12,5 m. **Revista Gismo Brasil**. 23 julho, Maceió, 2017. Disponível em: <<https://gismobrasil.com/2017/07/23/download-mde-alos-com-resolucao-125-m>>. Acesso em: 22 jul. 2018.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. In: _____. SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Eds). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: Editora Embrapa Cerrados, 1998. p. 89-166.

RODRIGUES, S. C. Degradação dos solos no Cerrado. In: _____. GUERRA, A. J. T. e JORGE, M. C. O. (Orgs.). **Degradação de solos no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2014. v.1, p. 50-85.

ROLIM, G. S.; SENTELHAS, P. C.; BARBIERI, V. Planilhas no ambiente EXCEL TM para os cálculos de balanços hídricos: normal, sequencial, de cultura e de produtividade real e potencial. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 6,n.1, p133-137,1998.

ROSA, R. **O uso de SIG's para o zoneamento**: uma abordagem metodológica.

1995. Tese (Doutorado em Geografia) - FFLCH/USP, São Paulo, 1995.

_____. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5. ed. Uberlândia: EDUFU, 2009.

_____. Análise espacial em Geografia. **Revista da ANPEGE**, v. 7, n. 1, número especial, p. 275-289, out. 2011. Disponível em: <<http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/anpege/article/view/6571/3571>>. Acesso em: 18 nov. 2017.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento: Sistema de Informações Geográficas**. Uberlândia, 1996.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: Ambiente e Planejamento**. 6. ed. São Paulo: Contexto, 2001.

_____. Landforms and environmental planning: potentialities and fragilities. **Revista do Departamento de Geografia**, USP, Volume Especial 30 Anos, 2012, p. 38-51. Disponível em: <<https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/53841/57804>>. Acesso em: 6 abril 2018.

SANTILLAN, J.; MAKINANO-SANTILLAN, M. Vertical accuracy assessment of 30-m resolution ALOS, ASTER, and SRTM global DEMs over northeastern Mindanao, Philippines. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B4, 2016. XXIII ISPRS Congress, 12-19 July 2016, Prague. **Anais...** Czech Republic, 2016, p. 149-155. Disponível em: <<http://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/XLI-B4/149/2016/isprs-archives-XLI-B4-149-2016.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2017.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos - SiBCS**. 3 ed. rev. ampl. Brasília, DF: Embrapa, 2013. 353 p.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. **Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado: estratégias e resultados**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2007. 33 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 190). <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/570887/1/doc190.pdf>>

SEFAC. **Plano de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório da UHE Serra do Facão - PACUERA**. 2009. Disponível em: <http://www.sefac.com.br/index.php?arq=pacuera_material_down>. Acesso em: 10 dez. 2017.

_____. **Adequação do Plano de Conservação e Uso do Entorno do Reservatório da UHE Serra do Facão - PACUERA**. 2016. Disponível em: <http://www.sefac.com.br/index.php?arq=pacuera_material_down>. Acesso em: 10 dez. 2017.

SIEG. **Base Cartográfica e mapas temáticos de Goiás**. Disponível em: <www.sieg.go.gov.br>. Acesso em: 13 nov. 2017.

SILVA, A. S. da.; GUSSON, M. C.; ROSA, R. Caracterização, análise do uso da terra e cobertura vegetal nativa da bacia hidrográfica do ribeirão São Domingos, Catalão, (GO). **Anais... IV SBG - Simpósio Brasileiro de Geomática e II Jornadas Lusófonas sobre Ciências e Tecnologias de Informação Geográfica/CTIG**, 2017, Presidente Prudente. 2017. p. 232-238. Disponível em: <http://docs.fct.unesp.br/departamentos/cartografia/eventos/2017_IV_SBG/index_Artigos.htm>. Acesso em: 18 nov. 2017.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1)

VALERIANO, M. de M. **Modelos digitais de elevação de microbacias elaborados com krigagem**. São José dos Campos: Inpe, 2002. Inpe-RPQ/736

WWF - FUNDO MUNDIAL PARA A NATUREZA: banco de dados. Disponível em: <www.wwf.org.br>. Acesso em: 10 nov. 2006.

