UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GEOGRAFIA E GESTÃO DO TERRITÓRIO

LEVANTAMENTO DO MEIO FÍSICO DO MUNICÍPIO DE ARAXÁ - MG, UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

MARIA BEATRIZ BRANDÃO ROCHA

UBERLÂNDIA – MG
2006

MARIA BEATRIZ BRANDÃO ROCHA

LEVANTAMENTO DO MEIO FÍSICO DO MUNICÍPIO DE ARAXÁ - MG, UTILIZANDO TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO

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

Área de concentração: Geografia e Gestão do Território.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Rosa.

Uberlândia/MG
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
2006

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da UFU / Setor de Catalogação e Classificação / mg / 05/06

R672L Rocha, Maria Beatriz Brandão.

Levantamento do meio físico do município de Araxá-MG, utilizando técnicas de geoprocessamento / Maria Beatriz Brandão Rocha. - Uberlândia, 2006.

192f. : il.

Orientador: Roberto Rosa.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Geografia.

Inclui bibliografia.

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

CDU: 911:681.3

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Programa de Pós-Graduação em Geografia

MARIA BEATRIZ BRANDÃO ROCHA

Levantamento do Meio Físico do Município de Araxá-MG, Utilizando Técnicas de Geoprocessamento

Prof(a). Dr(a). Roberto Rosa (Orientador) - UFU

Prof(a) Dr(a). Ailton Luchiari - USP

Prof(a). Dr(a). Jorge Luis Silva Brito - UFU

Data: _____/_____de_____

Resultado: _____

Aos meus pais, Victor e Vicentina, a vida.

Aos meus filhos, Carlos Henrique e Ana Flávia, a certeza do amanhã.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Roberto Rosa, meu orientador, sempre presente e dedicado, meus sinceros agradecimentos. Sua inteligência e bom humor foram como um bálsamo nas horas árduas da pesquisa. A você meu respeito e amizade.

Aos doutores Jorge Luís Silva Brito, Manfred Fehr, Sílvio Carlos Rodrigues e Vera Lúcia Salazar Pessôa, meus professores nas disciplinas cursadas, pelo comprometimento em disseminar o conhecimento com qualidade.

Ao CEFET-MG, pelo fornecimento de equipamentos para o desenvolvimento das atividades de pesquisa e pela liberação de minhas atividades profissionais por um período de um ano.

Ao Prof. Dr. Hildor José Seer do Laboratório de Geoprocessamento do CEFET-MG, pelas informações de geologia e apoio nos trabalhos de campo.

Ao Prof. Dr. Washington Luiz Assunção do Laboratório de Climatologia e Recursos Hídricos da UFU, pela revisão do conteúdo referente ao clima.

À Geógrafa e Mestre Ivone Luzia Ferreira, pela contribuição na interpretação do mapeamento geomorfológico.

À Bibliotecária Íris Lopes da Costa Avelar e ao Prof. Henrique José Avelar, pela revisão da normalização.

À Profª Valdirene Elizabeth Coelho Silva, pela revisão do texto.

Ao Prof. César José de Rezende Neves, pela revisão do abstract.

Aos profissionais das instituições públicas federais, estaduais e municipais, e privadas que prestaram informações para o enriquecimento da pesquisa, dentre elas o IBGE, a Emater, o IMA, o Departamento de Meio Ambiente e o IPDSA, ambos da Prefeitura Municipal de Araxá, e, finalmente, a BUNGE Fertilizantes e a CBMM.

Aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento da UFU, Aline, Carla, Mirna, Roberto Castanho e Sara, pela boa convivência e pelas orientações na elaboração dos mapas.

Aos colegas do Laboratório de Cartografia e Sensoriamento Remoto da UFU, Eleuza, Marcos, Tatiana e Wellington, pelo empréstimo de mapas e por sugestões na elaboração de mapas.

Às secretárias da Pós-Graduação em Geografia da UFU, Cynara e Dilza, pela atenção e pelas informações durante o período acadêmico.

À minha irmã Carminha, grande incentivadora, pelo estímulo e apoio intelectual para aceitar o desafio de uma pesquisa.

Ao meu companheiro José Carlos, que soube lidar com minha ausência.

A todos aqueles que de forma indireta contribuíram para o êxito de minha pesquisa.

[...]Veja! A nossa natureza
já não é lá bem servida
pois quando chega a seca
não há lavoura nem lida
pois a tudo compromete
a casa, a roça, a vida

mas além de tudo isso
vem a tal da carvoeira
derrubando o matagal
arrasando a vida inteira
do jeito que a coisa anda
não fica nem aroeira[...]

NEVES, Z., 2003

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo realizar um levantamento do meio físico do município de Araxá – MG, utilizando técnicas de Geoprocessamento, bem como avaliar a evolução ocorrida no uso da terra em dois períodos distintos: 1985 e 2005. O município de Araxá está localizado na Macrorregião do Alto Paranaíba no Estado de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas de 19°25'53"- 19°50'09" de latitude Sul e 46°44'27"- 47°13'38" de longitude Oeste de Greenwich. Com uma área de 1.166,96km^2 e distante da capital mineira 367km, o município contava com uma população de 78.997 habitantes no ano de 2000. Para a realização do trabalho, foram utilizadas folhas topográficas, mapeamento geomorfológico e imagens dos satélites TM/Landsat 5 de 1985 e CCD/CBERS 2 de 2005. O levantamento do meio físico foi realizado a partir dos temas curvas de nível, drenagem e limites do município, que possibilitaram elaborar os mapas temáticos das sub-bacias hidrográficas, declividade do terreno, hipsometria, geomorfologia e uso da terra (1985 e 2005). Os mapas temáticos foram elaborados utilizando o software IDRISI, que possibilitou também a avaliação de áreas, bem como a tabulação cruzada entre os diferentes mapas temáticos. A partir da análise dos dados, pode-se verificar que o município é composto por 10 sub-bacias hidrográficas, sendo que as Sub-bacias dos Ribeirões do Inferno e Marmelo são as maiores, ocupando aproximadamente 42% da área do município. Na maior parte do município predominam as declividades superiores a 8%, ou seja, relevo variando de medianamente ondulado a fortemente ondulado. O grau de entalhamento dos vales varia de fraco a forte e a densidade de drenagem varia de média a pequena. Há um predomínio das altitudes entre 900 e 1200m. Os dados oriundos dos mapas e das tabelas possibilitaram comparar e analisar a evolução do uso da terra nos dois períodos e avaliar a adequabilidade do uso da terra em função do meio físico. Foram identificadas e mapeadas 11 categorias de uso da terra (Pivô, Urbano e Uso Misto, Campo Rupestre, Reflorestamento, Corpos d'água, Agricultura, Mineração, Mata, Pastagem, Cerrado e Campo Limpo). Em 2005, 46,22% da área do município era ocupada por Pastagens, seguida pelos Campos Rupestres (14,34%), Agricultura (16,12%) e Mata (15,49%). As demais categorias ocupavam percentuais pouco significativos. De maneira geral, em 20 anos, houve uma redução na área de Pastagem e um aumento na área de Agricultura, Urbano e Uso Misto, Reflorestamento, Mineração e Mata. Para análise final do uso da terra no município de Araxá, foi feita uma reclassificação, de modo que apenas duas categorias passaram a existir, vegetação natural e atividades antrópicas. Concluiu-se que, em terrenos com altas declividades, as maiores áreas são ocupadas por vegetação natural, ao passo que, em terrenos com baixas declividades, as atividades antrópicas ocupam a maior área. Quanto à hipsometria, verifica-se que, nas altitudes mais elevadas, predomina a vegetação natural (Campo Rupestre) e, nas altitudes mais baixas, predominam as atividades antrópicas. A Sub-bacia do Ribeirão Marmelo é responsável por 48% da área agrícola do município; 68% dos Campos Rupestres estão localizados na Sub-bacia do Ribeirão do Inferno; 98% das áreas de Mineração localizam-se nas sub-bacias do Córrego do Sal, Ribeirão Capivara e Ribeirão Pirapetinga; 45% dos remanescentes de Cerrado encontram-se na Sub-bacia do Córrego da Galinha; 42% das áreas de Mata estão localizados nas sub-bacias do Ribeirão Capivara e Córrego Fundo. O geoprocessamento tem se mostrado como a melhor técnica para se chegar a resultados mais precisos e confiáveis. A interpretação das imagens de satélite em diferentes épocas associada a outros tipos de dados (mapas, laboratórios e campo), quando integrados em um SIG, permitem analisar e avaliar o espaço geográfico, fornecendo informações importantes para os administradores municipais.

Palavras-chave: geoprocessamento, uso da terra, sensoriamento remoto, SIG, Araxá.

ABSTRACT

The twofold aim of this work was to survey the physical environment of the municipal district of Araxá – MG, using geoprocessing techniques, and to evaluate the evolution occurred in land use in two different periods: 1985 and 2005. Araxá is located in the Alto Paranaíba Macrorregion in Minas Gerais State, between the geographic co-ordinates 19º25’53” - 19°50’09” South latitude and Greenwich 46°44’27” - 47°13’38” West longitude. With an area of 1,166.96km^2 and 367km from the capital of Minas Gerais, the city had a population of 78,997 inhabitants in 2000. In order to carry out this work, topographic charts, geomorphologic mapping and 1985 TM/Landsat 5 and 2005 CCD/CBERS satellite images were used. The survey of the physical environment was carried out based on the themes of contour, drainage and the district boundaries that made it possible to prepare the thematic maps of the watersheds, slopes, hypsometry, geomorphology and land use (1985 and 2005). The thematic maps were elaborated using the IDRISI software, which also allowed evaluation of the areas, as well as the cross tabulation between the different thematic maps. From the data analysis, one can verify that the district comprises 10 watersheds of which Ribeirão do Inferno and Marmelo Watersheds are the larger, taking up approximately 42% the municipal area. Slopes greater than 8%, those with relief varying from medially to strongly undulated, predominate the region. The degree of carving of the valley walls varies from weak to strong and drainage density varies from medium to low. Altitudes between 900 and 1200m predominate. The data originated from the maps and tables allowed comparison and analysis of the evolution of land use in the two periods and evaluation of the adequacy of land use according to the physical environment. Ten categories of land use (Pivot, Urban and Mixed Use, Rupestrian Field, Reforestation, Water Bodies, Farming, Mining, Forestry, Pasture and Savanna) were identified and mapped. In 2005, 46.22% of the area of the district was occupied by Pasture, followed by Rupestrian Fields (14.34%), Farming (16.12%) and Forest (15.49%). The other categories presented almost insignificant percentages. Within this twenty-year period, Pasture area was reduced while Farming, Urban and Mixed Use, Reforestation and Mining areas increased. A reclassification was made for the final analyses of land use in Araxá, so that only two categories remained: natural vegetation and anthropic activities. It was concluded that in terrains with high slopes, the larger areas are occupied by natural vegetation, while in terrains with low slopes, anthropic activities occupied the largest area. As for hypsometry, it is verified that in more elevated altitudes the natural vegetation (Rupestrian Field) predominates, and in lower altitudes anthropic activities predominate. The Ribeirão Marmelo Watershed is responsible for 48% of the farming area in the district; 68% of the Rupestrian Fields are located in the Ribeirão do Inferno Watershed; 98% of Mining areas are located in the Córrego do Sal, Ribeirão Capivara and Ribeirão Pirapetinga watersheds; 44% of the remaining Savanna is in the Córrego da Galinha Watershed; 42% of Forested area is located in the Ribeirão Capivara and Córrego Fundo watersheds. Geoprocessing has demonstrated itself as the best technique for achieving more accurate and reliable results. The interpretation of satellite images in different periods associated with other kinds of data (maps, laboratories and field) when integrated in a GIS, permits analysis and evaluation of the geographic space, providing important information to the municipal administrators.

Key words: geoprocessing, land use, remote sensing, GIS, Araxá.

LISTA DE FIGURAS

1 - Principais biomas do Estado de Minas Gerais.....30

2 - Unidades de classificação de relevo.....45

3 - Estrutura de um SIG.....53

4 - Localização do município de Araxá no Estado de Minas Gerais 63

5 - Município de Araxá - MG e suas divisas municipais 64

6 - Mapa Rodoviário do município de Araxá – MG 65

7 - Municípios pertencentes à Bacia do Rio Araguari 66

8 - Municípios pertencentes à Microrregião de Araxá – MG.....67

9 - Variação da precipitação média ao longo dos meses do ano (período: 1975-2003).....71

10 - Distribuição da temperatura em Araxá, média anual.....73

11 - Mapa da Rede Hidrográfica do município de Araxá.- MG.....85

12 - Sub-bacias hidrográficas de Araxá – MG 87

13 - Distribuição percentual das sub-bacias hidrográficas de Araxá – MG.....88

14 - Mapa de declividade do terreno em Araxá – MG.....90

15 - Distribuição percentual dos intervalos de declividade em Araxá.....92

16 - Principais serras de Araxá – MG 97

17 - Mapa de hipsometria do município de Araxá – MG.....98

18 - Distribuição percentual das categorias altimétricas em Araxá – MG.....100

19 - Mapa Geomorfológico do município de Araxá – MG 104

20 - Distribuição percentual das formas de relevo de Araxá – MG.....106

21 - Carta imagem CCD/CBERS 2 2b3g4r - abril de 2005 – Araxá – MG 110

22 - Carta imagem TM/Landsat 5 2b3g4r – abril de 1985 – Araxá – MG..... 111

23 - Pivô (Sub-bacia do Córrego do Retiro)..... 113

24 - Urbano e Uso Misto – Condomínio Fechado (Sub-bacia do Córrego da Galinha)..... 114

25 - Urbano e Uso Misto – Distrito Industrial (Sub-bacia do Córrego do Retiro) 115

26 - Urbano e Uso Misto – Vista parcial da cidade (Sub-bacia do Córrego da Galinha)..... 116

27 - Urbano e Uso Misto – Vista panorâmica do Barreiro (Sub-bacia do Córrego do Sal).. 117

28 - Campo Rupestre (Sub-bacia do Ribeirão do Inferno – região da Serra da Bocaina) 118

29 - Campo Rupestre (Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá – região da Serra Velha) 119

30 - Reflorestamento (Sub-bacia do Ribeirão Capivara –BUNGE) 120

31 - Corpos d'água (Sub-bacia do Ribeirão Capivara – represa da BUNGE) 121

32 - Cultura perene de café (Sub-bacia do Córrego Fundo)..... 122

33 - Cultura anual de milho (Sub-bacia do Córrego da Galinha) 123

34 - Cultura anual de soja (Sub-bacia do Ribeirão do Inferno)..... 124

35 - Cultura anual/milho (Sub-bacia do Ribeirão Marmelo)..... 125

36 - Cultura anual/pousio (Sub-bacia do Ribeirão Marmelo) 126

37 - Mina de extração de pirocloro – CBMM (Sub-bacia do Córrego do Sal) 127

38 - Barragem de rejeitos – CBMM (Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga) 128

39 - Depósito de material estéril – BUNGE (Sub-bacia do Córrego do Sal) 129

40 - Parque industrial – CBMM (Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga) 130

41 - Mata (Sub-bacia do Ribeirão Capivara)..... 131

42 - Pastagem cultivada (Sub-bacia do Córrego da Galinha)..... 132

43 - Pastagem cultivada (Sub-bacia do Ribeirão Marmelo)..... 133

44 - Cerrado (Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá)..... 134

45 - Cerrado (Sub-bacia do Córrego do Retiro) 135

46 - Campo Limpo (Sub-bacia do Córrego do Ribeirão do Inferno)..... 136

47 - Mapa de Uso da Terra de 2005 de Araxá – MG 138

48 - Percentual das categorias de uso da terra de 2005, em Araxá – MG 139

49 - Mapa de Uso da Terra de 1985 de Araxá – MG 144

50 - Percentual das categorias de uso da terra de 1985, em Araxá – MG 146

51 - Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na declividade de Araxá – MG no ano de 1985 159

52 - Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na declividade de Araxá – MG no ano de 2005 162

53 - Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na hipsometria de Araxá – MG no ano de 1985 167

54 - Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na hipsometria de Araxá – MG no ano de 2005 170

55 - Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na geomorfologia de Araxá – MG no ano de 1985 174

56 - Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na geomorfologia de Araxá – MG no ano de 2005 177

LISTA DE QUADROS

1 - Padrão do modelado.....46

2 - Chave de interpretação para mapeamento do uso da terra, das imagens TM/ Landsat 5 de abril de 1985 e CCD/CBERS-2, de abril de 2005, nas bandas 2b3g4r, de Araxá - MG.....82

LISTA DE TABELAS

1 - Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo 47

2 - Canais do sensor CCD/CBERS 58

3 - Principais aplicações dos canais do sensor TM/LANDSAT 59

4 - Precipitações mensais e anuais - 1975/2003 70

5 - Temperaturas médias mensais e anuais - 1975/2003 72

6 - Área ocupada pelas sub-bacias no município de Araxá – MG 86

7 - Classes de declividade, conforme fases de relevo 91

8 - Área ocupada pelas classes de declividade do município de Araxá – MG 91

9 - Área ocupada pelas classes de declividade nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais 93

10 - Área ocupada pelas diferentes categorias altimétricas do município de Araxá – MG 99

11 - Área ocupada pelas diferentes categorias altimétricas nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais 101

12 - Organização Taxonômica do Relevo de acordo com o método proposto por Ross (1992, 1977), em Araxá - MG 103

13 - Área ocupada pelas categorias de forma de relevo em Araxá – MG 105

14 - Área ocupada pelas formas de relevo nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais 107

15 - Área ocupada pelas classes de uso da terra no município de Araxá - MG em 2005 137

16 - Área ocupada pelas classes de uso da terra de 2005 nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais 140

16a - Área ocupada pelas classes de uso da terra de 2005 nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais 141

17 - Área ocupada pelas classes de uso da terra no município de Araxá – MG em 1985..... 145

18 - Área ocupada pelas classes de uso da terra de 1985 nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais 147

18a - Área ocupada pelas classes de uso da terra de 1985 nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais 148

19 - Área ocupada pelas classes de uso da terra, em Araxá –MG 1985 e 2005 150

20 - Evolução do uso da terra na categoria Agricultura em Araxá – MG 152

21 - Área ocupada pelas classes de declividades de acordo com o uso da terra de 1985, em Araxá - MG e respectivos percentuais..... 157

22 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas, com base na declividade de Araxá - MG no ano de 1985 158

23 - Área ocupada pelas classes de declividades de acordo com o uso da terra de 2005, em Araxá - MG e respectivos percentuais..... 160

24 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas, com base na declividade de Araxá - MG no ano de 2005 161

25 - Área ocupada pelas classes de hipsometria de acordo com o uso da terra de 1985, em Araxá - MG e respectivos percentuais..... 164

26 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas, com base na altimetria de Araxá - MG no ano de 1985 166

27 - Área ocupada pelas classes de hipsometria de acordo com o uso da terra de 2005, em Araxá - MG e respectivos percentuais..... 168

28 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas, com base na altimetria de Araxá - MG no ano de 2005 169

29 - Área ocupada pelas formas de relevo de acordo com o uso da terra de 1985, em Araxá - MG e respectivos percentuais 172

30 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas com base na geomorfologia no ano de 1985, em Araxá - MG, nas Unidades Morfoesculturais..... 173

31 - Área ocupada pelas formas de relevo de acordo com o uso da terra de 2005, em Araxá - MG e respectivos percentuais 175

32 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas, com base na geomorfologia no ano de 2005 em Araxá - MG, nas Unidades Morfoesculturais..... 176

LISTA DE SIGLAS

ALMG	Assembléia Legislativa de Minas Gerais
APE	Área de Proteção Especial
APP	Área de Preservação Permanente
CAD	Computer Aided Design
CBERS	Chinese Brazilian Earth Resources Satellite
CBMM	Companhia Brasileira de Metalurgia e Mineração
CCD	Charge Coupled Deviced
CEFET - MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
COPASA	Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CVRD	Companhia Vale do Rio Doce
DEM	Digital Elevation Model
DPI	Divisão de Processamento de Imagem
DSG	Diretoria do Serviço Geográfico do Exército
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ERTS	Earth Resources Technology Satellite
ESRI	Environmental Systems Research Institute
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
FEAM	Fundação Estadual do Meio Ambiente
FIBGE	Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
GIS	Geographic Information System
GPS	Global Positioning System

IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEF	Instituto Estadual de Florestas
IG	Instituto de Geografia
IGAM	Instituto Mineiro de Gestão das Águas
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPDSA	Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Sustentável de Araxá
IR-MSS	Infrared Multi-spectral Scanner
MDE	Modelo Digital de Elevação
MODIS	Moderate Resolution Imaging Spectrometer
MSS	Mult-ispectral Scanner System
OBT	Observação da Terra
ONG	Organização não-governamental
ONU	Organização das Nações Unidas
ORG	Organizado
PDI	Processamento Digital de Imagens
PMA	Prefeitura Municipal de Araxá
RAM	Random Access Memory
SGBD	Sistema de gerenciamento de banco de dados
SEMAD	Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável de Minas Gerais
SIDRA	Sistema IBGE de Recuperação Automática
SIG	Sistema de Informações Geográficas

SPOT	Sistem e Proboitoire de Observation de La Terre
SPRING	Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas
TIFF	Tagged Image File Format
TM	Thematic Mapper
UC	Unidade de Conservação
UFLA	Universidade Federal de Lavras
UFU	Universidade Federal de Uberlândia
UTM	Universal Transversa de Mercator
WCED	World Commission Environment and Development
WFI	Wide Field Imager

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO 22

1.1 - Justificativa 25

1.2 - Objetivos da Pesquisa 29

1.2.1 - Objetivo Geral 29

1.2.2 - Objetivos Específicos 29

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 30

2.1 - Cobertura vegetal de Minas Gerais 30

2.2 - Biodiversidade em Minas Gerais 31

2.3 - A ocupação do solo: Uso da Terra e Cobertura da Terra 34

2.4 – Relevo 42

2.5 - Pesquisas em microbacias 47

2.6 – Geoprocessamento 50

2.7 - Sensoriamento Remoto 53

3. LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO 63

4. MATERIAIS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS 75

4.1 – Materiais 75

4.1.1 – Documentos 75

4.1.2 – Equipamentos 76

4.1.3 – Software 76

4.2 – Procedimentos Operacionais 78

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES 84

5.1 - Rede Hidrográfica e Sub-bacias 84

5.2 - Declividade do Terreno 89

5.3 – Hipsometria 96

5.4 – Geomorfologia 103

5.5 - Carta Imagem 109

5.6 - Mapa de Uso da Terra 112

5.6.1 - Mapa de uso da terra de 2005 112

5.6.2 - Mapa de uso da terra de 1985 143

5.6.3 - Comparação dos mapas de uso da terra da 1985 e 2005 150

5.7 – Adequabilidade do Uso da Terra em Função do Meio Físico 155

5.7.1 - Análise da declividade em função do uso da terra 156

5.7.1.1 - Mapa de declividade x mapa de uso da terra de 1985 156

5.7.1.2 - Mapa de declividade x mapa de uso da terra de 2005 159

5.7.1.3 - Análise entre a declividade e o uso de terra 163

5.7.2 – Análise da hipsometria em função do uso da terra 163

5.7.2.1 - Mapa da hipsometria x mapa de uso da terra de 1985 163

5.7.2.2 - Mapa da hipsometria x mapa de uso da terra de 2005 167

5.7.2.3 - Análise entre a hipsometria e o uso de terra 170

5.7.3 – Análise da geomorfologia em função do uso da terra 171

5.7.3.1 - Mapa de geomorfologia x mapa de uso da terra de 2005 171

5.7.3.2 - Mapa de geomorfologia x mapa de uso da terra de 1985 174

5.7.3.3 - Análise entre a geomorfologia e o uso de terra 178

CONSIDERAÇÕES FINAIS 179

REFERÊNCIAS 183

1 INTRODUÇÃO

O monitoramento dos recursos naturais da superfície terrestre utilizando dados de plataformas orbitais não-tripuladas teve início em 1972, quando foi lançado o satélite ERTS 1, denominado Landsat 1 em janeiro de 1975. Em meados de 80, esta tecnologia foi sendo consolidada e a qualidade dos dados orbitais coletados, melhorada. Com o desenvolvimento tecnológico dos hardwares e softwares na década de 90, o uso de sistemas de processamento de imagens tornou-se mais amplo e disseminado, o que propiciou uma evolução continuada e acelerada de geotecnologias muito conhecidas como o geoprocessamento.