XAVIER-DA-SILVA, J. O que é Geoprocessamento. **Revista do CREA-RJ**, 79(1), p. 42-44. 2009. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/lga/tiagomarino/artigos/oqueegeoprocessamento.pdf>>. Acesso em: 13 ago. 2017.

ANEXOS

Voltar

GOVERNO DO ESTADO DE GOIÁS
Gabinete Civil da Governadoria
Superintendência de Legislação.

LEI Nº 8.111, DE 14 DE MAIO DE 1976

- O Quadro Territorial - Anexo I (limites municipais e interdistritais), que acompanha esta Lei, está publicado no Suplemento do (DO de 13-12-76).
- Vide Lei nº 8.652, de 18-7-79 e 8.668, de 19-7-79.
- Vide Decreto nº 82.108, de 10-8-78 (DOU de 11-8-78).

Fixa a divisão territorial-administrativa do Estado de Goiás.
 - Redação dada pela Lei nº 15.403, de 03-10-2005, art. 2º.

~~Fixa a divisão territorial-administrativa do Estado de Goiás;
 para o quadriênio 1977-1980, e dá outras providências:~~

A ASSEMBLÉIA LEGISLATIVA DO ESTADO DE GOIÁS decreta e eu sanciono a seguinte lei:

Art. 1º A divisão territorial-administrativa do Estado de Goiás, compreendendo as divisas municipais e limites interdistritais, é a que consta do Anexo I desta Lei.
 - Redação dada pela Lei nº 15.403, de 03-10-2005, art. 2º.

~~Art.1º.— A Divisão Territorial do Estado, fixada na presente lei, conforme quadro — anexo I — vigorará de 1º de janeiro de 1977 a 31 de dezembro de 1980 e não sofrerá qualquer modificação:~~

~~Parágrafo único — Não se compreende como modificação proibida por este artigo a decorrente de ato da Assembléia Legislativa que, no curso do quadriênio, rejeitar veto do Poder Executivo a projeto que, no ano de 1976, houver sido votado para a criação de Municípios.~~
 - Revogado pela lei nº 15.403, de 3-10-05, art. 4º.

Art. 2º A criação, fusão, desmembramento, incorporação e instalação de Município devem seguir as normas fixadas pela Constituição da República.
 - Redação dada pela Lei nº 15.403, de 03-10-2005, art. 2º.

~~Art. 2º.— A criação de municípios, bem como as alterações quanto a distrito, mudança de sede, estrutura administrativa interna, denominações, desmembramento territorial para anexação a Município vizinho, divisas de competência da Assembléia Legislativa, somente poderão ser feitas no período compreendido entre dezoito e seis meses anteriores à data da eleição municipal (Lei Complementar no-28, de 18/11/1975):~~

~~§ 1º.— O Governador do Estado de Goiás não reconhecerá qualquer das alterações acima previstas, se em desacordo com o estabelecido no presente artigo.~~
 - Revogado pela lei nº 15.403, de 3-10-05, art. 4º.

~~§ 2º.— As alterações efetuadas pela Assembléia Legislativa, até o dia quinze de maio de 1980, deverão ser incluídas na Lei que fixará o quadro territorial para o quadriênio 1981-1984.~~
 - Revogado pela lei nº 15.403, de 3-10-05, art. 4º.

~~Art. 3º.— Os municípios e distritos criados nesta Legislatura serão instalados solenemente com a posse dos prefeitos, vice-prefeitos e vereadores eleitos a quinze de novembro de 1976.~~
 - Revogado pela lei nº 15.403, de 3-10-05, art. 4º.

IV - COM O MUNICÍPIO DE SÃO DOMINGOS:

Começa na Serra Geral no ponto confrontante com a cabeceira do Córrego Capivara; daí, em rumo certo à referida cabeceira.

V - COM O MUNICÍPIO DE MONTE ALEGRE DE GOIÁS:

Começa na cabeceira do Córrego Capivara; daí, segue em rumo certo à cabeceira do Rio Montes Claros; desce por este rio até a barra do Córrego Bezerra.

51 - MUNICÍPIO DE CARMO DO RIO VERDE

Limites Municipais:

I - COM O MUNICÍPIO DE RUBIATABA:

Começa na barra do Córrego Bananal, no Ribeirão Olho d'Água; desce por este ribeirão até o Córrego Cachoeirinha; sobe por este córrego até a barra do Córrego Pedra Preta; sobe por este Córrego até a sua cabeceira; daí, em rumo certo à cabeceira do Córrego Cristal; desce por este córrego até sua barra no Córrego Água Fria; sobe por este córrego até a barra do Córrego Boqueirão; sobe por este córrego até sua cabeceira; daí, em rumo certo à cabeceira do Córrego Volta Grande; desce por este córrego até a sua barra no córrego Grande; desce por este até a barra do Córrego Canoa.

II - COM O MUNICÍPIO DE CERES:

Começa na barra do Córrego Canoa, no córrego Grande; desce pelo Córrego Grande até o marco na sua margem esquerda nas divisas de Dona Ana Laureana Cardoso; daí, a outro marco de divisa da mesma propriedade situado na cabeceira da Grota do Orlando; desce por esta Grota até o Córrego Mestre; desce por este córrego até a sua barra no Rio Verde; desce por este rio até sua barra no Rio das Almas.

III - COM O MUNICÍPIO DE RIALMA:

Começa no Rio Verde, na barra do Rio das Almas; sobe por este rio até a barra do Rio Uru.

IV - COM O MUNICÍPIO DE URUANA:

Começa na barra do Rio Uru, no Rio das Almas; sobe pelo Rio Uru até a barra do Rio Canastra.

V - COM O MUNICÍPIO DE ITAPURANGA:

Começa na barra do Rio Canastra, no Rio Uru; sobe pelo Rio Canastra até a barra do Córrego Grande; sobe por este até o ponto mais próximo da cabeceira do Córrego Cafezal; daí, em rumo certo à cabeceira do referido córrego; desce por este córrego até a sua barra no Córrego Porteira; desce por este córrego até a sua barra no córrego Pedra Preta; desce por este até a sua barra no Córrego São Domingos; desce por este córrego até a sua barra no Rio Verde ou Santana; sobe por este rio até a barra do Córrego Lajeado; sobe por este córrego até a sua cabeceira; daí, em rumo certo à cabeceira do Córrego Bananal; desce por este córrego até sua barra no Ribeirão Olho d'Água.

52 - MUNICÍPIO DE CATALÃO

a) Limites Municipais:

I - COM O MUNICÍPIO DE IPAMERI:

Começa na barra do Ribeirão Pari no Rio Veríssimo; sobe por este rio até a barra do Ribeirão Custódia.

II - COM O MUNICÍPIO DE CAMPO ALEGRE DE GOIÁS:

Começa no Rio Veríssimo, na barra do Ribeirão Custódia; sobe por este ribeirão até a barra do Córrego das Perobas; sobe por este córrego até a sua cabeceira; daí, em rumo certo à Serra do Falcão; segue por esta serra até a cabeceira do Córrego Quebra-Chifre, no Morro Redondo; desce pelo Quebra-Chifre, até a sua barra no Rio São Marcos; sobe pelo Rio São Marcos até a barra do Córrego Boqueirão:

III - COM O ESTADO DE MINAS GERAIS:

Começa no Rio São Marcos, na barra do Córrego Boqueirão; sobe pelo Córrego Boqueirão até a sua cabeceira; continua pelo divisor da vertente da margem esquerda do Rio Batalha até atingir, confrontando com a cabeceira do Córrego Barreiro, a cabeceira de um pequeno afluente da margem direita do Rio São Bento; desce por este pequeno afluente até o referido rio, pelo qual sobe até a sua cabeceira; daí, alcança a mais próxima nascente do Ribeirão Bravo, pelo qual desce pela sua foz no Rio Verde; descendo por este rio até a sua confluência com o Rio Paranaíba; desce pelo Paranaíba até a barra do Córrego Buriti Grande; neste ponto as divisas são interrompidas pelas do Município de Davinópolis, Ouvidor e Três Ranchos, vindo a recomençar na barra do Córrego Grande, no mesmo Rio Paranaíba; daí, desce pelo Rio Paranaíba até a barra do Ribeirão Ouvidor.

IV - COM O MUNICÍPIO DE DAVINÓPOLIS:

Começa na barra do Córrego Buriti Grande, no Rio Paranaíba; sobe por este Córrego até a sua cabeceira; daí, segue em rumo certo à estrada boiadeira que vai para Santo Antônio do Rio Verde; segue por esta estrada até a cabeceira do Córrego Pouso Alegre, na serra do Córrego Grande; daí, segue por esta serra até o ponto mais próximo do Rio São Bento, ponto confrontante com o Morro Escôncio; daí, segue em rumo certo, atravessando o Rio São Bento até o referido morro; daí, segue pelo espigão de águas vertentes da margem esquerda do Córrego São João da Cruz de Baixo, até o ponto confrontante com o Rio São Marcos; daí, segue em rumo certo ao referido rio; desce por este rio até a barra do Córrego Fundo.

V - COM O MUNICÍPIO DE OUVIDOR:

Começa no Rio Marcos, na barra do Córrego Fundo; sobe pelo Córrego Fundo até a divisa da Fazenda Paraíso do Meio; daí, voltando à esquerda, segue pelas divisas desta fazenda até encontrar o Ribeirão Ouvidor; desce por este ribeirão até a barra do Córrego da Lagoa.

VI - COM O MUNICÍPIO DE TRÊS RANCHOS:

Começa na barra do Córrego da Lagoa, no Ribeirão Ouvidor; desce pelo Ribeirão Ouvidor até a ponte; daí voltando à esquerda, em direção à Fazenda Casados, atravessando-a em rumo à Fazenda Amâncio Mariano da Silva, em rumo ao Córrego Grande; por este abaixo, até sua barra no Rio Paranaíba.

VII - COM O MUNICÍPIO DE CUMARI:

Começa na barra do Ribeirão Ouvidor, no Rio Paranaíba; sobe pelo Ribeirão Ouvidor até a barra do Córrego Monjolo; sobe pelo Córrego Monjolo até a sua cabeceira; daí, em rumo certo ao espigão, passando pelo cemitério; segue por este espigão até a cabeceira do Córrego Coati; desce por este córrego até a sua barra no Ribeirão Pirapitinga.

VIII - COM O MUNICÍPIO DE GOIANDIRA:

Começa na barra do Córrego Coati, no Ribeirão Pirapitinga; sobe pelo Ribeirão Pirapitinga até a barra do Córrego Limeira; sobe por este córrego até a sua cabeceira; daí, segue em rumo certo à via férrea (Km. 1.118); segue por esta via férrea até o Km 1.122; daí, segue em rumo certo à cabeceira do Córrego Mato da Cruz; desce por este Córrego até a sua barra no Córrego João Tatiko; desce por este córrego até a sua barra no Ribeirão do Pari; desce por este ribeirão até a sua barra no Rio Veríssimo.

b) Divisas Interdistritais:

I - ENTRE CATALÃO E SANTO ANTONIO DO RIO VERDE:

Começa na barra do Córrego Quebra-Chifre, no Rio São Marcos; desce por este rio até o

ponto confrontante com o espigão divisor de águas da margem esquerda do Córrego São João da Cruz de Baixo.