As técnicas de geoprocessamento associadas ao sensoriamento remoto podem ser aplicadas em qualquer estudo de tratamento da informação geográfica. O fornecimento de dados pelos sistemas orbitais em forma de imagem de satélite integrado a mapas e bancos de dados, através de um SIG, geram novos tipos de informações, relatórios e mapas, de acordo com a necessidade do usuário.

As imagens de satélite ajudam a compreender o mundo em que vivemos, mesmo no caso de ambientes mais distantes ou de difícil acesso. As imagens de satélite são excelentes fontes de informação para estudar os fenômenos ambientais como desmatamentos, queimadas e inundações; os ambientes naturais como as florestas, mangues, desertos; além dos ambientes antropizados como, por exemplo, as áreas urbanas, agrícolas, erosões, represas, entre outras.

A utilização dos recursos computacionais para compreender e avaliar a transformação dos ambientes naturais em antropizados tem se expandido em função da eficiência dos SIGs em produzir resultados confiáveis, em um tempo muito menor, quando comparado a outras

metodologias. Tanto é que os produtos do geoprocessamento têm auxiliado no processo de tomada de decisões nas empresas e também nas administrações das esferas municipal, estadual e federal.

A mudança do uso da terra vem ocorrendo de forma generalizada em todo Brasil. Uma pesquisa do IBGE, divulgada no dia 13 de junho de 2005, mostrou que os desmatamentos e as queimadas vêm modificando os diversos biomas brasileiros tanto no aspecto ambiental quanto no paisagístico.

Em Minas Gerais, o IEF coordena um inventário florestal em parceria com a UFLA desde 2003, com informações detalhadas sobre todos os biomas do estado. O inventário será concluído em abril de 2006 e está sendo elaborado com base no Mapa e no Banco de Dados da Cobertura Vegetal de Minas Gerais, cujo lançamento foi no dia 9 de junho de 2005. O mapa foi elaborado a partir de imagens de satélite do ano de 2004, em três períodos distintos. O inventário permitirá conhecer toda a cobertura vegetal dos biomas mineiros, possibilitando a intervenção em cada um deles.

Na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, a paisagem natural foi modificada quando, nos anos 70, a cobertura vegetal constituída pelo Cerrado foi quase extinta para dar lugar à agricultura e pecuária. De acordo com Cleps Junior; Pessôa; Gobbi (2004) nessa época foram destinados recursos oficiais para a região, através de programas que tinham como característica a modernização da agricultura: mecanização de grandes extensões de terra; uso intensivo de capital; introdução de tecnologias e cultura de grãos, principalmente soja, milho e café. Esta agricultura moderna trouxe grandes impactos ambientais no Cerrado, sobretudo nos recursos hídricos.

O município de Araxá está totalmente inserido no Bioma Cerrado, na Macrorregião do Alto Paranaíba, na Bacia do Rio Araguari e na Microregião de Araxá, Estado de Minas

Gerais. A pesquisa abordou o levantamento do meio físico do município de Araxá utilizando técnicas de geoprocessamento.

A pesquisa utilizou imagens de satélite de dois períodos distintos: de 1985, do satélite Landsat com uma resolução espacial de 30m; e de 2005, do satélite CBERS com uma resolução espacial de 20m.

Foi a partir do lançamento do satélite Landsat 5, em 1984, que a resolução espacial das imagens foi melhorada com a instalação do sensor TM. A resolução do sensor MSS, que se encontra a bordo de todos os satélites Landsat, é de 80m.

As imagens do Landsat 5 utilizadas foram do sensor TM, adquiridas com recursos próprios no INPE.

Foram utilizadas imagens do CBERS-2, do sensor CCD, disponibilizadas gratuitamente no site do INPE.

A escolha de um período de 20 anos entre as duas imagens foi para melhor visualizar e avaliar a evolução do uso da terra no município. Pretendeu-se utilizar imagens do mês de fevereiro, por ser época do verão. Neste período, o ângulo de elevação solar é em torno de 57º o que reduz bastante a formação de sombras em função do relevo. O sombreamento causado pelo relevo dificulta a delimitação das classes de uso da terra. Também é no verão que as culturas estão em pleno desenvolvimento o que facilita discriminar os alvos terrestres: quanto maior a atividade fotossintética, maior será a reflexão da energia solar na região do infravermelho próximo. Em função das imagens CBERS e Landsat desta época estarem completamente nubladas, foram utilizadas imagens do mês de abril de 2005.

Partindo da premissa de que tudo o que é real tem uma localização espacial e pode ser informatizado, Rocha (2002) explica que o geoprocessamento trabalha com dados passíveis de serem espacializados num ambiente computacional, utilizando estruturas de

armazenamento, processamento e apresentação, através dos sistemas de projeção, de referência e de coordenadas.

Assim sendo, a pesquisa utilizou o meio computacional para retratar o mundo real representado pelo município de Araxá.

1.1 Justificativa

A demanda crescente dos recursos naturais para suprir as necessidades de um contingente humano cada vez maior pode ocasionar a falência da natureza. É preciso que haja um equilíbrio entre os recursos e a população. Deste modo, a sustentabilidade deve ser encarada como um ciclo onde o homem, ao retirar da natureza os recursos de que necessita, deveria devolver outros recursos, porém decompostos, de modo que sejam reintegrados à natureza, e por ela absorvidos. O princípio básico da sustentabilidade é a reciclagem como a que ocorre na cadeia alimentar onde os produtos e rejeitos de um dado grupo trófico são alimento para outro grupo e vice-versa.

O homem está se apossando de toda a capacidade de produção da natureza, e, a ela, somente devolve uma degradação que a mesma não consegue absorver. Como resultado final desse processo, estamos vivenciando desequilíbrios climáticos, tais como um possível aquecimento global, a destruição da camada de ozônio, furacões, tornados, tempestades, secas prolongadas, frios intensos e tantos outros distúrbios da natureza.

Dentre as agressões mais cometidas contra a natureza, estão os desmatamentos e as queimadas. Estas liberam grandes quantidades de gás carbônico para a atmosfera, poluindo o ar e contribuindo para o aumento dos gases de efeito estufa.

A derrubada de florestas, de matas nativas ou a retirada da cobertura natural do solo ocasiona a perda da biodiversidade, alteração do clima local, modifica as propriedades do solo, propiciando a degradação e a perda de sustentabilidade para a agricultura.

A vegetação nativa tem um papel fundamental no ciclo hidrológico porque, além de interceptar a água da chuva, colabora com o processo de infiltração da água no solo, contribuindo para o abastecimento dos lençóis freáticos. A vegetação natural ajuda a manter os níveis de nutrientes no solo, e também o controle dos níveis de gás carbônico na atmosfera, através dos processos de fotossíntese e respiração.

Uma das razões que levam à prática do desmatamento é a expansão agrícola. Não bastasse isso, o uso indiscriminado de agrotóxicos provoca um impacto ao meio físico pela contaminação dos corpos d'água e do solo.

Nos centros urbanos, a destinação inadequada do esgoto doméstico provoca a contaminação do solo ou o assoreamento e a contaminação dos corpos d'água.

Não apenas os corpos d'água e solo sofrem com as agressões ao meio ambiente, mas também a atmosfera sofre conseqüências drásticas. A poluição do ar tem origem tanto em fontes naturais como, por exemplo, vulcões e tempestades de areia, quanto antropogênicas. A poluição do ar de origem antropogênica pode ser causada pela atividade industrial, atividade pecuária, queimadas, queima de lixo, mineração, odores de lixo, usinas termelétricas, veículos automotores e vias não pavimentadas.

Os recursos naturais estão ficando escassos a cada dia. A quantidade de água doce e de outros recursos naturais não vai aumentar, pelo contrário, pode até diminuir. Segundo as projeções, no ano de 2085 a população mundial será de dez bilhões de habitantes. A produção de alimentos ficará comprometida porque, o espaço geográfico é finito, além disso, necessita-se de locais para construção de mais moradias, equipamentos urbanos e para o plantio de culturas. Como resolver essa equação matemática que parece não ter solução? Para que nossos descendentes tenham uma vida com conforto no futuro, é preciso economizar os recursos naturais e pensar em um desenvolvimento que seja sustentável onde as necessidades sociais, econômicas e ambientais estejam em um mesmo patamar de importância. Pela sua

proximidade com os cidadãos, o governo local constitui a instância mais indicada para a identificação de problemas e a implementação de soluções relativas ao desenvolvimento sustentável.

Neste sentido, Sikorski (1996, p. 40) elucida que "[...]os governos municipais necessitam dispor de ferramentas adequadas que permitam ao planejador e ao administrador urbano elaborarem propostas de desenvolvimento territorial e econômico das cidades e auxiliá-los no processo de tomada de decisões". Sikorski (1996) ainda revela que os SIGs constituem em uma das ferramentas mais adequadas para o tratamento de grande volume de dados relacionados espacialmente, objetivando resolver problemas complexos de planejamento.

Deste modo, o conhecimento do meio físico de um município através das técnicas de Geoprocessamento ajudam a compreender as transformações que ocorrem no uso da terra e na cobertura vegetal, com vistas ao desenvolvimento territorial, econômico e também ao sustentável.

A pesquisa servirá de apoio ao Projeto GeoBiota Araxá, fornecendo subsídios técnicos para auxiliar na gestão territorial do município de Araxá, e propiciar uma análise da evolução do uso da terra, tanto na paisagem antropizada quanto na paisagem natural.

De acordo com Seer (2003), o objetivo do Projeto GeoBiota Araxá é mapear o sistema natural do município de Araxá que se encontra inserido no Bioma Cerrado.

Para alcançar essa meta, a PMA através do seu Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Sustentável, em parceria com várias instituições, dentre elas o CEFET-MG de Araxá, elaborou o Projeto GeoBiota Araxá.

Seer (2003) esclarece que somente com a utilização de um SIG é que se poderia fazer a articulação das diversas áreas temáticas do projeto: Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Hidrologia, Climatologia, Radioecologia, Flora e Fauna.

O Projeto GeoBiota foi dividido em duas partes:

- Parte I: Estudo do Sistema Físico;
- Parte II: Estudo do Sistema Biótico.

Ambas as partes foram subdivididas em subprojetos. Dentro do Subprojeto I na Parte I, está o de Geoprocessamento, proposto para ser desenvolvido pela equipe do CEFET-MG, que está destinando recursos humanos e infra-estrutura, tais como o Laboratório de Geoprocessamento. Esse Subprojeto foi denominado "Aplicação do Geoprocessamento na elaboração de cartas temáticas e desenvolvimento de um Sistema de Informações Geográficas como suporte ao Projeto GeoBiota – Estudo Natural do Município de Araxá – MG".

O Projeto GeoBiota prevê desdobramentos conforme revela Seer.

> Dentre os desdobramentos do Projeto, destacam-se a possibilidade de elaboração de um diagnóstico ambiental do município e a sugestão de planos de gestão sustentável dos recursos naturais, sendo um dos seus componentes a criação de unidades municipais de conservação da biodiversidade. (SEER, 2003, p. 13)

Ao fazer uma análise do Cerrado, Seer (2003) sustenta que o bioma é rico em biodiversidade e pode ser explorado economicamente de maneira sustentável. Ainda com relação aos desdobramentos, a proteção dos recursos hídricos será estimulada principalmente nas áreas de recarga dos aqüíferos subterrâneos.

A criação de um banco de dados ambientais do município organizado em um SIG poderá ser disponibilizado para a comunidade regional, informa Seer (2003).

Outra justificativa para o desenvolvimento da pesquisa é o fato de o CEFET – MG de Araxá ter criado, em abril de 2002, um Laboratório de Geoprocessamento, levando à necessidade de qualificar sua equipe técnica, o que motivou a autora, a elaboração do trabalho.

É nesse cenário que foi desenvolvida a pesquisa "Levantamento do meio físico do município de Araxá – MG, utilizando técnicas de Geoprocessamento".

1.2 Objetivos da Pesquisa

1.2.1 Objetivo Geral:

Realizar um levantamento do meio físico do município de Araxá – MG, utilizando técnicas de Geoprocessamento e compreender as transformações ocorridas no uso da terra em dois períodos distintos (1985 e 2005).

1.2.2 Objetivos Específicos:

- Elaborar os mapas temáticos: Sub-bacias Hidrográficas, Declividade, Hipsometria, Formas de Relevo, e do Uso da Terra de 1985 e 2005.
- Avaliar a evolução do Uso da Terra em 1985 e 2005.
- Avaliar a adequabilidade do Uso da Terra em função do meio físico.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Cobertura vegetal de Minas Gerais

Com uma área de 588.384 km^2, o Estado de Minas Gerais corresponde a 7% do território brasileiro e se agrupa em três grandes biomas: a Mata Atlântica, o Cerrado e a Caatinga, como pode ser visto na figura 1.

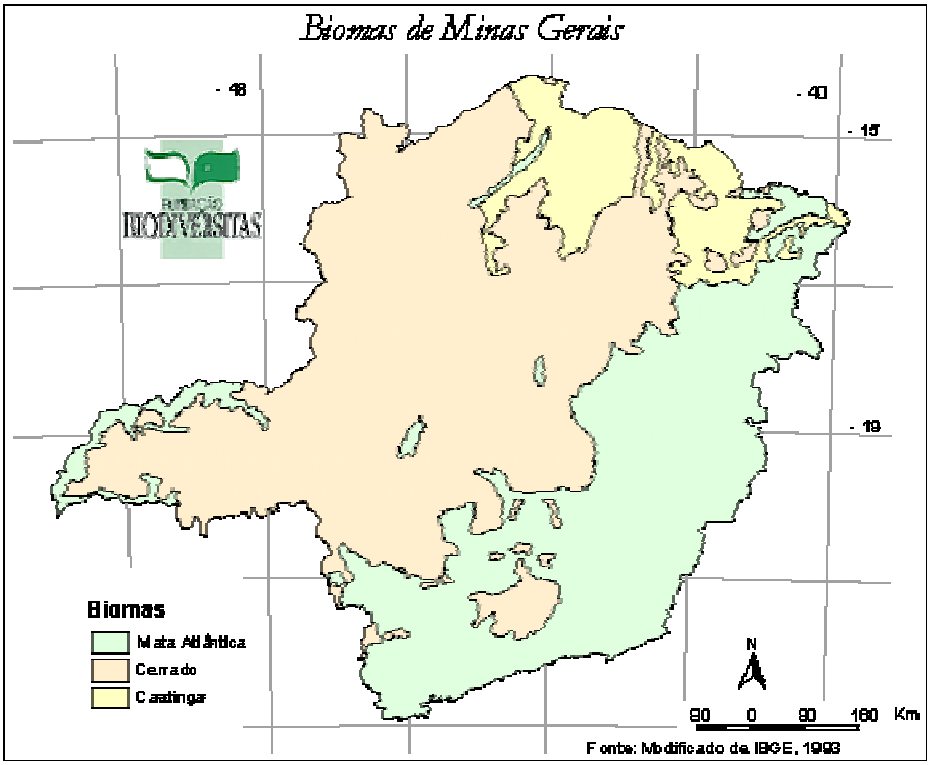


Figura 1 - Principais biomas do Estado de Minas Gerais
Fonte: http://www.biodiversitas.org.br/atlas/aspectos.htm

Em Minas Gerais, o IEF coordena um inventário florestal em parceria com a UFLA desde 2003, com informações detalhadas sobre todos os biomas do estado, quais sejam, o

Cerrado, a Mata Atlântica, a Mata Seca, os Campos de Altitude ou Rupestres e a Caatinga. O inventário será concluído em abril de 2006 e está sendo elaborado com base no Mapa e no Banco de Dados da Cobertura Vegetal de Minas Gerais, cujo lançamento foi no dia 9 de junho de 2005. O objetivo do inventário é estimular a preservação e combater a biopirataria, a partir da identificação dos recursos naturais. O mapa foi elaborado a partir de imagens de satélite do ano de 2004, em três períodos distintos, a fim de minimizar erros oriundos de nebulosidade e das características de cada bioma. O inventário permitirá conhecer toda a cobertura vegetal dos biomas mineiros, possibilitando a intervenção em cada um deles.

O Mapa de Cobertura Vegetal de Minas Gerais está georreferenciado e disponibilizado no site do IEF, com possibilidade de acesso a vários mapas temáticos como, por exemplo, hidrografia, uso do solo, entre outros.

2.2 Biodiversidade em Minas Gerais

O planejamento regional de Minas Gerais para a conservação de biodiversidade foi elaborado através de uma parceria da comunidade científica e ambientalistas e como produto final gerou-se um livro denominado *Biodiversidade em Minas Gerais*: um atlas para sua conservação.

A SEMAD encomendou à ONG Fundação Biodiversitas, que em parceria com a Conservation International do Brasil e o apoio dos organismos estaduais, IEF, FEAM, IGAM e IBAMA – MG, a elaboração do atlas. Para tanto, 197 especialistas de 56 institutos de pesquisa trabalharam 14 meses em sua elaboração, sob o patrocínio da CVRD.

A primeira edição do atlas se deu em 1998, quando 86 áreas consideradas de prioridade absoluta de conservação em Minas Gerais foram mapeadas para indicar as espécies de plantas e animais que sofrem grande pressão de extinção. Em 2004, o atlas foi modificado ao acrescentar mais 26 regiões, totalizando 112 áreas de prioridade absoluta de conservação.

Estas servem de base para a criação de UCs pelos órgãos ambientais mineiros. Os cientistas encontraram, em campo, espécies endêmicas (só ocorrem em determinada região do planeta) que correm sério risco de desaparecer.

O atlas servirá como referência para as linhas de pesquisa e para a elaboração de políticas públicas, por conter informações sobre o planejamento da conservação das áreas de uso sustentável, inclusive os indicadores de sustentabilidade.

As áreas com maior biodiversidade são classificadas como especiais, seguidas pelas de extrema importância, muito alta importância e alta relevância. O documento delimita 17 áreas especiais com características ou importância sem equivalentes, 35 de extrema importância, com alta incidência de espécies animais e vegetais ameaçados de extinção, 36 de importância muito alta e 24 de alta relevância.

Para a elaboração do atlas, foi levado em conta o grau de conservação de áreas remanescentes de Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga, o tamanho dos fragmentos florestais existentes, a análise da riqueza e diversidade dos grupos biológicos, a análise da efetividade do sistema de unidades de conservação ambiental e das políticas públicas voltadas para o planejamento e proteção do patrimônio natural.

Com o passar do tempo, as muitas paisagens mineiras foram desconfiguradas por causa da destruição das matas nativas. Em um primeiro momento, as áreas desmatadas deram lugar à plantação de café. Com a queda do café e a grande quantidade de minério de ferro, somado a um imenso potencial energético oferecido pelas florestas nativas, surgiram as indústrias siderúrgicas no Estado.

Baggio Filho (2003) sustenta que Minas Gerais é o Estado da federação que mais consome carvão vegetal. Em 1988, para produzi-lo, eram utilizados 88% de espécies nativas e 12% das árvores de crescimento rápido. Em 2000, 82,5% do carvão vegetal eram oriundos das florestas plantadas e 18,5%, das florestas nativas.

De acordo com Chagas (2003), um dos piores crimes cometidos contra o Cerrado foi a implantação de florestas homogêneas em grandes áreas. Com a derrubada das árvores nativas, houve a redução na biodiversidade, uma vez que espécies animais quase desapareceram por falta de alimentos e refúgios. Além disso, a retirada das gramíneas protetoras dos solos aumentou o problema da erosão.

Após o primeiro corte raso, explica Baggio Filho (2003), o solo se aquece mais rápido havendo perda de matéria orgânica e nutrientes. No período chuvoso, o impacto das gotas sobre o solo descoberto faz carrear aquele material solto, ocorrendo o assoreamento dos corpos hídricos e erosão do solo. Os corpos d'água também são sacrificados já que os agrotóxicos e fertilizantes são carreados em sua direção, seja subterrânea ou superficialmente.

Para Dias *et al* (2003) uma das atividades humanas que mais reduzem a biodiversidade é o desmatamento. Este causa impactos físicos ao meio ambiente pelo aumento do albedo[1] da superfície terrestre; modificação do ciclo hidrológico; destruição de *habitats* e mortes de animais; alterações microclimáticas, aumento da erosão e lixiviação[2] do solo; alteração na reciclagem dos nutrientes no solo, na água e na atmosfera, além de aumentar a eutrofização[3].

Várias são as razões que levam à prática do desmatamento, dentre elas destacam-se a poda madeireira ilegal, a expansão da fronteira agrícola, a pecuária extensiva e a condição social precária de várias famílias que usam a terra da floresta para a sua subsistência.

A degradação ambiental e social do espaço rural foi acelerada em função da Revolução Verde, onde o modelo industrial-produtivista se apropriava da natureza (INTERAÇÕES, 1998).

Em um primeiro momento, houve um aumento na produção brasileira em função da Revolução Verde devido a sua industrialização. Com o uso de insumos, da mecanização e

---

[1] Albedo é a razão entre a quantidade de luz refletida e quantidade de luz incidente sobre uma superfície.
[2] Lixiviação é o processo de retirada de nutrientes do solo pela passagem da água.
[3] Eutrofização é o processo em que um corpo d'água adquire altos níveis de nutrientes provocando posterior acúmulo de matéria orgânica em decomposição e gerando poluição.

monoculturas, houve a degradação de grandes áreas. Muitas dessas áreas eram inadequadas ou não suportavam a exploração excessiva, requerendo cada vez mais energia externa e provocando cada vez mais erosão, contaminação dos cursos de água e solo. Não havia um planejamento entre produtividade e manutenção dos ecossistemas.

2.3 A ocupação do solo: Uso da Terra e Cobertura da Terra

Cortez Filho *et al* analisaram a ocupação do solo nas cidades brasileiras.

> As cidades brasileiras sempre possuíram, bem ou mal, técnicas que possibilitaram conhecer as características de sua ocupação do solo, sua população, seu meio físico e natural, através de tradicionais cadastros e/ou áreas de planejamento detentoras de grande volume de informações. (CORTEZ FILHO, R. *et al*, 1996, p. 46)

Duas expressões muito utilizadas para nomear essa ocupação são bem definidas por Novo (1998, p.276), ao afirmar que "o termo Uso da Terra refere-se a utilização **cultural** da terra, enquanto o termo **cobertura da terra** ou *land cover* refere-se a seu revestimento". Deste modo, uma região de Cerrado, por exemplo, que tenha um certo tipo de cobertura pode ter vários tipos de uso, como pastagem, lavoura, reserva ecológica, entre outros. Novo (1998) é enfática ao afirmar que os dados de sensoriamento remoto fornecem informações da cobertura da superfície terrestre. Assim, para que a representação do uso da terra seja correspondente à realidade, é necessário que sejam feitas visitas ao campo, para classificar os diversos usos.

O conhecimento dos recursos naturais associado às características socioeconômicas de uma região permitirá identificar áreas destinadas às atividades agrícolas, à preservação, à mineração além daquelas áreas degradadas, através do controle e ordenamento do uso da terra.

Assad e Sano (1998) estruturaram os dados geoambientais em três contextos diferentes, municipal, fazenda experimental e microbacia hidrográfica, o que será relatado a seguir.

No contexto municipal, os estudos de identificação e discriminação de classes de uso da terra são uma informação de fundamental importância para o planejamento municipal. O objetivo da pesquisa foi o de analisar a expansão da fronteira agrícola do município de Silvânia – GO sem a preocupação em discriminar os diferentes tipos de cultura ou pastagem. Foram identificadas quatro classes: cultura, pastagem, reflorestamento e vegetação nativa. Os estudos mostraram que a expansão agrícola não é só em Silvânia, mas também em outros pontos do Cerrado.

> [...] A construção de Brasília, a forte tendência conservacionista da região amazônica e do pantanal matogrossense, o clima semi-árido do Nordeste, a intensa ocupação das terras do Sul e do Sudoeste, os incentivos governamentais e o desenvolvimento de novas variedades de culturas como trigo, soja e arroz, adaptadas às condições climáticas do Cerrado, contribuíram para que este se tornasse grande centro produtor do Brasil, principalmente de grãos. [...] (ASSAD e SANO, 1998, p. 142)

No contexto de fazenda experimental a grande vantagem é que os resultados obtidos dos testes ou experimentos ao serem avaliados, podem se adequar para outras localidades cujas condições ambientais sejam semelhantes. A estruturação das informações ambientais através dos SIGs agiliza o processo de tomada de decisões dos produtores rurais como, por exemplo, para responder questões do tipo: onde plantar soja? Esse local é melhor para milho ou batata? Quantos hectares de pastagem natural e plantada têm a fazenda?

No contexto de uma microbacia hidrográfica, a utilização de um programa racional de manejo dos recursos naturais deve levar em conta as necessidades das comunidades rurais, o que significa dizer que o bem-estar social deve estar em harmonia com a proteção e preservação do meio ambiente. O que diferencia uma bacia de uma microbacia é o tamanho. Esta não deve ser maior que 10.000 hectares. Para o planejamento integral de uma

microbacia, é necessário conhecer o uso da terra, o que pode ser executado de uma maneira rápida e precisa através da utilização de SIGs.

A questão do uso da terra é debatida nos quatro cantos do planeta. Na Guinea Bissau, Vasconcelos *et al* (2002), quantificaram e espacializaram as características na mudança da cobertura da terra que ocorreu entre os anos de 1956 e 1998, em duas áreas de proteção: Cacheu e Orango. Ambas possuem uma área aproximada de 80.000ha. Foi usado um mapa tradicional para o ano de 1956 e imagens de satélite Landsat TM para o ano de 1981. Para desenvolver o trabalho, a metodologia adotada foi construir um banco de dados, usando um mapa de cobertura do solo de 1956; coletar dados de campo e definir uma legenda para o mapa de 1998; processar, classificar e avaliar a exatidão da imagem para gerar um mapa de cobertura do solo para 1998; e, finalmente, analisar e quantificar as diferentes coberturas da terra para as duas datas. As comparações entre as duas áreas indicaram que as maiores mudanças ocorreram em Cacheu.

No Pasquitão, Siddiqui; Jamil; Afsar (2004) avaliaram a extensão geográfica, a distribuição de florestas ribeirinhas de Sindh e monitoraram mudanças temporais na cobertura da floresta entre 1977 e 1990; 1990 e 1998; e 1977 e 1998, através de imagens de satélite e SIGs. A área de estudo de 24.000ha foi coberta por 5 cenas de imagem. No processamento digital de imagens foram feitos o contraste e as composições coloridas. Foram feitos, também, o georreferenciamento e o mosaico de imagens. O uso da terra teve quatro classificações, quais sejam, rio, floresta ribeirinha, área arenosa e área estéril, e em cada classe foi calculada a área. Os mapas raster classificados do uso da terra foram convertidos em vetor. A partir das técnicas de SIG foi possível detectar as mudanças no curso do rio e das florestas ribeirinhas nos períodos anteriormente citados.

Nos Estados Unidos, Aspinall (2004) quis compreender como a cobertura e o uso da terra se procedeu de 1860 a 2000, em Gallatin Valley, Montana. Para isso, o autor usou um

SIG para a localização de moradias rurais, com um banco de dados das condições ambientais e socioeconômicas. Um modelo geral do desenvolvimento da colonização descreveu a evolução dos causadores da mudança de uso da terra e seus impactos na região. Este modelo foi usado para desenvolver um conjunto de diferentes modelos que refletem os causadores de mudança nos diferentes períodos da história da área de estudo. A regressão logística foi usada para calibrar e interpretar estes modelos que foram comparados e avaliados com modelos de técnicas de seleção. Para estudar a mudança do uso da terra na região, o autor identificou cinco períodos que produziram alterações ambientais significativas na região: antes de 1870; de 1870 a 1890; de 1890 a 1934; de 1935 a 1960; e de 1960 a 2000. Os resultados mostraram que diferentes modelos são melhores para diferentes períodos. Os modelos não foram constantes sobre o tempo e apresentaram desafios de validação e teste de modelos empíricos.

No México, Ceballos-Silva e López-Blanco (2003) delinearam as áreas adequadas para as lavouras de milho e batata através das técnicas de avaliação de multicritérios dentro de um contexto do SIG IDRISI, usando imagem Landsat TM de 1996. A área pesquisada corresponde ao Distrito de Desenvolvimento Rural de Toluca, na região central do México. O mapa de uso da terra foi feito a partir das imagens de satélite após o georreferenciamento, através da classificação supervisionada. As áreas adequadas para o uso agrícola foram determinadas pela avaliação dos componentes ambientais climáticos, de solo e relevo, e restrições biofísicas locais subjacentes. Esta questão foi expressa como um problema de decisão de critérios múltiplos porque muitos critérios deveriam ser avaliados. Através da combinação da avaliação de multicritérios e SIG foram produzidos mapas de adequação. O cruzamento dos mapas com o uso da terra formaram um banco de dados para um sistema de apoio de tomada de decisão.

De norte a sul e de leste a oeste do Brasil, vários trabalhos têm sido elaborados para analisar o uso da terra. Ferreira *et al* (2005) verificaram modificações do uso e ocupação do

solo num período de cinco anos na área de influência da Usina Hidrelétrica de Capim Branco I, MG. Os objetivos específicos foram o de mapear o uso e a ocupação do solo em 1997 e 2002; e comparar as modificações ocorridas nos períodos analisados a partir de técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento. A pesquisa concluiu que ocorreu uma significativa diminuição da mata e do Cerrado para dar lugar à formação de pastagens.

França; Ibanez; Ferreira (2005) usaram as imagens TM do satélite Landsat de dois períodos distintos (1984 e 2004) do município de São José dos Campos para identificar os modelos de paisagem e tipo de uso do solo. A comparação das imagens multitemporais permitiu acompanhar a evolução, quantificar, posicionar e analisar a trajetória de ocupação da superfície.

Duarte e Brito (2005) analisaram as transformações ocorridas no alto curso do rio Uberabinha a partir do mapa de uso da terra de 1994. O abastecimento do município de Uberlândia é feito através deste rio e a área de estudo compreende a porção do alto curso do rio, onde estão localizadas as represas de captação de água. Para elaboração do trabalho, foram utilizadas as cartas topográficas do IBGE; os softwares Autocad R13 e SPRING; mosaico de imagens do satélite CBERS 2 sensor CCD. A pesquisa concluiu que a área estudada sofreu forte ocupação agrícola. A diminuição do campo hidromórfico nas nascentes do rio Uberabinha é devido à incorporação das fazendas da região, o que pode afetar o abastecimento de água de Uberlândia. O uso intensivo de agrotóxicos aplicado próximo às nascentes do rio Uberabinha pode contaminar o rio. Áreas de proteção permanente estão sendo utilizadas como pastagem. Alguns pivôs estão instalados próximos das nascentes do rio Uberabinha.

Venturieri *et al* (2005) avaliaram como o uso da terra pode interferir na qualidade da água da Microbacia do Igarapé Cinqüenta e Quatro, tributário do Rio Uraim, no município de Paragominas, no Estado do Pará, a partir do uso integrado de sensoriamento remoto,

geoprocessamento e análise química da água. Para caracterização do Uso da Terra e Cobertura Vegetal, foram usadas imagem TM/Landsat e CBERS e cartas da DSG na escala 1:100.000. O software utilizado foi o SPRING e foram determinadas as classes de floresta, capoeira, pastagem, área preparada para plantio de grãos e solo urbano. Foram coletadas amostras de águas fluviais para análise da qualidade da água através dos testes de condutividade. Os autores concluíram que o município de Paragominas sofre grande perda de recursos florestais, inclusive o desmatamento de matas ciliares. Foi observada uma tendência de conversão de floresta por outros tipos de uso. O aumento no valor de condutividade das águas demonstra que a substituição das áreas de florestas por sistemas agropecuários vem alterando a qualidade das águas na área.

Vieira *et al* (2005) investigaram a evolução temporal do uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002 no município de Vitória, ES, utilizando imagens orbitais do satélite TM Landsat. Os impactos ambientais gerados pela aglomeração urbana foram um dos fatores que motivou a pesquisa. A metodologia utilizada demonstrou eficiência, possibilitando comprovar a evolução e crescimento da população de Vitória, com aumento da sua área urbana e diminuição da vegetação existente.

Sano e Ferreira (2005) sustentam que a utilização dos métodos tradicionais de classificação digital não funciona muito bem para o Bioma Cerrado. A análise de imagens deve ser feita combinando-se as técnicas de interpretação visual e digital, em uma escala de estudo mais detalhada, em torno de 1:50.000. As classes de uso antrópico devem ser mapeadas na seguinte ordem: áreas com pivô-central; áreas urbanas; reservatórios de água; reflorestamento; culturas agrícolas e pastagens cultivadas. As áreas de plantio direto podem ser confundidas com áreas de pastagem, em função daquelas não possuírem áreas de mecanização intensa e serem cobertas com palhadas secas. Para separação de culturas agrícolas e pastagens, é bom usar os modelos digitais de elevação já que a maior parte das

áreas agrícolas no Cerrado desenvolvem-se em terrenos com topografia plana. Áreas de pastagem cultivada podem ser confundidas com áreas de pastagem nativa. Para dirimir as dúvidas com relação às pastagens, os trabalhos de campo auxiliam na aquisição de coordenadas cartográficas; a análise de imagens multitemporais do sensor MODIS podem solucionar eventuais dúvidas de interpretação; além de dados auxiliares disponibilizados pelo Censo Agropecuário do IBGE (www.sidra.ibge.gov.br). A subtração das diferentes classes antropizadas auxilia na identificação das áreas remanescentes do Cerrado. Para tanto, basta multiplicar os valores digitais dentro de cada polígono por zero. Os pixels restantes correspondem às áreas remanescentes.

Ribeiro e Walter (1998) salientam que os principais tipos fitofisionômicos do Cerrado pode ser subdivididos em formações florestais, savânicas e campestres. São formações florestais a Mata Ciliar, a Mata de Galeria, a Mata Seca e o Cerradão. As formações savânicas podem ser representadas pelo Cerrado Sentido Restrito, Parque Cerrado, Palmeiral e Vereda. São formações campestres o Campo Sujo, o Campo Rupestre e o Campo Limpo.

As formações florestais são caracterizadas por uma vegetação arbórea com dossel. A Mata Ciliar e a Mata de Galeria estão relacionadas com os cursos d’água, em terrenos bem ou mal drenados. A Mata Seca e o Cerradão situam-se em interflúvios em terrenos bem drenados. As definições de cada fitofisionomia estão descritas a seguir.

Mata Ciliar: situada ao longo dos rios de médio e grande porte, é formada por árvores eretas com altura entre 20 e 25m, podendo ultrapassar os 30m e a vegetação não forma galeria. Diferencia-se da Mata de Galeria no aspecto da folhagem do dossel por ter diferentes graus de caducifólia, enquanto que a Mata de Galeria é mais perenifólia.

Mata de Galeria: localizada às margens dos rios de pequeno porte e córregos do planalto central, forma um corredor fechado (galeria) sobre os cursos d’água. As árvores

apresentam altura entre 20 e 30m. Pode possuir dois subtipos: Mata de Galeria não Inundável e Mata de Galeria Inundável.

Mata Seca: Não acompanha um curso d'água, podendo ser encontrada nos interflúvios com solos ricos em nutrientes. Pode possuir três subtipos: Mata Seca Sempre Verde, Mata Seca Semidecídua e Mata Seca Decídua. As árvores possuem altura entre 15 e 25m e são geralmente eretas.

Cerradão: é uma mata mais rala e fraca. Em função das árvores possuírem altura entre 8 e 15m, é comum o crescimento do estrato arbustivo e herbáceo. Pode ser classificado em Cerradão Distrófico (solos pobres) e Cerradão Mesotrófico (solos mais ricos).

Dos quatro tipos de formações savânicas existentes, Cerrado Sentido Restrito, Parque Cerrado, Palmeiral e Vereda, será descrito nesta pesquisa somente o primeiro tipo, porque essa fitofisionomia está contida no município.

Cerrado Sentido Restrito: pode ser subdividido em quatro tipos, de acordo com a densidade arbóreo-arbustiva: Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre.

O que caracteriza o Cerrado Sentido Restrito são as árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com galhos irregulares e retorcidos, podendo apresentar resíduos de queimada. As árvores ficam espalhadas e algumas espécies possuem órgãos subterrâneos perenes para rebrotar após a queima ou corte. As cascas com cortiças grossas são características dos troncos das árvores lenhosas. As folhas são rígidas e coriáceas.

O Cerrado Denso é caracterizado pela predominância de árvores com altura de 5 a 8m. Os estratos arbustivo e herbáceo são ralos, e a cobertura arbórea de 50 a 70%.

O Cerrado típico contém árvores e arbustos com uma cobertura arbórea de 20 a 50% e altura média de 3 a 6m.

O Cerrado Ralo contém árvores e arbustos com uma cobertura arbórea de 5 a 20% e altura média de 2 a 3m. O estrato arbustivo-herbáceo se destaca mais neste tipo de Cerrado do que nos outros dois anteriores.

O Cerrado Rupestre é característico dos ambientes litólicos ou rochosos. Com uma cobertura arbórea de 5 a 20% tem uma altura entre 2 a 4m, e um estrato arbustivo-herbáceo bastante destacado.

Dos três tipos de formações campestres existentes, o Campo Sujo, o Campo Rupestre e o Campo Limpo, serão descritos nesta pesquisa o Campo Rupestre e o Campo Limpo, porque ambos estão presentes na área estudada.

Campo Rupestre: com aspecto herbáceo-arbustivo e arvoretas de até 2m de altura, os campos rupestres ocupam trechos de afloramentos rochosos em altitudes superiores a 900m, em áreas de ventos constantes, dias quentes e noites frias.

Campo Limpo: composto principalmente por herbáceas, sem nenhuma árvore e raros arbustos, podendo ser subdividido em três subtipos em função das particularidades ambientais: o Campo Limpo Seco, que se localiza em áreas onde o lençol freático é profundo; o Campo Limpo Úmido, que se encontra em locais onde o lençol freático é raso; o Campo Limpo com Murundus é aquele onde há ocorrência de microrrelevos.

2.4 Relevo

Os processos geradores de formas de relevo não são homogêneos em toda a superfície em função do embasamento rochoso, da estrutura geológica, da cobertura pedológica e do clima, que condicionam sua evolução para resultar em diferentes feições. De acordo com Goulart (2001), o modelado dos elementos básicos das formas de relevo, tais como a superfície dos topos, a geometria das vertentes (meia encosta) e a característica dos vales são mensuráveis, podendo, em última análise, tornar-se um produto cartográfico geomorfológico.

O sistema geomorfológico é um sistema aberto, pois há um contínuo intercâmbio de energia e massa. As variáveis de estado tais como a litologia e as estruturas, associadas às variáveis de transformação, tais como a erosão, sedimentação e intemperismo, vão determinar as diversas paisagens que compõem o espaço geográfico. Rodrigues (2004) informa que, de maneira geral, relevos dissecados, com grande inclinação e cobertos com solos rasos, apresentam baixa potencialidade à erosão, enquanto que solos espessos associados à baixa declividade têm maior propensão à formação de voçorocas.

Para analisar o relevo, Castro (2000) esclarece que dos elementos altimétricos de uma carta topográfica, caracterizados pelas curvas de nível, são extraídas as informações morfométricas, tais como: declividade, orientação de vertentes, hipsometria, dissecação vertical, dissecação horizontal, perfil topográfico, entre outras.

De acordo com Brito (2001), a declividade representa espacialmente as variações topográficas da superfície do terreno. A declividade de um terreno é a inclinação do relevo em relação à linha do horizonte, afirmou Duarte[4], citado por Brito (2001, p.8). Em se tratando de declividade, é aconselhável utilizar no máximo seis classes para não produzir excesso de informações, declarou De Biasi [5], citado por Brito (2001, p.8).

As declividades determinam os diversos usos que uma determinada área pode ter, conforme esclarecem Rosa *et al* (2004). Terrenos com declividade inferior a 3% não oferecem dificuldades aos implementos e equipamentos agrícolas, enquanto que aqueles com declividade entre 3 e 8% permitem o uso de implementos e equipamentos agrícolas desde que associados a práticas agrícolas para conservação dos solos.

Áreas com declividade inferior a 2% sugerem um relevo plano onde o escoamento superficial é muito lento.