53 - MUNICÍPIO DE CATURAI:

Limites Municipais:

I - COM O MUNICÍPIO DE AVELINÓPOLIS:

Começa na barra do Ribeirão do Peixe, no Ribeirão Anicuns Grande; sobe pelo Ribeirão Anicuns Grande até a barra do Córrego Seco ou Fundo.

II - COM O MUNICÍPIO DE ARAÇU:

Começa na barra do Córrego Seco ou Fundo, no Anicuns Grande; sobe pelo Córrego Seco ou Fundo, até a barra do Córrego Serra Abaixo.

III - COM O MUNICÍPIO DE INHUMAS:

Começa na barra do Córrego Serra Abaixo, no Córrego Seco ou Fundo; sobe pelo Córrego Serra Abaixo até a barra do Córrego Cachoeira; sobe por este Córrego até a sua cabeceira; daí, segue em rumo certo ao espigão que contorna as cabeceiras dos Córregos Acampamento, Pastor, Alegre e Rico, todos vertentes do Ribeirão do Peixe; segue por este espigão até confrontar com o Córrego Serra Abaixo; daí, atravessando o referido Córrego em rumo certo ao espigão divide as águas do Ribeirão do Peixe e Serra Abaixo; segue por este espigão até a cabeceira do Córrego Seco; desce por este córrego até a sua barra no Ribeirão do Peixe; daí, segue em rumo certo ao Km 42 da Rodovia GO-4; segue por esta estrada até o ponto onde esta atravessa o Córrego Valentim.

IV - COM O MUNICÍPIO DE GOIANIRA:

Começa no ponto onde a Rodovia GO-4 atravessa o Córrego Valentim; sobe por este Córrego até a sua cabeceira; daí, segue em rumo certo à cabeceira do Córrego da Grama; desce por este córrego até a sua barra no Córrego da Anta; desce por este córrego até a sua barra no Ribeirão do Peixe; desce por este ribeirão até a barra do Córrego do Dengo ou Taboca.

V - COM O MUNICÍPIO DE TRINDADE:

Começa na barra do Córrego do Dengo ou Taboca, no Ribeirão do Peixe; desce por este ribeirão até a sua barra no Ribeirão Anicuns Grande.

54 - MUNICÍPIO DE CAVALCANTE

a) Limites Municipais:

I - COM O MUNICÍPIO DE URUAÇU:

Começa na barra do Rio Tocantinzinho, no Rio Tocantins ou Maranhão; desce por este rio até a barra do Córrego Boa Nova.

II - COM O MUNICÍPIO DE MINAÇU:

Começa na barra do Córrego Boa Nova, no Rio Tocantins ou Maranhão; daí, desce por este rio até a barra do Rio Traíras.

III - COM O MUNICÍPIO DE PARANÃ:

Começa no Rio Tocantins ou Maranhão, na barra do Rio Traíras; sobe por este rio até sua cabeceira na serra do mesmo nome; daí, segue em rumo certo à cabeceira do Ribeirão Ouro Fino; desce por este ribeirão até sua barra no Rio da Prata; desce por este rio até sua barra no Rio Paranã; sobe por este até a barra do Rio Montes Claros ou Bezerra.

I - ENTRE XAMBIOÁ E PIRAQUÊ:

Começa no Rio Corda, na barra do Ribeirão das Lajes; sobe por este ribeirão até a rodovia Xambioá-BR-153; por esta rodovia segue até o quilômetro 40; daí, em rumo certo ao lugar denominado Carreira Comprida no Rio Lontra.

Este texto não substitui o publicado no D.O. de 14-05-1976.

Área Territorial Brasileira

Introdução

As estimativas da população residente para os 5.570 municípios produzidas pelo IBGE consideram a situação atualizada da Divisão Político-Administrativa Brasileira – DPA. O reproprocessamento dos valores das áreas territoriais, de acordo com a estrutura político-administrativa vigente em **01/07/2016**, data de referência das Estimativas Populacionais 2016, incorporaram as alterações de limites territoriais municipais ocorridas após o Censo Demográfico 2010 e praticadas nas Estimativas Populacionais Anuais no período de 2011 a 2016, bem como demais ajustes territoriais ocorridos neste período.