Relevos com declividade entre 2 e 5% são planos a suave ondulado e possuem um

---

[4] DUARTE, P. A. **Cartografia básica**. 2. ed. Florianópolis: UFSC, 1998. 182p.
[5] DE BIASI, M. **Tipologia dos sítios urbanos do Vale do Paraíba (SP)**.1972. Tese (Doutorado em Geografia). USP/FFLCH, São Paulo. 1972

escoamento superficial relativamente lento.

Regiões com declividade variando de 5 a 8% apresentam um relevo suave ondulado, cujos divisores de água são extensos e aplainados, as vertentes ravinadas são pouco expressivas e os vales são abertos.

Declividades variando de 8 a 12% sugerem um relevo medianamente ondulado, com características semelhantes às declividades de 5 a 8%, porém com um escoamento superficial superior.

Áreas com declividade entre 12 e 20% possuem um relevo ondulado e dissecado, com vales abertos a fechados e escoamento superficial rápido.

Relevos com declividade superior a 20% são fortemente ondulados, topografia movimentada, com morros de forte declive.

Rosa *et al* (2004) sustentam que a declividade de um terreno é que determina as velocidades de escoamento superficial e subsuperficial de uma bacia hidrográfica, influenciando o tempo de concentração.

O mapa hipsométrico tem como objetivo mostrar os desníveis locais, dando uma visão da distribuição altimétrica do relevo.

Os estudos hipsométricos possibilitam conhecer o relevo através do escoamento superficial da água. Por meio da hipsometria é possível detectar o índice de dissecação do relevo (ROSA *et al*, 2004).

Nesta pesquisa, a carta temática das formas de relevo foi elaborada levando-se em conta os procedimentos técnicos definidos por Ross[6], citados por Brito (2001, p.20), onde são especificados dois intervalos distintos de escalas.

Para as escalas médias e pequenas (1:50.000, 1:100.000, 1:250.000), as bases de informação se fazem a partir das formas expressas através dos índices de dissecação. Já para

---

[6] ROSS, J. L. S. **O registro cartográfico dos fatos geomórficos e a questão da taxonomia do relevo**. Revista do Departamento de Geografia, São Paulo, n.6, p. 17-30, 1992.

as escalas grandes (1:25.000, 1:10.000, 1:2000) as bases de informação se fazem a partir das formas de vertentes e das classes de declividades.

Neste trabalho, a representação cartográfica do relevo foi elaborada usando o 4º taxon, conforme proposta taxonômica de Ross, citado por Brito (2001, p.59), e mostrada na figura 2.

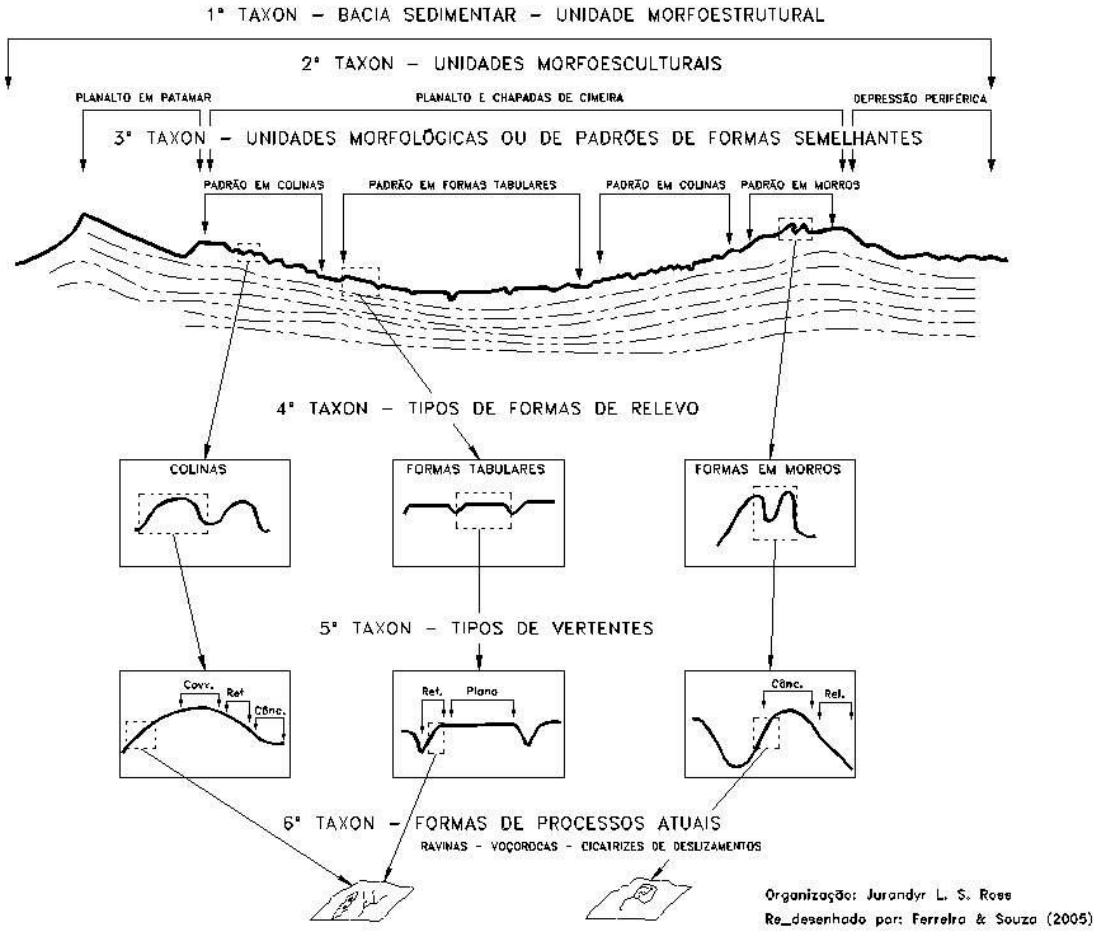


Figura 2 - Unidades de classificação de relevo
FONTE: Ross (1992, p.22), citado por Brito (2001, p.59)
Desenho: Ferreira (2005). Sem escala.

De acordo com Ross[6] (1992), citado por Ferreira (2005, p.27) a classificação do relevo em diferentes níveis taxonômicos até o 4º taxon pode ser descrita:

> 1º taxon – Unidades Morfoestruturais – É o maior taxon correspondente às macroestruturas geológicas que definem e sustentam um determinado padrão de formas grandes do relevo;
>
> 2° taxon – Unidades Morfoesculturais – Correspondem aos compartimentos e subcompartimentos do relevo pertencentes a uma determinada morfoestrutura gerados a partir de alterações climáticas. Obrigatoriamente são menores e mais jovens que as unidades morfoestruturais às quais pertencem;
>
> 3º taxon – Unidades Morfológicas ou de padrões de formas semelhantes (modelado) – São conjuntos menores de formas do relevo. Apresentam um padrão de semelhança entre si, em função da rugosidade topográfica, bem como do formato de topos de vertentes e vales de cada padrão. Neste taxon os processos morfoclimáticos atuais são mais facilmente notados, podendo-se identificar os agrupamentos de formas de agradação (relevo de acumulação) e formas de denudação (relevo de dissecação);
>
> 4º taxon – Tipos de forma de relevo ou conjunto de formas semelhantes – Corresponde às tipologias de modelado. Formas aguçadas, convexas, tabulares, aplainadas em relevos de agradação e de denudação, planícies fluviais e flúvio-lacustres. (ROSS, 1922, p. 19-22)

Os Padrões das Unidades Morfológicas, representados pelo modelado no 3º taxon, identificam os relevos de acumulação e de dissecação. Assim sendo, no quadro 1, encontram-se relacionados apenas os Relevos de Denudação (D), acompanhados respectivamente, pelo tipo de gênese que os gerou e, pelo tipo de modelado dominante, aguçado (a); convexo (c); plano (p) e tabular (t). Em Araxá – MG, os relevos de acumulação são pouco significativos.

QUADRO 1 - Padrão do modelado

Identificação	**Caracterização**
D	Relevos de denudação
Da	Morfologia de topo aguçado
Dc	Morfologia de topo convexo
Dp	Morfologia de topo plano
Dt	Morfologia de topo tabular

Fonte: Ferreira (2005)
Org. ROCHA, M. B. B.

Para melhor identificar as formas de relevo Ross[7] (1992, 1997), citado por Ferreira (2005, p.32), criou-se a Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo, baseada no Projeto Radambrasil e mostrada na tabela 1.

TABELA 1 - Matriz dos Índices de Dissecação do Relevo

Graus de entalhamento dos vales (classes)	**Dimensão interfluvial média (classes)**				
	Muito grande (1) > 3.750m	Grande (2) 1750 a 3.750m	Média (3) 750 a 1750m	Pequena (4) 250 a 750m	Muito pequena (5) < 250m
Muito fraco (1) < 20m	11	12	13	14	15
Fraco (2) 20 a 40m	21	22	23	24	25
Médio (3) 40 a 80m	31	32	33	34	35
Forte (4) 80 a 160m	41	42	43	44	45
Muito forte (5) > 160m	51	52	53	54	55

Fonte: Ross (1992, 1997), citada por Ferreira (2005).

Para compreender a tabela 1, vale dizer que o primeiro dígito (dezena) diz respeito ao entalhamento dos vales, e o segundo dígito (unidade) se refere a dimensão interfluvial média ou densidade de drenagem. Assim, se um relevo tem um índice de dissecação de 34, significa dizer que possui um grau de entalhamento médio e uma pequena densidade de drenagem.

2.5 Pesquisas em microbacias

O conhecimento do uso da terra associado a outros mapas proporciona um planejamento integral de uma bacia hidrográfica. Ao se cruzar informações de mapas de solos, declividade, vegetação, recursos hídricos, uso da terra, entre outros do meio físico, com dados socioeconômicos, haverá um embasamento para a elaboração do planejamento

[7] ROSS, J. L. S. **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT,1997.

econômico. A utilização de um sistema computacional é de fundamental importância para agilizar o cruzamento de informações e a elaboração do mapa do meio físico.

A bacia hidrográfica é uma área constituída por terras drenadas por um canal fluvial principal e seus tributários, inclusive suas nascentes. Para ser mais bem estudada uma bacia hidrográfica deve ser dividida em bacias menores ou em sub-bacias.

A realização de pesquisas em microbacias para as atividades agropastoris tem possibilitado investigar questões relacionadas ao manejo do solo e das culturas, levando-se em conta o produtor rural (INTERAÇÕES, 1998). As microbacias são diagnosticadas e monitoradas segundo critérios naturais, ambientais bióticos e abióticos. As microbacias hidrográficas proporcionam o manejo adequado do solo frente à conservação dos recursos naturais, levando-se em conta os aspectos climatológicos e hidrológicos.

Uma microbacia hidrográfica é constituída por um curso d'água ou um sistema de cursos d'água que convergem para um leito, sendo uma unidade ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais: solo, água, flora e fauna.

A degradação dos recursos naturais, principalmente do solo e água, tem ocasionado prejuízos ambientais e socioeconômicos, tendo reflexos na economia global.

Os programas das microbacias hidrográficas são eficazes na implementação de tecnologias de manejo dos recursos naturais quando se almeja a produção de alimentos e o desenvolvimento sustentável.

Para a WCED, uma comissão da ONU, o desenvolvimento sustentável deve atender as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades.

A sustentabilidade está intrinsecamente ligada a mudanças de paradigmas no modo de pensar e agir de toda a humanidade. Para que a sustentabilidade seja alcançada, devem ser analisados os vieses da ecologia, economia e social.

A sustentabilidade ecológica se refere à sustentabilidade ambiental e dos recursos naturais; a sustentabilidade econômica se refere à rentabilidade; e a sustentabilidade social tem a ver com a equidade entre os membros da sociedade (INDICADORES, 2003).

A análise de qualquer sistema ecológico ou econômico de um agroecossistema pode ser avaliada através dos fluxos de energia dos ecossistemas, baseado na análise de Emergia Solar, que é a medida em joules de energia solar. Agroecossistema é a unidade para análise da sustentabilidade. O principal objetivo de um agroecossistema é produzir bens e serviços para satisfazer as necessidades do homem.

Os indicadores de sustentabilidade devem sinalizar a existência de degradação do sistema com possíveis perturbações potenciais.

A Embrapa Meio Ambiente formalizou, em 1994, uma proposta de desenvolvimento de metodologias para definição, monitoramento e avaliação de indicadores de sustentabilidade, implementada na Microbacia do Córrego Taquara Branca, Sumaré – SP, que possibilitou o desenvolvimento de um modelo conceitual global, com um enfoque sistêmico.

Além de mensurar, os indicadores são úteis para comparar e avaliar o grau de sustentabilidade entre sistemas de produção, microbacias e regiões, ao longo do tempo.

A produção agrícola sustentável está relacionada com os aspectos socioeconômicos, agroecológicos e culturais. As estratégias de desenvolvimento sustentável são baseadas nos fatores socioeconômicos de produção e nas condições físicas e químicas do solo. Destacam-se nos fatores econômicos, a infra-estrutura existente, as técnicas agrícolas utilizadas e as condições de acesso ao mercado. Nos fatores sociais, têm destaque a dinâmica das populações, o manejo das terras e do ecossistema.

A pesquisa agropecuária tem buscado modelos alternativos e sustentáveis para a agricultura, dentre eles o plantio direto, principalmente no Bioma Cerrado.

Grande parte dos solos que compõem o Cerrado são os Latossolos. Estes, após alguns

anos de cultivo contínuo, perdem a fertilidade. Os solos perdem matéria orgânica, além da deterioração da estrutura que conduz ao adensamento, favorecendo aos processos de erosão.

O plantio direto é uma técnica que vem sendo adotada no Cerrado como uma forma de preservar os recursos naturais. Os solos, ao serem protegidos pelos resíduos das culturas anteriores, têm uma melhoria nas condições estruturais, na dinâmica da matéria orgânica e na atividade biológica, como conseqüência, tem-se uma melhoria no uso da água e dos nutrientes para as plantas, reduz-se o uso de pesticidas e fertilizantes, o que aumenta o rendimento econômico, além de controlar a erosão e proteger o ambiente.

O plantio direto é uma boa alternativa para controlar a erosão, desde que associado à prática de rotação de culturas, ao uso de plantas de cobertura e de adubo verde, e ao controle fitossanitário (INTERAÇÕES, 1998). Deste modo, o plantio direto minimiza os efeitos da erosão dos solos e aumenta a produção agrícola.

Para que as atividades agrícolas não causem impactos negativos, é necessário fazer um planejamento do uso da terra em função do tipo de solo, clima e topografia. Neste sentido, é aconselhável utilizar uma ferramenta para coletar e analisar informações temáticas; para simular diversas situações; para construir cenários e prever impactos das atividades agrícolas. Esta ferramenta é o geoprocessamento.

2.6 Geoprocessamento

Geoprocessamento é o conjunto de tecnologias destinadas à coleta e tratamento de informações espaciais, assim como o desenvolvimento de novos sistemas e aplicações, com diferentes níveis de sofisticação (ROSA, 1995).

Rocha preconiza que o geoprocessamento é uma tecnologia transdisciplinar. O geoprocessamento:

> é uma tecnologia transdisciplinar, que, através da axiomática da localização e do processamento de dados geográficos, integra várias disciplinas, equipamentos, programas, processos, entidades, dados, metodologias e pessoas para coleta, tratamento, análise e apresentação de informações associadas a mapas digitais georreferenciados. (ROCHA, 2002, p. 210)

Os sistemas computacionais que geram o geoprocessamento são denominados SIGs.

Os SIGs são Sistemas de Informações Georreferenciados ou Sistemas de Informações Geográficas também conhecidos como GIS, na literatura internacional.

Para Silva a utilização da informática é crucial nos SIGs.

> Os SIGs necessitam usar o meio digital, portanto o uso intensivo da informática é imprescindível; deve existir uma base de dados integrada, os quais precisam estar georreferenciados e com controle de erro; devem conter funções de análises destes dados que variem da álgebra cumulativa (operações tipo soma, subtração, multiplicação, divisão, etc.) até a álgebra não cumulativa (operações lógicas). (SILVA, 1999, p. 45)

O SIG é uma tecnologia de integração por reunir, em uma única base de dados, informações representando vários aspectos do estudo de uma região; permite a entrada de mapas digitais, imagens de satélite, fotografias aéreas e bancos de dados; combina dados de diferentes fontes, gerando novos tipos de informações, mapas, relatórios e documentos gráficos de diversos tipos de acordo com os objetivos do usuário.

De acordo com Assad e Sano os SIGs podem ser aplicados em diversas situações.

> [...] Devido à sua ampla gama de aplicações, onde estão incluídos temas como agricultura, floresta, cartografia, cadastro urbano e redes de concessionária (água, energia e telefonia), há pelo menos três grandes maneiras de utilizar um SIG:
>
> - Como ferramenta para produção de mapas;
> - Como suporte para análise espacial de fenômenos; ou
> - Como um banco de dados geográficos, com funções de armazenamentos e recuperação da informação espacial. (ASSAD e SANO, 1998, p. 6)

Os bancos de dados geográficos armazenam dados relacionados com a localização das entidades e dos dados alfanuméricos.

“Os SIGs têm como suporte: a Ciência da Computação, o Gerenciamento das Informações, a Cartografia, a Geodésia, o Sensoriamento Remoto, o Processamento Digital de Imagens e a Geografia” (SILVA, 1999, p.36).

A Ciência da computação fornece os meios para coletar, armazenar, manipular, transformar e exibir os dados.

O Gerenciamento das Informações manipula os bancos de dados.

A Cartografia tem em vista a elaboração de cartas / mapas e plantas.

A Geodésia, ao estudar as dimensões e a forma da Terra, determina a exata localização dos pontos sobre a sua superfície.

O Sensoriamento Remoto é a tecnologia que permite obter dados da superfície terrestre através da energia refletida ou emitida pela Terra.

O Processamento Digital de Imagens (PDI) visa corrigir distorções nas imagens originais para melhorar a identificação de objetos existentes na superfície terrestre.

A Geografia é a ciência que, além de estudar os aspectos físicos da Terra, estuda também as populações, levando-se em conta sua produção econômica, migração e o meio ambiente. A forma de tratar as feições geográficas se faz pela representação em mapas.

Os mapas podem ser representados em estrutura ou formato vetorial e em estrutura ou formato raster.

Ao fazer uma análise da estrutura raster, Rocha esclarece que neste formato

> [...] tem-se uma matriz de células, às quais estão associados valores que permitem reconhecer os objetos sob a forma de imagem digital. Cada uma das células, denominada pixel, é endereçável por meio de suas coordenadas (linha, coluna). É possível associar o par de coordenadas da matriz (coluna, linha) a um par de coordenadas espaciais (x, y) ou (longitude, latitude). Cada um dos pixels está associado a valores. Estes valores serão sempre números inteiros e limitados, geralmente entre 0 e 255. Os valores são utilizados para definir uma cor para apresentação na tela ou para impressão [...]. (ROCHA, 2002, p. 55)

Na estrutura vetorial, os dados geográficos são representados por pontos, linhas ou áreas através de pares de coordenadas (x, y) ou (longitude, latitude). Os pontos são

representados por apenas um par. Linhas e áreas são representadas por seqüências de pares de coordenadas.

Enquanto as estruturas raster são convenientemente utilizadas quando várias operações matemáticas em vários planos são requeridas, as estruturas vetoriais são ótimas para o gerenciamento dos bancos de dados.

A razão de ser de um SIG é de servir de instrumento para análise geográfica. São operações de análise: reclassificação, superposição, ponderação, medidas (área, distância e perímetro), tabulação cruzada, operadores de distância, análise de redes, análises estatísticas e consulta à base de dados.

Na estrutura geral de um SIG, podem ser identificados os seguintes componentes, como demonstram Assad e Sano:

- Interface com o usuário;
- Entrada e integração de dados;
- Consulta, análise espacial e processamento de imagens;
- Armazenamento e recuperação de dados (organizados sob a forma de um banco de dados geográficos). (ASSAD e SANO, 1998, p. 8)

A figura 3 mostra de forma esquemática a estrutura de um SIG.

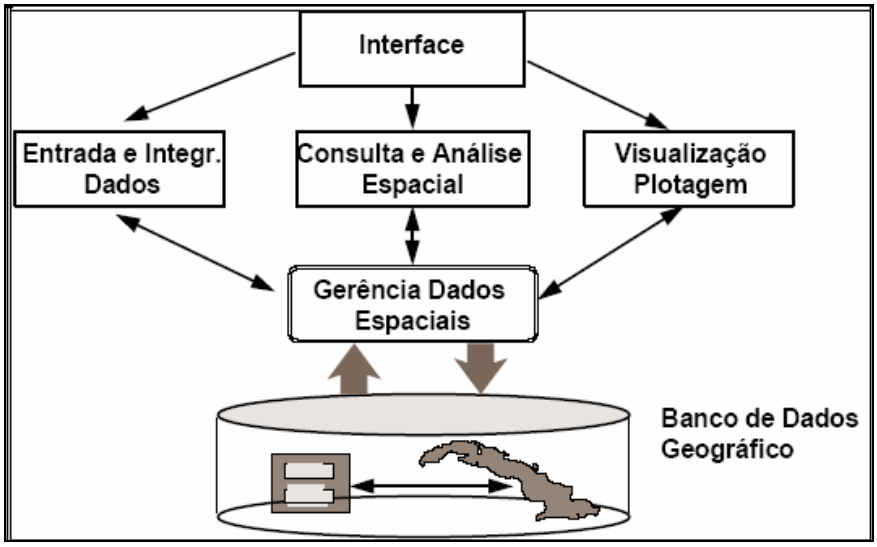


Figura 3 – Estrutura de um SIG
Fonte: http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap1-intro.pdf

2.7 Sensoriamento Remoto

Como citado anteriormente, um dos suportes a um SIG é o sensoriamento remoto. Para Florenzano (2002), o termo sensoriamento refere-se à obtenção dos dados e, remoto, significa distante, podendo o sensoriamento remoto ser entendido como uma obtenção de dados da superfície terrestre, sem estar próximo a ela.

Novo (1998) sustenta que sensoriamento remoto é a utilização de sensores, de equipamentos de processamento e transmissão de dados, entre outros, para estudar o ambiente terrestre, através do registro e análise das interações entre a radiação eletromagnética e a matéria contida na Terra. Em uma segunda definição, Novo (1998, p. 205) admite que "sensoriamento remoto é a ciência que transforma os dados de radiância de uma cena em informações sobre os objetos que a compõem".

Para Eastman (1998, p. 19), "o termo sensoriamento remoto vem sendo associado mais especificamente com a indicação de interações entre os materiais da superfície terrestre e a energia eletromagnética".

Para a efetivação da coleta de dados no sensoriamento remoto, é necessário existir uma fonte de radiação para propagar a energia pela atmosfera. A principal fonte de energia eletromagnética para o sensoriamento remoto é o Sol. Ao incidir sobre a superfície terrestre, a energia solar vai interagir com objetos e, em seguida, se propagará novamente pela atmosfera para ser captada pelos sensores.

A energia que chega ao sensor se transformará em um sinal que poderá ser interpretado e, assim, compor o sistema de análise de dados do sensoriamento remoto. O sensor orbital coleta dados em porções específicas do espectro eletromagnético, denominadas bandas. Cada banda cobre uma certa amplitude de comprimentos de onda.

Os sistemas sensores podem operar na região óptica do espectro ou na região de microondas. Os sensores da região óptica podem ser classificados em sensores termais ou emissivos, e sensores de energia solar refletida.

A porção refletida ocupa dentro do espectro a faixa de 0.38µm a 3µm, correspondente à faixa em que os sensores detectam a reflexão da energia solar dos objetos da superfície. A faixa de 0,38µm a 0,72µm corresponde à faixa do visível; de 0,72µm a 1,3µm corresponde à faixa do infravermelho próximo; de 1,3µm a 3,0µm corresponde à faixa do infravermelho médio.

Os sensores termais operam na faixa do infravermelho distante, que corresponde aos comprimentos de onda de 7,0µm a 14,0µm do espectro.

Os sensores da região de microondas operam na faixa do espectro, que vai de 1mm até 1 metro.

Novo (1998) esclarece que a altitude do sensor define o nível de aquisição de dados (de laboratório, de aeronave e orbital). Os diferentes níveis de aquisição de dados determinam diferentes formas de análise dos dados e, em conseqüência, no nível de informação derivada.

As informações podem ser obtidas no sensoriamento remoto através da resolução geométrica/espacial; da resolução espectral; da resolução radiométrica; da resolução temporal; e da identificação de aspectos da cena.

A resolução geométrica/espacial é a menor distância entre dois pontos que o sensor pode detectar. É a área que cada detector projeta no terreno. Quanto menor o detector, melhor a resolução espacial.

A resolução espectral está relacionada ao número de bandas e à menor largura da banda. Quanto maior o número de bandas e mais estreita a largura das bandas, melhor será a resolução espectral. O Landsat 5, por exemplo, tem dois sensores, o TM e o MSS. O TM tem 7 bandas e o MSS 4 bandas. Além disso, as bandas do TM são mais estreitas que as bandas do

MSS. O sensor TM tem, então, uma melhor resolução espectral que o MSS.

A resolução radiométrica é a capacidade do sistema sensor em detectar e registrar diferenças de reflectância e/ou emitância dos elementos da paisagem, o que pode ser medido pelos níveis de cinza. Tanto o Landsat 5 como o CBERS 2 têm 2^8 ou 256 níveis de cinza, enquanto que o satélite Ikonos tem 2^{10} ou 1024 níveis de cinza. O Ikonos, portanto, possui uma melhor resolução radiométrica que o Landsat.

A resolução temporal é o período de tempo que o sistema sensor leva para passar no mesmo local. O satélite Landsat 5, por exemplo, passa no mesmo ponto de 16 em 16 dias, ao passo que o CBERS 2 passa por um mesmo local de 26 em 26 dias.

Para identificar os aspectos da cena, é necessário criar um conjunto de amostras das respostas espectrais dos alvos, para fazer generalizações sobre as características físico-químicas, biológicas, dentre outras.

No Brasil, os sistemas orbitais mais utilizados são os satélites Landsat, SPOT e CBERS. Para a pesquisa em questão, foram usadas imagens do satélite Landsat 5, com resolução espacial de 30 metros, do ano de 1985, e do satélite CBERS-2, com resolução espacial de 20m, do ano de 2005.

Optou-se pelo Landsat por ser um satélite de recurso terrestre, muito conhecido, acessível e bastante utilizado em nosso país. O sistema Landsat opera desde 1972, porém o Brasil recebe seus dados desde 1973 através de uma antena parabólica do INPE, localizada em Cuiabá – MT, local onde se encontra o centro geodésico da América do Sul.

TM e MSS são sensores que se encontram a bordo do satélite Landsat 5. Nesta pesquisa, foram utilizadas imagens do sensor TM. Este sensor possui sete bandas do espectro eletromagnético, das quais três estão na região do visível e as restantes, na região do infravermelho. As bandas TM 1, TM 2 e TM 3 estão na região do visível, correspondendo às faixas do azul (blue), verde (green) e vermelho (red), respectivamente. A banda TM 4 coleta

dados no infravermelho próximo, a banda TM 5, no infravermelho médio, a banda TM 6, no infravermelho distante. Finalmente, a banda TM 7 coleta dados no infravermelho termal, porém ela foi adicionada depois de terem sido desenvolvidas as seis primeiras bandas.

Os sensores dos satélites Landsat e CBERS são óticos e dependem da luz do sol, obtendo, portanto, imagens somente durante o dia.

O satélite Landsat 5 foi lançado em 1984. Por esse motivo, na pesquisa, foi utilizada imagem TM/Landsat 5 de abril de 1985. Um fator preponderante na escolha de uma imagem do verão é em função das condições de iluminação solar na superfície terrestre. No inverno as sombras são maiores que no verão, pois o ângulo de elevação solar é de 30º, enquanto que no verão esse ângulo é de 57º. É difícil delimitar as classes de uso da terra em regiões sombreadas. Outro fator de grande influência na escolha das imagens desta época é que no verão as culturas estão em pleno desenvolvimento, o que facilita discriminar os alvos terrestres: quanto maior a atividade fotossintética, maior será a reflexão da energia solar na região do infravermelho próximo.

De acordo com Epiphanio (2005), o primeiro satélite CBERS foi lançado em outubro de 1999 e operou até julho de 2003. O segundo CBERS foi lançado em 21 de outubro de 2003 e, provavelmente, será lançado o CBERS-2B em 2006, para não correr o risco de se faltarem dados de sensoriamento remoto, já que o CBERS-3 só será lançado em 2008.

As imagens do CBERS 2 são obtidas às 10h30 da manhã. Há quatro estações terrenas de recepção do CBERS: Beijing, Wulumuqui e Nanning na China e Cuiabá no Brasil.

Ao fazer uma análise do CBERS, Dias *et al* (2003) esclarecem que o CBERS possui múltiplos sensores com resoluções espaciais e freqüência de observação variadas, como o imageador de visada larga (WFI), a câmera CCD de alta resolução espacial e o varredor multiespectral infravermelho (IR-MSS).

A resolução espacial do sensor WFI, do sensor CCD e do IR-MSS são,

respectivamente, 260m, 20m e 180m. Na pesquisa, serão utilizadas as imagens CBERS, oriundas do sensor CCD. Com cinco bandas espectrais, o sensor CCD opera nas faixas do azul, verde, vermelho, infravermelho próximo e pancromático, conforme está demonstrado na tabela 2.

TABELA 2: Canais do sensor CCD/CBERS

Banda	**Resolução Espectral (µm)**	**Localização da Faixa**
1	0,45-0,52	Azul
2	0,52-0,59	Verde
3	0,63-0,69	Vermelho
4	0,77-0,89	Infravermelho próximo
5	0,51-0,73	Pancromático

Fonte: Adaptada de Epiphanio (2005).

Para melhor interpretar uma imagem, faz-se uma associação de imagens de três bandas.

Levando-se em conta o satélite Landsat, dentro do espectro eletromagnético, os melhores comprimentos de onda para o sensoriamento remoto da pesquisa em questão são o vermelho, o infravermelho próximo e o infravermelho médio correspondentes às bandas 3, 4 e 7, respectivamente. Foi o que Rosa (1995, p. 190) concluiu, “o conjunto de três bandas espectrais com menores correlações entre si, ou seja, com maior grau de informações úteis na

geração de composições coloridas, para posterior interpretação visual, tendo como objetivos, o levantamento físico são TM 3, TM 4 e TM 7”.

Rosa (2003) afirma que, na região do Cerrado, a melhor combinação de bandas para estudar o uso e ocupação da terra é 2b3g4r ou 3g4r7b. Como dito anteriormente, o satélite CBERS possui as bandas 1, 2, 3, 4 e 5 e, estando o município de Araxá inserido no Bioma Cerrado, conclui-se que a melhor combinação de bandas para esta pesquisa é 2b3g4r, quando se usa o CBERS. O satélite Landsat 5 possui as bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7, podendo, portanto, fazer duas composições coloridas: a 2b3g4r ou a 3g4r7b. Como um dos objetivos da pesquisa foi compreender as transformações ocorridas no uso da terra do município em dois períodos distintos (1985 e 2005), a combinação de bandas 2b3g4r para o satélite Landsat 5 proporciou uma melhor comparação com a composição colorida do CBERS.

A tabela 3 mostra as principais aplicações dos canais do sensor TM/Landsat.

TABELA 3: Principais aplicações dos canais do sensor TM/Landsat.

Banda	**Faixa Espectral (µm)**	**Localização da Faixa**	**Principais Aplicações**
1	0,45-0,52	Azul	- Mapeamento de águas costeiras - Diferenciação entre solo e vegetação - Diferenciação entre vegetação coníferas e decídua
2	0,52-0,60	Verde	- Reflectância de vegetação verde sadia
3	0,63-0,69	Vermelho	- Absorção da clorofila - Diferenciação de espécies vegetais
4	0,76-0,90	Infravermelho próximo	- Levantamento de biomassa - Delineamento de corpos d’água
5	1,55-1,75	Infravermelho médio	- Medidas de umidade da vegetação - Diferenciação entre nuvem e neve
6	10,4-12,5	Infravermelho termal	- Mapeamento de estresse térmico em plantas - Outros mapeamentos térmicos
7	2,08-2,35	Infravermelho médio	- Mapeamento hidrotermal

Fonte: Adaptada de Novo (1998).

Analisando a tabela 3, nota-se que a banda 3 tem suas principais aplicações em absorção em clorofila e diferenciação de espécies vegetais; a banda 4, em levantamento de biomassa da vegetação e delineamento do corpos d'água; e a banda 7 em mapeamento hidrotermal.

O comportamento espectral dos alvos sofre todos os tipos de interferência tanto dos objetos adjacentes, quanto intrínsecos a si mesmo, exatamente por estarem num contexto ambiental. Também tanto as modificações externas ao alvo, tais com iluminação, antropismo, quanto modificações da natureza de cada objeto podem modificar a resposta espectral dos alvos.

Observando uma imagem de satélite da superfície terrestre, distinguem-se objetos que variam da cor branca até a cor preta, passando pelos diversos tons de cinza. A vegetação, a água e o solo refletem, absorvem e transmitem energia eletromagnética. Se o objeto está branco, significa que ele reflete muita energia. Se preto, significa que absorve muita energia e reflete pouca energia.

De acordo com Moreira (2003), os parâmetros que influenciam na reflectância dos solos são os óxidos de ferro, a umidade, a matéria orgânica, a granulometria, a mineralogia da argila, a capacidade de troca catiônica[8], as condições de drenagem interna do solo, a temperatura e a localização.

Os óxidos de ferro influenciam na cor dos solos, dando-lhes a cor correspondente do óxido. Na região do infravermelho próximo, perto de 0,9µm, os óxidos de ferro absorvem muita energia.

Quanto maior o teor de matéria orgânica, menor é a reflectância do solo nos comprimentos de onda de 0,4µm a 2,5µm.

[8] Capacidade de troca catiônica ou capacidade de reter cátions é a capacidade do solo em reter nutrientes para disponibilizar às plantas.

A formação de crosta superficial faz com que solos úmidos apresentem um comportamento espectral de solo seco. Solos com presença de crosta têm maior reflectância na região espectral de 0,43µm a 2,5µm.

Quando o solo é molhado, sua coloração é mais escura. Solos úmidos têm reflectância menor que os solos secos, na faixa de comprimento de onda de 0,4µm a 2,6µm.

Moreira (2003) assegura que, na região do visível, a maior parte da radiação que incide sobre as plantas é absorvida pelos pigmentos fotossintetizantes. A fotossíntese ocorre com a luz azul (0,38µm – 0,53µm) e com a luz vermelha (0,6µm – 0,72µm), captados pelos pigmentos do cloroplasto. No infravermelho próximo, a absorção é muito baixa (menos de 15%) e a reflectância pode chegar até 50%. No infravermelho médio, a reflectância diminui em função da presença de água nas folhas. Folhas com estresse hídrico têm maior reflectância no vermelho e no infravermelho próximo.

A água na forma líquida, informa Moreira (2003), é uma forte absorvedora da radiação em quase todas as faixas do espectro eletromagnético. Porém, a água na forma gasosa tem elevada reflectância, em torno de 70%, no espectro ótico (0,4µm a 2,5µm), enquanto que a reflectância da água em forma de neve é maior que no estado gasoso, até 1,2µm. De 1,5µm a 2,5µm, há uma absorção acentuada de energia, sendo mais acentuada em 1,5µm e 2,0µm. Em 2,0µm, a absorção é máxima e a reflectância é quase zero.

A extração de informações dos sistemas de análise de imagens digitais pode ser realizada através da análise digital de imagens e da análise visual de imagens.

Na análise digital, cada pixel da imagem tem um valor do nível de cinza. As imagens, ao serem processadas, passam por três etapas. No pré-processamento, são realizadas a correção radiométrica, a correção geométrica e a correção atmosférica. No realce, a qualidade visual da imagem é melhorada. Na classificação, os objetos da cena são reconhecidos, automaticamente, a partir da quantidade dos níveis de cinza.

A classificação pode ser supervisionada e não supervisionada.

Na classificação supervisionada, o analista está sempre interagindo com o sistema. Ao dispor de informações sobre a cena, criam-se amostras de treinamento para treinar o sistema e o mapeamento é feito automaticamente.

Na classificação não supervisionada, o analista tem pouco controle da separação de classes e ele não precisa se preocupar com a homogeneidade das amostras.

As imagens de satélite, associadas às cartas topográficas e aos levantamentos de campo, formam a base de dados espaciais a serem introduzidos nos softwares de geoprocessamento. Além dos dados espaciais, também serão inseridos nos softwares, os atributos, que são os dados alfanuméricos dos dados espaciais. Um software de geoprocessamento, instalado em um hardware e operado por uma equipe devidamente treinada, vai fornecer informações precisas do espaço territorial, fornecendo mapas, relatórios, arquivos digitais e gráficos.

O Geoprocessamento tende a assumir um papel principal no planejamento urbano, como explica Quandt:

> [...] com o advento dos microcomputadores cada vez mais poderosos e softwares de GIS cada vez mais acessíveis, o geoprocessamento tende a assumir um papel natural de peça-chave no processo de planejamento urbano, desde que se mantenha uma perspectiva baseada na simplicidade, eficácia e objetividade na sua implantação. (QUANDT, 1996, p. 182)

3 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Araxá está localizado na Macrorregião do Alto Paranaíba, no Estado de Minas Gerais, entre as coordenadas geográficas de 19°25’53” - 19°50’09” de latitude Sul e 46°44’27” - 47°13’38” de longitude Oeste de Greenwich, apresentando divisas com os municípios de Perdizes, Ibiá, Sacramento e Tapira. A figura 4 apresenta o Estado de Minas Gerais com a localização do município.

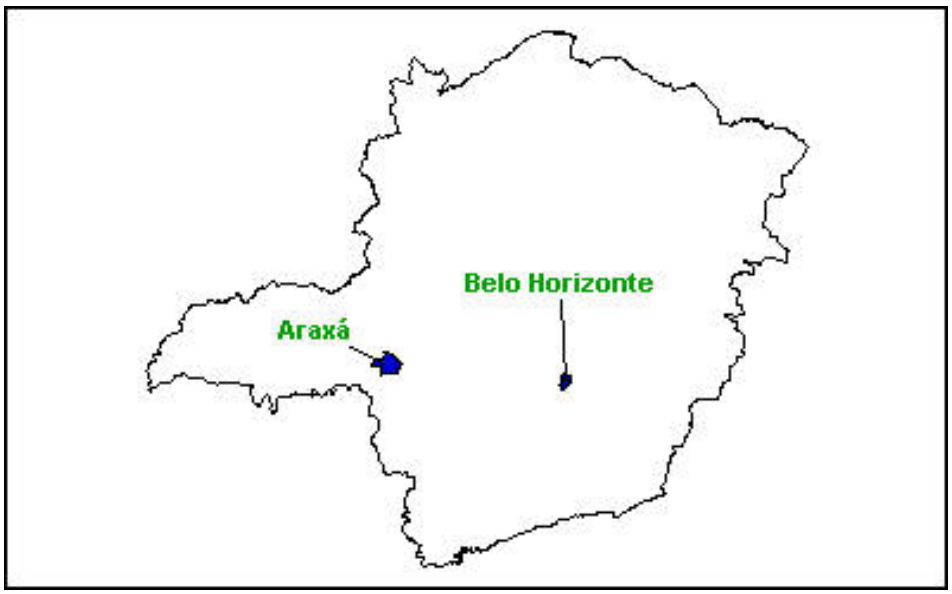


Figura 4 - Localização do município de Araxá no Estado de Minas Gerais.
Fonte: http://www.almg.gov.br

A figura 5 apresenta o município com as respectivas divisas municipais.

Figura 5 - Município de Araxá – MG e suas divisas municipais.
Fonte: Seer (2002)

Com uma área de 1.166,96km^2 (PMA) e distante da capital mineira 367km, o município contava com uma população de 78.997 habitantes no ano de 2000 e 53.404 habitantes em 1980, conforme censo do IBGE.

O município de Araxá é cortado por duas rodovias federais, a BR 262, que liga Vitória a Corumbá, e a BR 146, que liga Tapira a Patos de Minas, ainda em construção; e por duas rodovias estaduais: a MG 428, que liga Araxá a Franca no sentido sul, fazendo conexão com São Paulo, e a MG 452, que liga Araxá a Uberlândia, estendendo-se até Brasília.

A figura 6 apresenta o mapa rodoviário do município de Araxá.

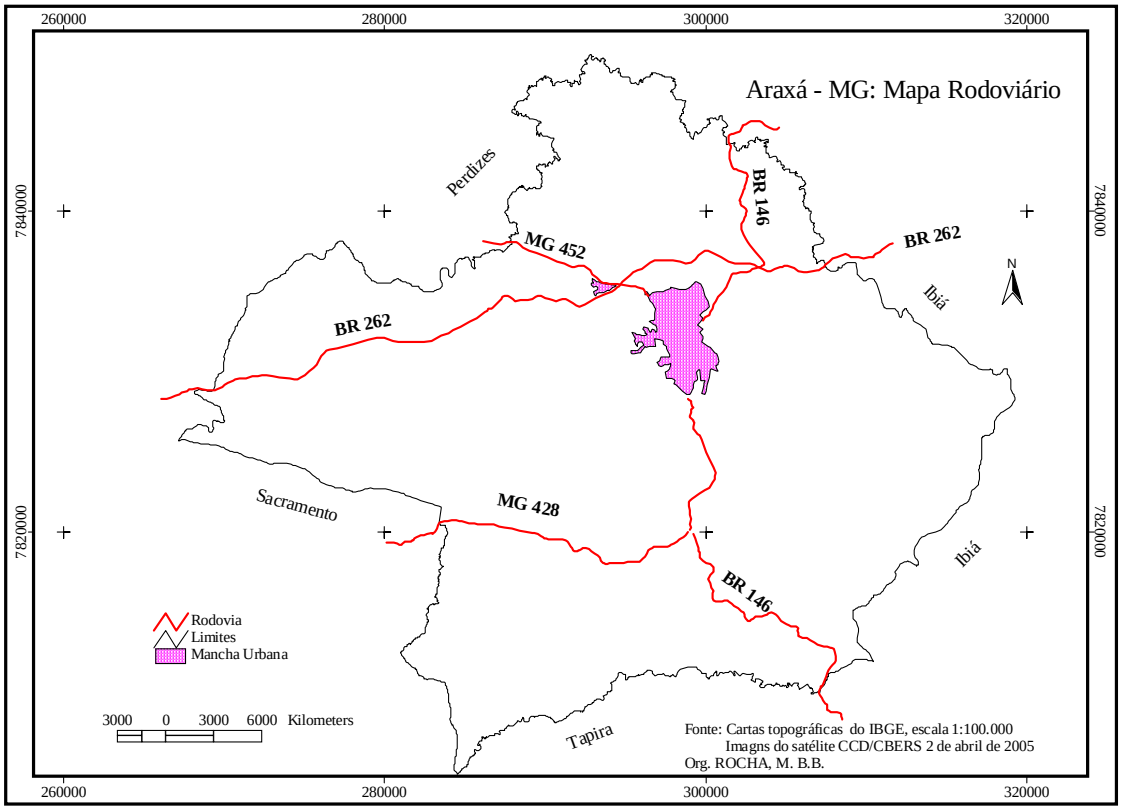


Figura 6 – Mapa Rodoviário do município de Araxá – MG.