Para a superfície do Brasil foi obtido o valor de **8.515.759,090 km²**, publicado no DOU nº 124 de 30/06/2017, conforme Resolução Nº 02, de 29 de junho de 2017.

Motivações das Alterações promovidas nos arquivos estaduais e municipais:

- Natureza legal ou judicial;
- Modificações na pertinência territorial de algumas localidades por decisões judiciais (Liminares e Mandados) ou por parecer normativo da Procuradoria Federal no IBGE.
- Alterações ou ajustes cartográficos comunicados oficialmente ao IBGE pelos órgãos estaduais responsáveis pela divisão política administrativa no âmbito dos convênios existentes;
- Ajustes e refinamentos cartográficos dos contornos dos polígonos estaduais e municipais;
- Inovações tecnológicas advindas de uma melhora significativa das geotecnologias e dos insumos para identificação e representação cartográfica dos polígonos estaduais e municipais.

Informações sobre a metodologia para cálculo de áreas

As áreas disponibilizadas foram calculadas por meio do software GEOMEDIA, utilizando-se a **Projeção Cônica Equivalente de Albers**, em virtude de ser esta a projeção equivalente apropriada para tal finalidade, com os seguintes parâmetros para o país:

- Longitude origem: -54°
- Latitude origem: -12°
- Paralelo padrão 1: -2°
- Paralelo padrão 2: -22°

O sistema de referência utilizado foi o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS2000), conforme Resolução do Presidente do IBGE Nº 1/2005, disponível em:

ftp://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf

A definição do sistema geodésico de referência acompanha, em cada fase da história, o estado da arte dos métodos e técnicas então disponíveis. Com o advento dos sistemas globais de navegação (i.e. posicionamento) por satélites (GNSS – Global Navigation Satellite Systems), tornou-se mandatória a adoção de um novo sistema de referência, geocêntrico, compatível com a precisão dos métodos de posicionamento correspondentes e também com os sistemas adotados no restante do globo terrestre.

Curiosidades

O maior estado brasileiro continua sendo o **Amazonas**, com **1.559.146,876 km²**, que supera a soma dos territórios das regiões Sul e Sudeste. O estado de menor extensão territorial é **Sergipe**, com **21.918,443 km²**. E o **Distrito Federal** apresenta área de **5.779,997 km²**.

O maior município brasileiro é **Altamira** no Pará e tem **159.533,328 km²**, com dimensão territorial maior que vários estados brasileiros.

O município mineiro de **Santa Cruz de Minas**, com área de **3,565 km²** é o menor do país, seguido de **Águas de São Pedro**, em São Paulo, com área de **3,612 km²**. Suas áreas são menores que a da **Ilha de Fernando de Noronha**, distrito estadual de Pernambuco, que tem **17,017 km²**.

Os traçados das fronteiras internacionais do Brasil com os países vizinhos Uruguai e Argentina foram totalmente atualizadas conforme definido pela **Segunda Comissão Brasileira Demarcadora de Limites (SCDL)** e disponível em <http://scdl.itamaraty.gov.br/pt-br/scdl.xml>. A fronteira com o Paraguai foi parcialmente atualizada nesta versão da Malha 2015, no trecho limítrofe com o estado do Paraná.

No estado do Rio Grande do Sul, a área referente à **Lagoa Mirim**, que foi incorporada desde 2002 à área do Estado, segundo a Constituição Estadual de 1988, sofreu alteração nos valores territoriais na Malha 2015, em função dos ajustes na fronteira com o Uruguai, possuindo **2.832,194 km²**.

Foto - Campo limpo e usos agrícolas



Coordenadas geográficas: 18°02'20.6"S 47°48'51.1"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)

Foto - Cavalheiros do campo



Coordenadas geográficas: 18°02'20.6"S 47°48'51.1"W - 17 set. 2016
Foto: SILVA, A. S. (2016)