Araxá é um dos 20 municípios que formam a Bacia do Rio Araguari, na porção oeste do Estado de Minas Gerais. A bacia situada entre as coordenadas geográficas de 18º20’ e 20º10’ de latitude Sul e 46º00’ e 48º50’ de longitude Oeste de Greenwich, ocupa uma área de 21.856km^2. Apenas 7 municípios encontram-se totalmente inseridos na bacia: Araxá, Ibiá, Indianópolis, Pedrinópolis, Perdizes, Santa Juliana e Tapira. Os outros 13 municípios possuem parte de suas terras na bacia, a saber: Araguari, Campos Altos, Irai de Minas, Nova Ponte, Patrocínio, Pratinha, Rio Paranaíba, Sacramento, São Roque de Minas, Serra do Salitre, Tupaciguara, Uberaba e Uberlândia. O mapa da Bacia do Rio Araguari pode ser visualizado na figura 7.

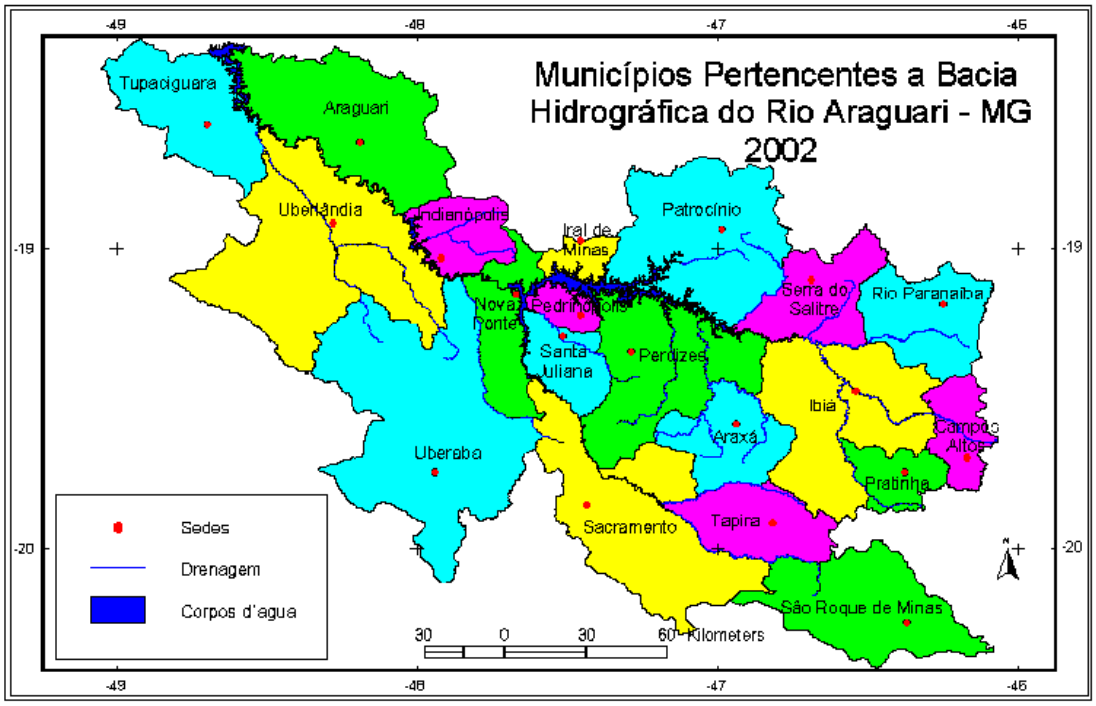


Figura 7 – Municípios pertencentes à Bacia do Rio Araguari
Fonte: Rosa *et al* (2004)

O Rio Araguari nasce no município de São Roque de Minas, no Parque Nacional da Serra da Canastra, percorre 475km até desembocar no Rio Paranaíba. Este, ao se encontrar com o Rio Grande, na confluência dos estados de Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul, forma com ele o Rio Paraná.

O Rio Paranaíba é dividido em três trechos: Alto Paranaíba, Médio Paranaíba e Baixo Paranaíba. A Macrorregião do Alto Paranaíba, por sua vez, é dividida em três microrregiões: Patos de Minas, Araxá e Patrocínio. A Microrregião de Araxá é composta pelos municípios de Araxá, Campos Altos, Ibiá, Nova Ponte, Pedrinópolis, Perdizes, Pratinha, Sacramento, Santa Juliana e Tapira. O mapa da Microrregião de Araxá pode ser visto na figura 8.

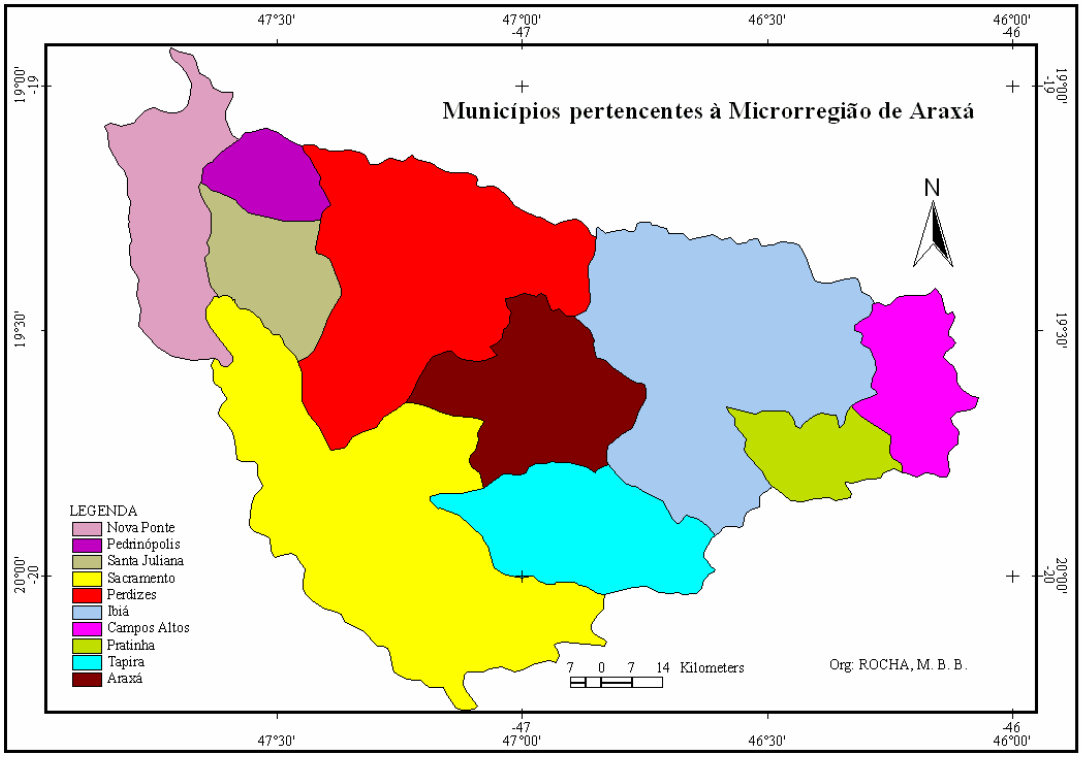


Figura 8 – Municípios pertencentes à Microrregião de Araxá - MG

De acordo com Seer (2002), na parte sul do município, há uma formação de serras quartzíticas, denominada Serra da Bocaina com uma altitude média de 1200m. Esta serra é um divisor de águas que separa as nascentes do Rio Quebra-Anzol ao norte, das nascentes do Rio Araguari mais ao sul (Serra da Canastra).

Por não saber as idades relativas das rochas quartzíticas que formam tais serras, diz-se que elas são sinformais. Seer (1999) afirma que estas serras estão localizadas em um flanco de uma dobra sinformal regional. A região de Araxá está estruturada em uma dobra sinformal, regional denominada Sinforma de Araxá, e faz parte das unidades geológicas denominadas Grupos Araxá, Ibiá e Canastra. A litologia de um modo geral no município é constituída por calcifilitos, quartzo filitos, quartzo-mica xistos, filitos e filitos carbonosos, quartzo-carbonato xistos, quartzitos, xisto máficos, anfibolitos, granitos e pegmatitos, além de carbonatitos de modo localizado.

Ocorre no município um corpo intrusivo de rochas carbonáticas, conhecido como Complexo Carbonatítico do Barreiro. De forma quase circular, o complexo possui um diâmetro de aproximadamente 4,5km. Localizado na porção sul do município, nas coordenadas 19º40’S e 46º57’W, Riffel e Issa Filho (2005) afirmam que a intrusão ocorreu há 90 milhões de anos. Na porção central da estrutura, o minério primário (rocha sã), sotoposto ao minério residual, é constituído por carbonatos, pirocloro, flogopita e magnetita. O minério residual (manto de intemperismo) é composto por bariopirocloro, goethita-limonita, magnetita, aluminofosfatos, entre outros. As reservas minerais de 450 milhões de toneladas são exploradas pela CBMM, desde 1955, e podem atender a demanda mundial por 500 anos. As atividades de mineração são feitas a céu aberto e sem explosivos.

Outro mineral explorado no Complexo Carbonatítico do Barreiro é o minério de apatita, que é beneficiado e transformado em fosfato e fertilizante, pela BUNGE Fertilizantes. As atividades de mineração, neste caso, são feitas a céu aberto e com explosivos.

A região do Grande Hotel e seu entorno, inserida no Barreiro, é considerada uma APP por ser uma estância hidromineral, sendo, portanto, tombada como UC pela Constituição Estadual. O Complexo Turístico do Barreiro é constituído pelo Grande Hotel, Termas, Fontes Dona Beja e Andrade Júnior, Praça de Esportes, jardins, bosque, lago, ilhas e área de recarga das fontes. Na Lei de Uso e Ocupação do Solo do município, a região é considerada como Setor Especial de Preservação Ambiental.

A partir das rochas existentes no município de Araxá, Leite (1999) levantou os tipos de solos. Da rocha quartzito, surgiram três tipos de solos: os Litossolos com solos rasos, pedregosos e com afloramentos de rocha; Cambissolos associados ao latossolo; Latossolo Vermelho Amarelo. Da rocha calcifilito, surgiram os Latossolos Vermelho Escuro Distrófico e estão localizados nas regiões de relevo plano. Do granito, surgiram as Areias Quartzozas, ocorrendo em regiões de relevo plano. Da rocha anfibolito, surgiram os Latossolos Vermelho

Escuro, também situados em regiões de relevo plano. A existência da rocha xisto e micaxisto nos relevos planos a suavemente ondulados anunciam a formação dos Latossolos Vermelho Escuro Distrófico. A rocha carbonatito sugere um solo muito rico em apatita. Neste caso, o relevo típico é ondulado e acidentado revelando um solo Podzólico Vermelho Escuro.

Nas margens de córregos e ribeirões, ocorrem os solos hidromórficos, conforme sugere Seer (2003).

Com relação ao clima, o município possui uma estação chuvosa de outubro a março e uma estação seca de abril a setembro, ou seja, verões úmidos e invernos secos.

A partir dos dados fornecidos pela Estação Climatológica de Araxá, foi possível conhecer os parâmetros climatológicos de Araxá entre os anos de 1972 a 1996 (MINAS GERAIS, 1999).

- Temperatura média anual compensada de 20,6ºC; nos meses mais frios uma média compensada de 17,9ºC; e nos meses mais quente uma média compensada de 22ºC.
- Umidade relativa do ar média anual compensada de 77%; o mês mais úmido foi o de dezembro com uma média de 84%; e o mês mais seco foi setembro com 69%.
- Ventos predominantes oriundos do leste, com 30,4% do total das observações diárias. A velocidade média anual foi de 2,0m/s.
- Precipitação: a média anual foi de 1.562mm.

De acordo com Ribeiro e Walter (1998), o Bioma Cerrado possui uma pluviosidade média anual variando de 1300 a 1600mm, uma temperatura média de 20,1ºC, e um clima classificado como Aw de Köppen, podendo ocorrer o clima Cwa, em áreas de clima mais ameno. A característica geral desse tipo de clima é ser tropical chuvoso, com verão quente e inverno seco.

A tabela 4 apresenta dados da precipitação em milímetros de 1975 a 2003 no município de Araxá.

TABELA 4 - Precipitações mensais e anuais - 1975/2003

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1975	223.0	184.2	29.1	74.5	25.7	21.6	27.9	0.0	0.0	121.9	289	258	1254.9
1976	105.6	235.1	127.4	103.2	84.4	2.8	56.2	22.5	180.1	183.1	223.9	340	1664.3
1977	371.0	16.2	129.8	71.0	19.3	65.7	4.0	4.0	34.4	183.3	230.6	214.4	1343.7
1978	361.4	262.6	111.6	106.2	127.8	6.0	35.0	0.0	55.1	241.5	309.3	305.7	1922.2
1979	218.7	235.7	173.1	119.9	57.5	0.0	29.1	26.4	133.5	118.2	240.6	305.7	1658.4
1980	510.3	224.8	56.4	212.5	18.0	41.6	0.0	29.0	78.6	29.6	234.5	289.8	1725.1
1981	345.8	123.6	226.9	25.5	4.2	35.8	0.0	0.9	15.8	218.4	204.8	236.8	1438.5
1982	479.8	56.6	442.8	90.5	43.4	11.7	15.3	24.4	70.5	172.4	153.1	293.4	1853.9
1983	435.2	333.1	218.8	119.1	75.0	14.1	61.3	0.2	110.7	185.1	200.9	277.1	2030.6
1984	212.9	126.7	95.8	142.2	44.7	0.0	4.0	54.9	95.5	145.4	199.1	288.0	1409.2
1985	571.1	152.1	214.0	29.6	6.9	1.4	0.0	0.0	38.1	42.0	113.6	305.2	1474.0
1986	248.2	169.5	218.8	35.2	52.7	0.0	57.2	69.7	69.3	94.3	163.5	463.5	1641.9
1987	232.8	162.6	175.8	120.6	32.0	2.1	7.9	7.4	99.9	123.3	169.3	214.8	1348.5
1988	242.5	331.6	138.1	174.3	30.4	22.4	0.0	65.0	18.8	181.0	156.0	214.1	1574.2
1989	199.8	297.9	178.3	11.6	32.4	5.4	34.5	22.4	108.3	85.4	279.3	298.1	1553.4
1990	140.5	106.7	131.8	45.1	67.4	0.0	20.2	33.3	44.2	180.5	52.9	197.6	1020.2
1991	415.5	265.9	480.8	101.5	19.2	0.0	3.0	0.0	33.4	54.6	179.4	207.6	1760.9
1992	467.3	337.1	142.0	109.6	100.6	0.0	0.0	6.5	150.4	242.6	139.7	233.6	1929.4
1993	130.2	297.1	83.3	93.8	24.3	17.1	0.0	18.0	89.8	60.7	104.2	236.4	1154.9
1994	...	69.6	262.8	27.7	85.9	24.0	6.5	0.0	2.2	108.6	147.5	276.8	1011.6
1995	196.7	426.2	95.1	63.2	92.6	7.4	0.0	0.0	41.0	107.5	144.3	102.3	1276.3
1996	190.2	105.2	157.9	86.4	29.3	8.7	3.0	35.2	75.8	106.3	251.8	422.5	1472.3
1997	557.4	38.6	117.6	81.4	33.8	65.8	0.4	0.0	114.2	117.6	280.8	313.2	1720.8
1998	234.8	372.4	93.0	63.8	101.8	0.6	0.0	57.9	18.4	211.4	141.4	271.1	1566.6
1999	224.1	174.6	247.0	3.5	5.6	13.7	9.8	0.6	78.2	113.2	219.0	240.0	1329.3
2000	342.3	383.7	312.2	102.3	0.3	0.0	4.0	38.8	137.0	43.4	300.6	193.9	1858.5
2001	241.0	61.4	252.5	23.6	52.6	0.0	10.8	24.4	52.8	93.1	182.6	352.2	1347.0
2002	191.2	365.3	157.4	28.2	67.8	0.0	6.1	0.0	60.5	61.4	122.8	336.3	1397.0
2003	543.4	207.8	189.6	58.7	57.1	0.0	1.9	13.1	113.9	69.0	289.1	155.5	1699.1
Média	**308.3**	**211.2**	**181.4**	**80.2**	**48.0**	**12.7**	**13.7**	**19.1**	**73.1**	**127.4**	**197.4**	**270.5**	**1542.9**

Fonte: INMET/5º Distrito de Meteorologia - Estação Araxá
... Dado não disponível

A tabela 4 mostra que o mês em que mais choveu foi janeiro de 1985, com uma precipitação de 571,1 mm, enquanto que alguns meses tais como junho, julho e agosto, não ocorreu chuva. A média mensal do mês de maior precipitação nesses 29 anos foi de 308mm, correspondente ao mês de janeiro, e a menor média de precipitação mensal foi de 12,7mm,

referente ao mês de junho. O ano em que mais choveu foi 1983, com uma precipitação anual de 2030,6mm e o ano em que menos choveu, 1990, 1020,2mm.

A figura 9 apresenta o gráfico da variação da precipitação média ao longo dos meses do ano no período de 1975 - 2003.

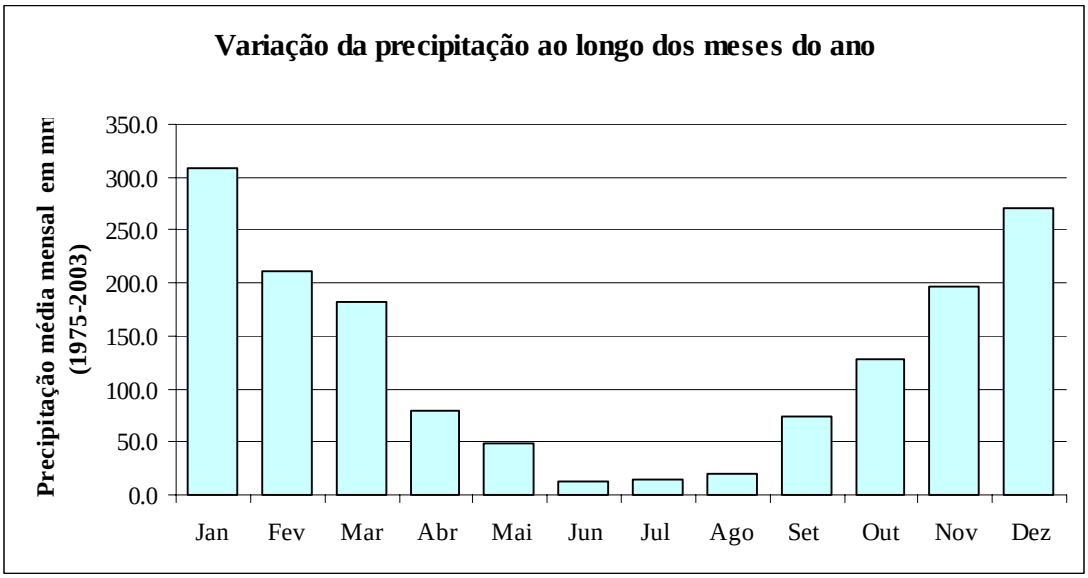


Figura 9 – Variação da precipitação média ao longo dos meses do ano (período: 1975-2003)
Autor: ROCHA, M. B. B.

O gráfico da figura 9 mostra que o período de abril a setembro corresponde à época do ano em que menos chove, principalmente nos meses de junho, julho e agosto. A época de maiores precipitações acontece de outubro a março, sendo janeiro e dezembro os meses de maior ocorrência.

As temperaturas médias do município de Araxá entre os anos de 1975 e 2003 foram dispostas na tabela 5.

TABELA 5 - Temperaturas médias mensais e anuais - 1975/2003

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
1975	20.4	22.5	21.1	18.5	17.7	18.3	16.1	19.8	21.0	21.5	20.8	21.3	19.9
1976	22.4	21.2	21.3	21.0	18.8	x	16.9	18.9	19.2	20.4	20.7	21	20.2
1977	21.5	22.8	22.9	20.7	18.5	18.1	18.9	21	20.6	22.2	21.5	21.2	20.8
1978	22.1	22.0	21.7	20.0	18.4	16.6	17.4	18.2	19.4	21.7	20.6	20.5	19.9
1979	20.3	20.9	21.2	19.9	19.5	17.1	16.9	19.6	19.8	22.0	20.9	21.8	20.0
1980	20.9	21.5	22.3	19.7	18.6	17.3	16.0	19.3	20.3	22.4	21.3	21.4	20.1
1981	21.3	22.3	22.6	20.4	19.0	16.8	16.3	19.6	21.9	20.8	21.4	21.5	20.3
1982	20.7	22.2	21.3	19.4	17.7	19.0	18.3	20.0	20.7	21.5	23.3	20.9	20.4
1983	21.1	21.9	21.4	21.0	20.0	19.5	18.7	19.2	20.1	20.1	21.2	20.5	20.4
1984	23.1	23.4	22.7	20.5	21.3	19.2	19.0	19.2	18.9	22.2	21.9	21.6	21.1
1985	21.3	22.9	22.2	25.3	19.9	16.5	16.7	20.1	21.2	22.9	22.1	21.8	21.1
1986	22.2	22.4	22.0	21.6	20.2	17.6	17.2	19.3	20.4	22.2	21.8	21.3	20.7
1987	22.4	22.1	21.9	21.4	20.1	18.3	19.5	20.4	22.0	24.0	22.4	22.2	21.4
1989	...	...	...	...	...	...	17.7	19.2	21.1	21.5	21.5	21.3	20.4
1990	23.5	23.0	22.9	22.3	19.0	18.3	17.9	...	...	...	...	...	21.0
1991	...	...	21.5	20.9	19.1	19.0	17.9	19.6	21.0	21.7	21.9	21.9	20.5
1992	21.8	21.0	21.3	21.3	20.4	18.7	18.4	19.6	19.4	21.2	21.3	21.5	20.5
1993	22.3	21.0	22.4	21.2	18.7	18.0	19.2	19.6	21.7	21.9	23.4	21.6	20.9
1994	21.3	19.1	20.8	21.2	20.2	...	17.9	20.3	22.8	23.6	22.4	22.5	21.1
1995	23.4	22.3	22.5	21.4	19.7	18.3	19.3	21.7	21.7	22.1	21.2	22.8	21.4
1996	23.0	22.6	21.0	19.0	17.5	18.6	19.9	20.3	22.4	21.5	21.9	21.5	20.8
1997	21.5	22.6	21.1	20.6	18.6	18.0	18.8	20.0	23.8	23.6	23.5	22.3	21.2
1998	22.7	23.1	23.0	22.2	19.0	17.9	18.9	20.7	23.0	21.5	21.9	22.4	21.4
1999	23.0	22.7	22.1	21.3	18.6	19.2	19.6	19.2	21.2	21.7	21.1	21.8	21.0
2000	22.6	22.0	21.9	21.1	19.4	18.8	17.9	21.0	20.3	23.6	21.4	22.8	21.1
2001	22.7	24.1	22.5	22.6	19.3	18.8	19.4	18.9	21.1	21.8	22.5	21.9	21.3
2002	22.9	21.7	22.5	22.5	20.2	19.3	18.7	21.2	20.7	24.8	22.6	23.3	21.7
2003	22.1	23.4	22.1	21.7	18.5	19.9	18.8	20	21.6	22.3	21.8	22.9	21.3
Média	**22.0**	**22.2**	**21.9**	**21.1**	**19.2**	**18.3**	**18.2**	**19.8**	**21.0**	**22.1**	**21.8**	**21.8**	**20.8**

Fonte: Ministério da Agricultura: INMET/5º Distrito de Meteorologia - Estação Araxá
Dados de 1988 não disponíveis
... Dados não disponíveis

A tabela 5 mostra que em 1980 ocorreu a menor temperatura média, 16ºC, correspondente ao mês de julho. A maior temperatura ocorreu em 1990, cuja média atingiu 23,5ºC. Fevereiro foi o mês com a maior temperatura média nesses 29 anos, 22,3ºC, e julho, o mês de temperatura média mais baixa, 18,2ºC.

Rosa (2005) avaliou a variação da temperatura do ar em função da variação da altitude do município e concluiu, a partir de uma equação de regressão e do software IDRISI, que a temperatura possui uma forte dependência da altitude, principalmente no verão, inverno e primavera. Com altitudes variando de 820 a 1360m, as temperaturas assumem valores de 17,8ºC, no mês de julho, de 22,5°C, em fevereiro, perfazendo uma média anual de 20,8ºC. A figura 10 mostra a média anual da distribuição da temperatura em Araxá – MG.

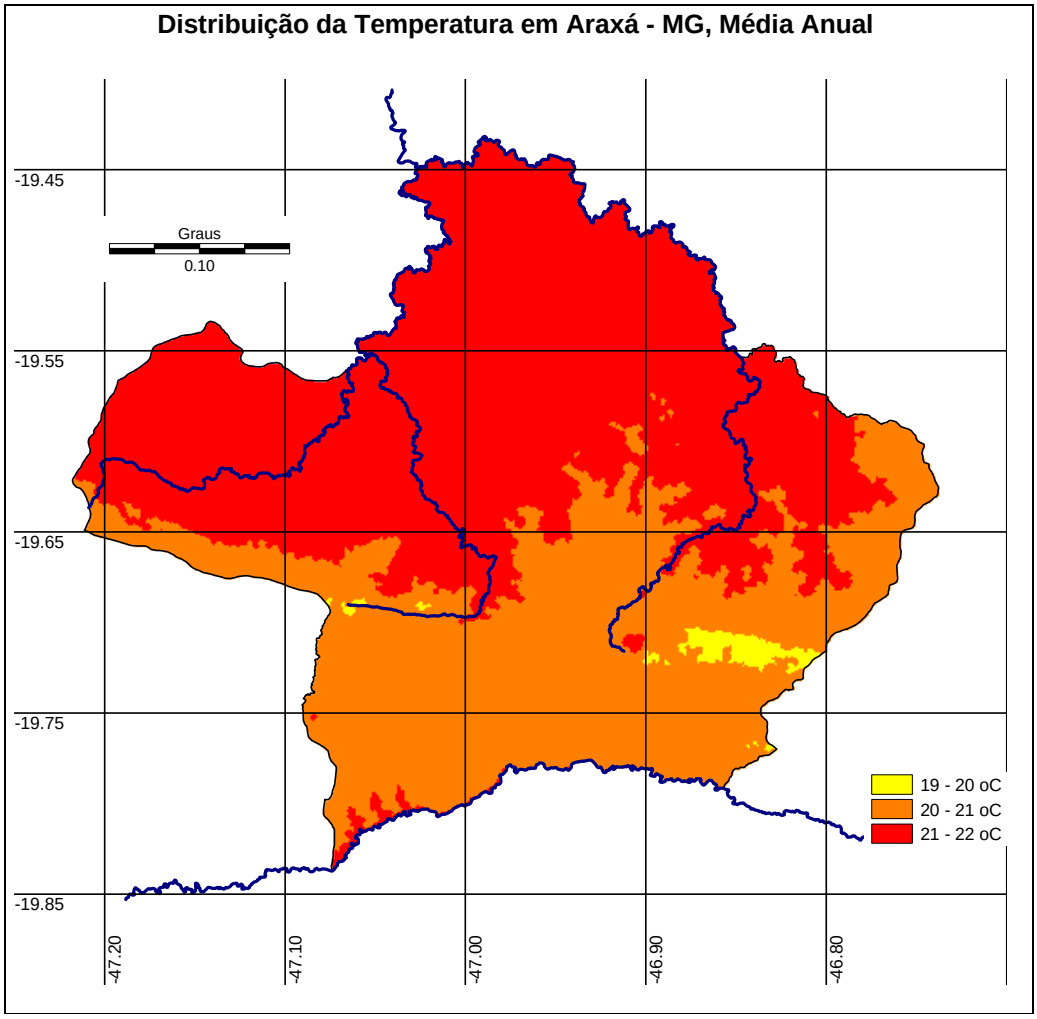


Figura 10 - Distribuição da Temperatura em Araxá –MG, média anual
Fonte: Rosa (2005)

O mapa da figura 10 revela que a tonalidade amarela apresenta temperaturas mais amenas e é exatamente nessa região onde estão localizadas as altitudes mais elevadas do

município, em torno de 1300 metros. A tonalidade laranja, representando temperaturas médias entre 20 e 21ºC, contém altitudes entre 1000 e 1300 metros. Na região de cor vermelha, onde estão situadas as mais baixas altitudes do município, abaixo de 1000m, é o local onde as temperaturas médias são mais elevadas. O mapa hipsométrico do município pode ser visualizado na figura 17, no capítulo de resultados e discussões.

Em termos econômicos, antes dos anos 70, a economia do município se baseava na pecuária extensiva, com grandes propriedades e baixa absorção de mão-de-obra (ARAFÉRTIL, 1997). Com a implantação das mineradoras, o setor agropecuário perdeu a importância relativa, enquanto que as atividades industriais constituíam-se, após 1970, a principal fonte de geração de emprego e renda do município.

Com o desenvolvimento do setor industrial e a ruptura do padrão tradicional de organização da estrutura produtiva, na década de 1970, observa-se um explosivo crescimento populacional no município de Araxá, com uma taxa média de crescimento anual de 4,12% conforme dados do IBGE.

A partir do final da década de 80, o setor industrial começou a demonstrar uma tendência à recessão, resultado da crise brasileira. As indústrias começaram com o processo de demissões, que teve repercussões negativas na economia, no início da década de 90.

De acordo com os dados sócio-econômicos de Araxá – MG, fornecido pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Parcerias, a população economicamente ativa do município passou a crescer a partir de 1991. Nesse ano, a população era de 29.922 pessoas. Em 1996, 36.933 pessoas, e em 2000, 41.552 pessoas (ARAXÁ, 2006).

Dentre as atividades econômicas destacam-se a mineração, o turismo, a agropecuária, o comércio e os serviços. O setor de serviços é o que apresenta um dos maiores crescimentos econômicos: de 2000 a 2004 o setor apresentou um crescimento de 44,31%.

4 MATERIAIS E PROCEDIMENTOS OPERACIONAIS

Para o desenvolvimento da pesquisa, foram utilizados diversos materiais, dentre eles, documentos, equipamentos e softwares. Os caminhos trilhados se basearam nos quatro níveis da pesquisa geográfica, conforme discriminado por Libault[9], citado por Rosa (1995), compilatório, correlatório, semântico e normativo.

O nível compilatório correspondente à primeira fase da pesquisa consiste no levantamento, coleta e compilação dos dados. O nível correlatório consiste na correlação dos dados para posterior interpretação. O nível semântico generaliza os problemas parciais através da análise e síntese. O nível normativo transforma o produto da pesquisa em quadros, gráficos e mapas.

4.1 Materiais

4.1.1 Documentos

Para a realização do presente trabalho, foram utilizadas folhas topográficas, mapeamento geomorfológico e imagens de satélite.

- Folhas Topográficas: foram utilizadas as folhas topográficas de Araxá (SE-23-Y-C-VI), de Ibiá (SE-23-Y-C-III), de Perdizes (SE-23-Y-C-II) e de Sacramento (SE-23-Y-C-V), na escala de 1:100.000, editadas pela FIBGE e DSG, disponíveis no Laboratório de Cartografia do IG da UFU.

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

- Mapeamento Geomorfológico: foi utilizado o Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Médio e Alto Paranaíba, disponível no Laboratório de Geomorfologia e Erosão de Solos do IG da UFU.
- Imagem de Satélite: foram usadas imagens TM/Landsat 5 de abril/1985 e CCD/CBERS-2 de abril de 2005.

4.1.2 Equipamentos

- Um microcomputador Pentium 4, 2,8 GHz, memória RAM 512, HD de 80GB, um gravador de CD e um monitor de 17” de tela plana;
- Uma impressora de jato de tinta para formato A3;
- Um *plotter* para formato A0;
- GPS de navegação;
- Uma mesa digitalizadora Digigraf Van Gogh A1;
- Câmera digital Sony DSC-P73, 4.1 mega *pixels*.

4.1.3 Software

- **IDRISI**. Este SIG foi escolhido por ser eficiente em atividades de planejamento ambiental e gerenciamento de recursos naturais. É indicado para atividades de ensino por possuir todas as funções de um SIG de maior porte e custo relativamente baixo. Utiliza banco de dados externo com interface para o Dbase e Access, permitindo a migração de dados para outros softwares.

O IDRISI é um sistema de informação geográfica e um software para processamento de imagens, desenvolvido pela *Graduate School of Geography da Clark University, Massashussets, USA*. Trabalha com consulta a banco de dados e modelagem espacial, realce e classificação de imagens.

O IDRISI é composto por:

- Um banco de dados espacial e de atributos, situado no centro do sistema;
- Um sistema de visualização cartográfica que permite a saída de mapas;
- Um sistema de digitalização de mapas que permite a conversão de mapas existentes em papel para uma forma digital;
- Sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD), usado para entrada, gerenciamento e análise de dados de atributo e dados espaciais;
- Sistema de análise geográfica que permite comparar feições diferentes baseadas em ocorrência espacial comum pelo processo de *overlay* (sobreposição);
- Sistema de processamento de imagens que permite analisar imagens de sensoriamento remoto, convertendo-as em dados interpretados na forma de mapa, de acordo com vários procedimentos de classificação;
- Sistema de análise estatística.

- **Cartalinx**. É um software destinado à construção de dados espaciais, desenvolvido pela *Graduate School of Geography da Clark University*. Constituído por seis componentes – o menu principal, a barra de ferramentas, a barra de status, a janela de tabelas, a janela de visualização e o menu cursor instantâneo –, o Cartalinx é uma ferramenta para o desenvolvimento de mapas digitais, para serem utilizados pelos SIGs. O Cartalinx gera dois tipos de arquivo: com a extensão ".lnx" e com a extensão ".mdb". O primeiro arquivo contém as estruturas espaciais, enquanto que o segundo contém os atributos das feições espaciais. A elaboração dos mapas pode ser através do mouse, mesa digitalizadora ou GPS.
- **Arc View**. Desenvolvido pela *ESRI*, empresa americana estabelecida em *Redlands, California, USA*, este SIG tem como característica principal a grande

capacidade de gerar modelos e analisar os dados espaciais. As feições e atributos dentro do software são gerenciados em unidades denominadas tema. Dentro de cada tema, são criados os arquivos de projetos identificados por uma extensão .apr. Os projetos armazenam e organizam informações em cinco tipos de documentos: vistas (*views*), tabelas (*tables*), gráficos (*charts*), *layouts* e editores de *script* (*script editors*).

Os dados a serem inseridos, no projeto, podem ser oriundos de três fontes: fonte de dados de feição, onde o formato dos arquivos é do tipo *shapefile*; fonte de dados de imagem, que incluem as imagens de satélite, fotografias aéreas digitais e mapas escanerizados; e fontes de dados ARC/INFO GRID, que podem ser convertidas para *shapefiles* e depois editadas.

- **Microsoft Office**.
- **AutoCad**. É um software destinado a desenhar objetos. Do inglês *CAD*, Projetos Assistidos por Computador, é constituído por 8 componentes: barra de menu, barra de ferramentas *standard*, barra de ferramentas, área de desenho ou de trabalho, janelas de ferramentas, área de diálogos, *object properties* e barra de *status*.

4.2 Procedimentos Operacionais

A primeira etapa do trabalho consistiu na elaboração do mapa digital de Araxá, na escala de 1:100.000. O IBGE disponibilizou na Internet várias cartas topográficas digitalizadas na escala de 1:100.000. O município está contido em quatro cartas topográficas: Araxá (SE-23-Y-C-VI); Ibiá (SE-23-Y-C-III); Perdizes (SE-23-Y-C-II); Sacramento (SE-23-Y-C-V). O IBGE disponibilizou as cartas de Araxá, Ibiá e Perdizes, sendo necessária a digitalização da carta de Sacramento. Para tanto, foi utilizado o software Cartalinx.

Estando as quatro cartas digitalizadas, elas foram unidas e recortadas no *software* AutoCAD. As curvas de nível, as drenagens e os limites municipais foram os temas

digitalizados necessários para o desenvolvimento da pesquisa. No AutoCAD, os temas foram salvos no formato DXF, que é um dos formatos aceitos para importação de arquivos no SIG IDRISI.

Para elaborar o Mapa da Rede Hidrográfica de Araxá, foi utilizado o software Arc View, cujos dados de entrada, drenagens e limites do município foram importados através da ferramenta *cad reader*.

A partir das curvas de nível, foi possível gerar o MDE ou *DEM* dentro do IDRISI, o que permitiu criar os mapas de declividade e hipsometria. Para melhor compreensão dos mapas, foi adicionado o *layer* das bacias hidrográficas.

Para elaborar o mapa das sub-bacias hidrográficas de Araxá, foi necessário analisar os diversos interflúvios, em um estudo conjunto das curvas de nível e drenagem. A tabulação cruzada dos mapas de declividade e das sub-bacias hidrográficas permitiu a elaboração de uma tabela com as áreas de cada intervalo de declividade dentro de cada sub-bacia. Do mesmo modo, a tabulação cruzada dos mapas de hipsometria e das sub-bacias hidrográficas deu origem a uma tabela de áreas das diversas categorias altimétricas em cada sub-bacia.

A partir do Mapa Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Médio e Alto Paranaíba – MG, foi possível elaborar o Mapa Geomorfológico de Araxá no software Cartalinx, sendo exportado em seguida para o IDRISI para finalização do mapa. A tabulação cruzada deste mapa com o das sub-bacias gerou uma tabela que ajudou a compreender a geomorfologia do município nas diversas sub-bacias.

Nesta pesquisa, a extração de informações dos sistemas de análise de imagens digitais foi realizada através da análise visual das imagens para classificação dos objetos da cena, dando origem aos mapas de uso da terra.

Os mapas de uso da terra foram elaborados a partir das imagens de satélite de dois períodos distintos: 1985 e 2005. As imagens de 1985, TM/Landsat 5, foram adquiridas no

INPE, com recursos próprios. As de 2005 são CCD/CBERS-2 adquiridas, gratuitamente, na Internet pelo site http://www.obt.inpe.br/catalogo. Houve a intenção em usar as imagens do mês de fevereiro, por ser época do verão. Neste período o ângulo de elevação solar é em torno de 57º o que reduz bastante a formação de sombras em função do relevo. O sombreamento causado pelo relevo dificulta a delimitação das classes de uso da terra. Também é no verão que as culturas estão em pleno desenvolvimento, o que facilita discriminar os alvos terrestres: quanto maior a atividade fotossintética, maior será a reflexão da energia solar na região do infravermelho próximo. Ao analisar o catálogo das imagens Landast 5 e CBERS de janeiro, fevereiro e março dos anos de 1985 e 2005, todas apresentavam muitas nuvens o que inviabilizou a utilização desse período, sendo usadas, portanto, imagens de abril.

No mosaico apresentado pelo INPE, as imagens Landsat 5 do município de Araxá estão na divisa dos pontos 73 e 74 da órbita 220. A fim de reduzir custos, foi solicitado ao INPE o deslocamento ao norte da imagem no ponto 74, o que foi realizado com sucesso. A grande vantagem do deslocamento de imagens é descartar a elaboração de mosaicos, que geram pequenas imperfeições. As imagens são do dia 20 de abril de 1985. As imagens foram fornecidas no formato Geotiff e importadas para o IDRISI.

No mosaico apresentado pelo INPE, as imagens CBERS 2 do município de Araxá estão contidas em duas órbitas/ponto 156-122 e 155-122. As imagens da órbita 156 são do dia 7 de abril, enquanto que da órbita 155, do dia 10. Ambas de 2005. Depois de fazer o download das imagens, elas foram importadas para o IDRISI.

Dentro do IDRISI, com o objetivo de facilitar a identificação dos pontos de controle para execução do georreferenciamento, foi feito o realce, seguido da composição colorida para as imagens dos dois satélites. Depois de georreferenciadas, somente as imagens CBERS foram concatenadas, já que as Landsat foram fornecidas com deslocamento. Em seguida,

foram elaboradas as composições coloridas de tal modo que, para a banda 2, foi usada a cor azul (blue), a banda 3, a cor verde (green) e a banda 4, a cor vermelha (red).

Foram realizados levantamentos de campo preliminares nos dias 26/02/2005, 12/03/2005, 02/04/2005 e 30/04/2005 na área de execução do projeto a fim de fotografar as diversas paisagens do município, principalmente para discriminar as áreas das culturas anuais. As fotografias da época foram úteis na definição das classes do mapeamento do uso da terra. A partir da definição das classes de uso da terra *ïn loco* e de posse, primeiramente, da imagem CBERS e de uma chave de interpretação, foi iniciada a interpretação visual da imagem de satélite.

Foi elaborada uma única chave de interpretação, que auxiliou na discriminação dos alvos, tanto para as imagens CBERS quanto para as Landsat. Isso só foi possível porque a faixa espectral dos canais dos sensores de ambos satélites são praticamente os mesmos, conforme apresentado nas tabelas 2 e 3.

A associação da imagem de satélite, do mapa digitalizado e da chave de interpretação permitiu a construção dos polígonos no software IDRISI, para a geração das categorias de uso da terra no município.

À medida que se realizava a interpretação visual, dúvidas iam surgindo e eram sanadas com levantamentos de campo.

A chave de interpretação para mapeamento do uso da terra está estampado no quadro 2.

QUADRO 2 – Chave de interpretação para mapeamento do uso da terra, das imagens TM/ Landsat 5 de abril de 1985 e CCD/CBERS-2, de abril de 2005, nas bandas 2b3g4r, de Araxá

TIPO DE USO	TONALIDADE	TEXTURA	FORMA
Agricultura	Marrom e vermelho	Lisa	Geométrica
Resíduo de cultura	Ciano	Lisa	Geométrica
Solo preparado para cultura	Ciano, quando seco; Verde escuro, quando úmido.	Lisa	Geométrica
Campo Limpo	Cinza claro com tons ciano	Rugosa	Irregular
Campo Rupestre	Cinza esverdeado	Rugosa	Irregular
Cerrado	Marrom esverdeado	Rugosa	Irregular
Corpos d'água	Preto	Lisa	Irregular
Mata	Vermelho escuro	Rugosa	Irregular
Mineração	Ciano	Lisa	Irregular
Barragem de rejeitos	Cinza azulado e ciano esverdeado		
Pastagem	Rosa e verde claro	Média	Irregular, se for natural; Regular, se for plantada.
Pivô	Vermelho, quando plantado; Verde claro, quando solo exposto	Lisa	Circular
Reflorestamento	Vermelho escarlate, se recém-plantado; Vermelho escuro, se mais antigo.	Média	Geométrica
Urbano e Uso Misto	Ciano claro	Rugosa	Geométrica

Autor: ROCHA, M. B. B.

Depois de construídos os polígonos no IDRISI, estes foram importados para o software Cartalinx, para o fechamento final, e exportados para o IDRISI, para elaboração do mapa de uso da terra, primeiramente, de 2005 e, em seguida, de 1985.

A elaboração dos mapas de uso da terra permitiu executar a tabulação cruzada destes com os mapas das sub-bacias hidrográficas, de declividade, de hipsometria e de geomorfologia, gerando tabelas que permitiram analisar o uso da terra no município de Araxá.

Para análise final do uso da terra, no município de Araxá, foi feita uma reclassificação, de modo que apenas duas categorias passaram a existir: vegetação natural e atividades antrópicas. A redução de classes possibilitou analisar como o meio físico, através da declividade, hipsometria e geomorfologia gerou interferência no uso da terra nos anos de 1985 e 2005.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Rede hidrográfica e sub-bacias

A rede hidrográfica de Araxá é constituída basicamente por córregos e ribeirões. A figura 11 apresenta a rede hidrográfica do município.

Ao sul do município, o Ribeirão do Inferno, limítrofe com o município de Tapira, é alimentado pela margem direita por inúmeros córregos que nascem na Serra da Bocaina.

Ao norte, Araxá é limitado pelo Ribeirão Tamanduá, que tem como principais contribuintes pela margem esquerda os córregos Feio, Areia e Mourão Rachado, o Ribeirão Pirapetinga e o Córrego Fundo. Ao longo de seu trajeto o Ribeirão Tamanduá recebe vários tributários até desaguar no Rio Capivara.

A porção oeste do município tem o Ribeirão Marmelo como principal afluente da margem esquerda do Rio Capivara.

O Rio Capivara coleta todas as drenagens do município, com exceção daquelas que deságuam no Ribeirão do Inferno. O Rio Quebra-Anzol, situado ao norte do município, coleta as águas do Rio Capivara para, em seguida, serem encaminhadas para a represa de Nova Ponte. Desta forma, os recursos hídricos do município dirigem-se em sua totalidade para o Rio Araguari, que é um dos principais afluentes do Rio Paranaíba, à margem esquerda.

A divisão do município em dez sub-bacias hidrográficas proporcionou uma melhor investigação e comparação das questões relacionadas ao meio físico e ao uso da terra, o que será demonstrado nas páginas seguintes.

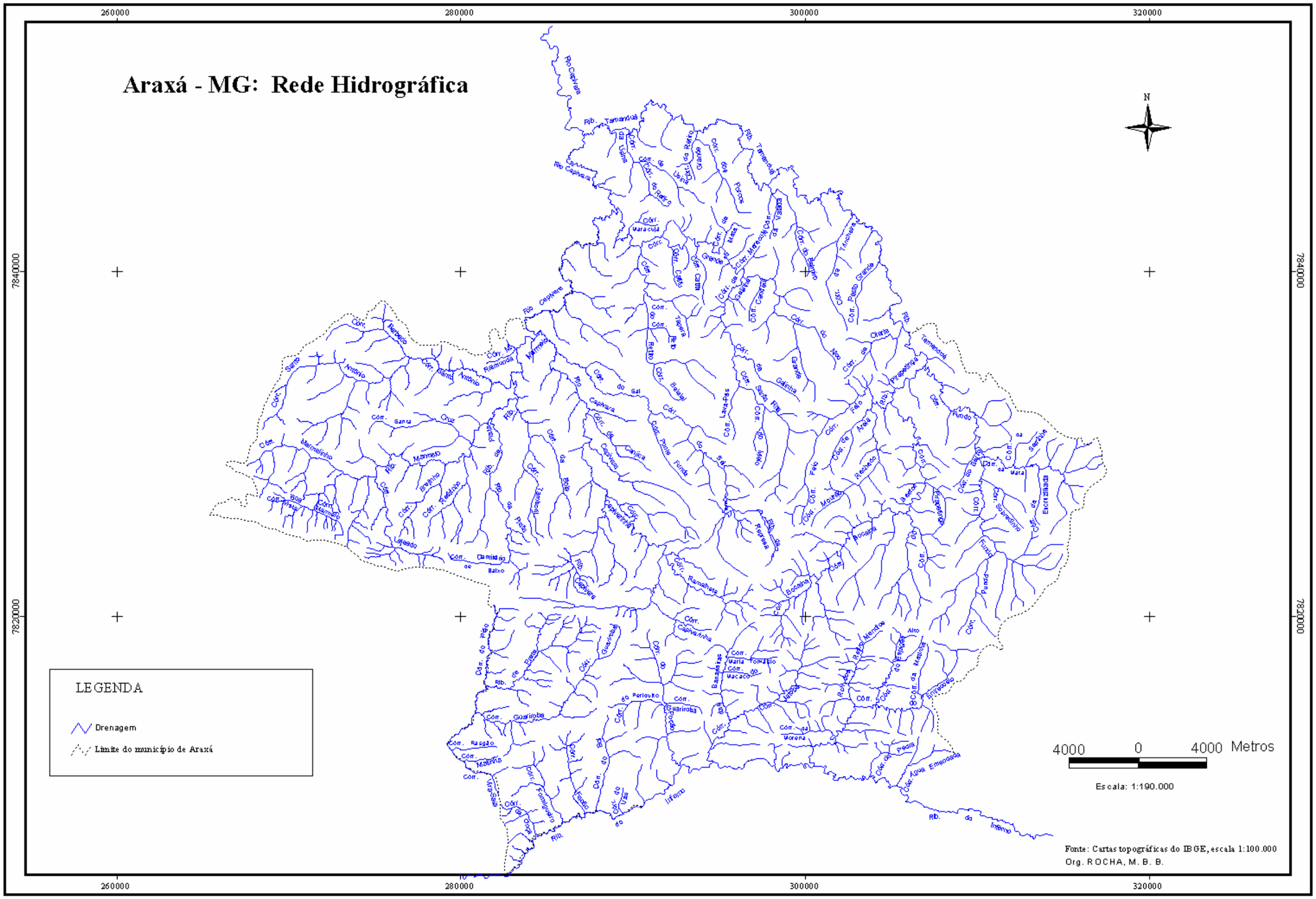


Figura 11 - Mapa da Rede Hidrográfica do município de Araxá - MG

As dez sub-bacias foram assim denominadas: Ribeirão Marmelo, Ribeirão Capivara, Ribeirão Pirapetinga, Córrego Fundo, Ribeirão do Inferno, Córrego do Retiro, Córrego do Sal, Córrego da Galinha, córregos Feio e Areia e Ribeirão Tamanduá. A figura 12 apresenta as dez sub-bacias enquanto que a tabela 6 relaciona a área de cada uma delas.

TABELA 6 - Área ocupada pelas sub-bacias no município de Araxá - MG

Identificação	**Sub-bacia**	**Área ocupada**		
		Km^2	**hectare**	**%**
1	Ribeirão Marmelo	228,08	22.808,00	19,55
2	Ribeirão Capivara	114,37	11.437,00	9,80
3	Ribeirão Pirapetinga	95,30	9.530,00	8,17
4	Córrego Fundo	101,37	10.137,00	8,69
5	Ribeirão do Inferno	258,99	25.899,00	22,19
6	Córrego do Retiro	36,07	3.607,00	3,09
7	Córrego do Sal	79,97	7.997,00	6,85
8	Córrego da Galinha	112,56	11.256,00	9,64
9	Córregos Feio e Areia	40,39	4.039,00	3,46
10	Ribeirão Tamanduá	99,86	9.986,00	8,56
Total		**1.166,96**	**116.696,00**	**100,00**

Autor: ROCHA: M.B.B.

Ao analisar a tabela 6, verifica-se que a maior sub-bacia é a do Ribeirão do Inferno ocupando 22,15% da área do município, seguida pela Sub-bacia do Ribeirão Marmelo com 19,55% de ocupação. A menor sub-bacia é a do Córrego do Retiro que ocupa 3,09% da área do município. Pela tabela verifica-se que 77,85% da rede hidrográfica do município é tributária do Rio Capivara.

A partir dos dados da tabela 6, foi elaborado o gráfico da figura 13, onde estão representadas as áreas de cada sub-bacia em termos percentuais.

ARAXÁ - MG: Sub-bacias Hidrográficas

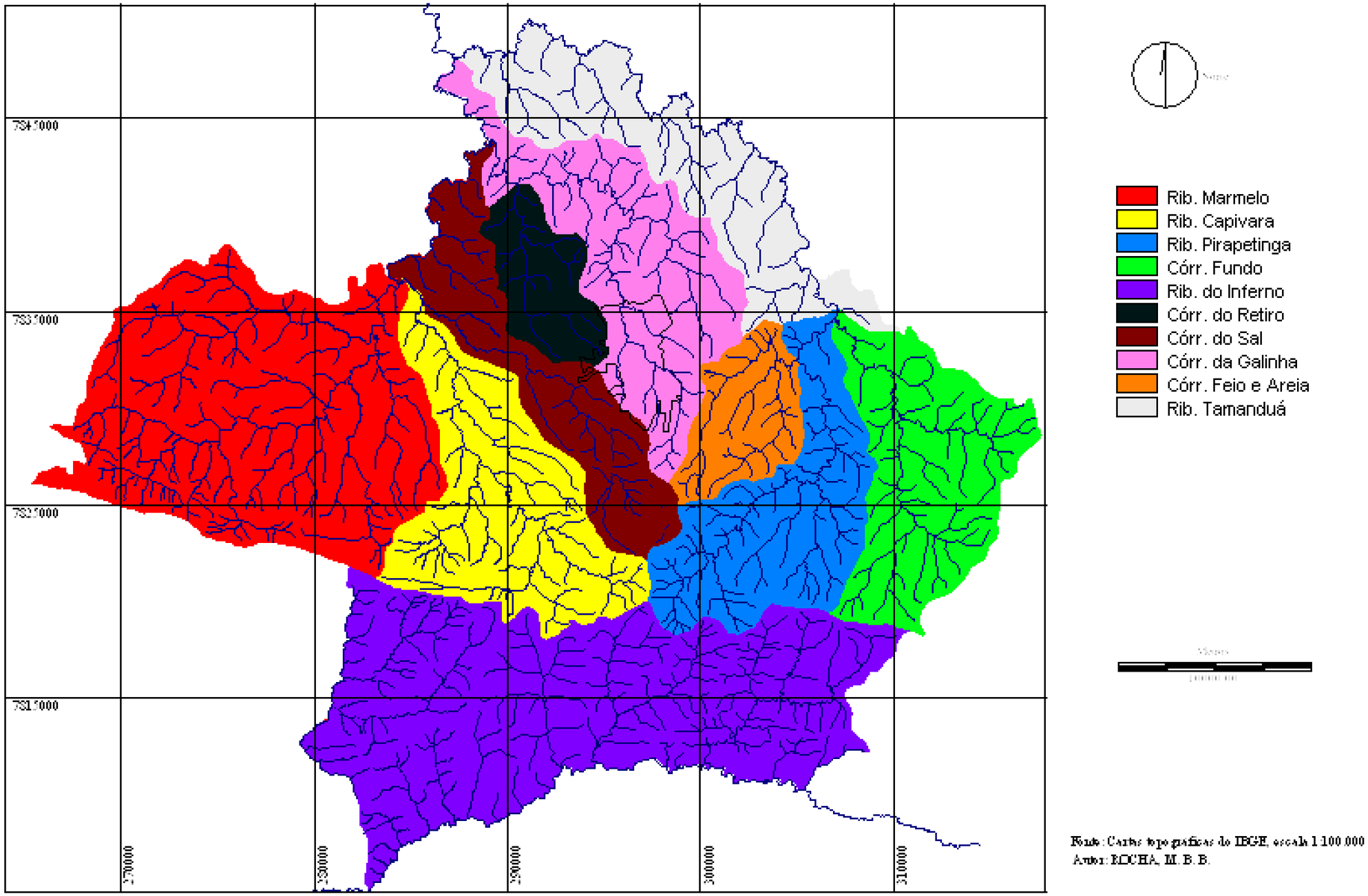


Figura 12 – Sub-bacias hidrográficas de Araxá - MG

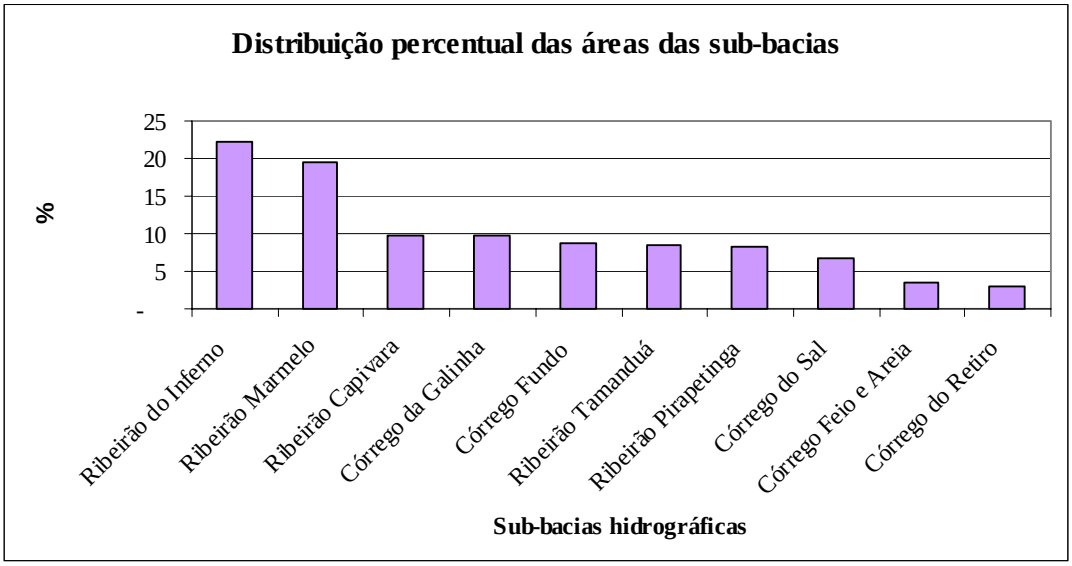


Figura 13 – Distribuição percentual das áreas das sub-bacias hidrográficas de Araxá
Autor: ROCHA, M.B.B.

O gráfico da figura 13 mostra que a sub-bacia que ocupa a maior área é a do Ribeirão do Inferno com um percentual em torno de 22%. A sub-bacia de menor área no município é a do Córrego do Retiro, com um percentual de em torno de 3%.

Dentre os vários usos que uma dada região pode ter, cada uma das dez sub-bacias do município é mais utilizada para um determinado fim.

As sub-bacias do Ribeirão Pirapetinga e Capivara, por exemplo, são destinadas ao abastecimento das atividades minerárias e ocupam 17,97% da área do município.

As sub-bacias dos córregos do Sal e da Galinha, que ocupam 16,49% da área total, contêm o perímetro urbano e recebem, portanto, os esgotos sanitários do município. Além disso, dentro da Sub-bacia do Córrego do Sal ocorre a explotação do pirocloro pela CBMM e da apatita pela BUNGE Fertilizantes, já que os *pits* de lavra são adjacentes e inseridos nesta sub-bacia. A COPASA já obteve a concessão dos serviços de coleta e tratamento do esgoto sanitário para o município de Araxá, conforme esclarece Minas Gerais.

> O sistema de tratamento de Esgotos projetado pela Copasa compõe-se de 4 Estações de Tratamento de Esgoto – ETE: a primeira junto ao Barreirinho, a segunda no bairro Boa Vista para atender o loteamento que se encontra no vale, a terceira entre o Distrito Industrial e o Aeroporto e a quarta estação, a central, junto ao cruzamento da BR 262 com o Córrego Grande, onde será lançado o efluente tratado. Existe uma ETE já em funcionamento no Córrego do Sal que atende ao Complexo do Barreiro. (MINAS GERAIS, 2002, p. 52)

As sub-bacias do Córrego Fundo e dos córregos Feio e Areia, constituídas principalmente por matas e pastagens, ocupam 12,15% da área do município. Os córregos destas sub-bacias são destinados ao abastecimento público. Estas sub-bacias estão protegidas pelo Decreto Estadual nº 29586 de 8 de junho de 1989, sendo denominada APE.

A Sub-bacia do Córrego do Retiro será uma APE, de acordo com os planos do Departamento de Meio Ambiente da PMA, para expansão da rede de abastecimento público de água. Ocupa 3,09% da área do município.

As sub-bacias do Ribeirão Marmelo e do Ribeirão Tamanduá concentram grande parte das atividades agro-pastoris do município e ocupam 28,11%.

A Sub-bacia do Ribeirão do Inferno, que ocupa a porção sul do município, está destinada a ser um pólo para indústria pesada, conforme o Plano Diretor Estratégico de Araxá (2002 – 2010).

5.2 Declividade do Terreno

A área de estudo apresenta uma grande diversidade de formas de relevo associadas às condições morfoestruturais e morfoesculturais.

A declividade do terreno representada na figura 14 foi mapeada nas seguintes classes: menor que 2% (relevo plano); 2 a 5% (relevo plano a suave ondulado); 5 a 8% (relevo suave ondulado); 8 a 12% (relevo medianamente ondulado); 12 a 20% (relevo ondulado); e maior do que 20% (relevo fortemente ondulado).

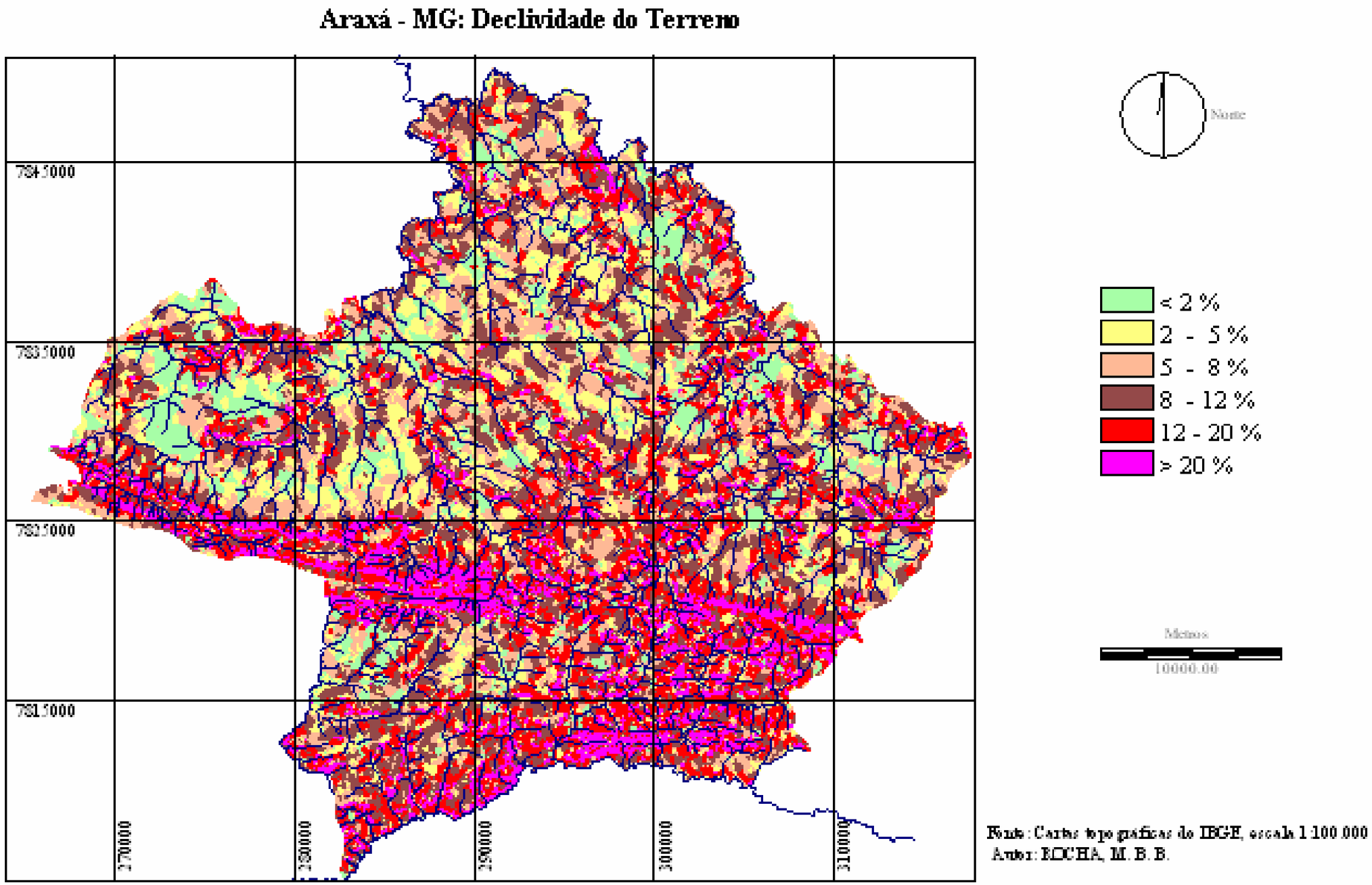


Figura 14 – Mapa de declividade do terreno em Araxá - MG

A tabela 7 apresenta as classes de declividade, conforme as fases de relevo.

TABELA 7 - Classes de declividade, conforme fases de relevo

Fases do relevo	**Intervalos de declividade**
Plano	< 2%
Plano a suave ondulado	2 a 5%
Suave ondulado	5 a 8%
Medianamente ondulado	8 a 12%
Ondulado	12 a 20%
Fortemente ondulado	> 20%

Fonte: Adaptada de Brito (2001)
Org. ROCHA, M. B. B.

A tabela 8 mostra a área ocupada pelas classes de declividade em Araxá.

TABELA 8 - Área ocupada pelas classes de declividade do município de Araxá - MG

Classes de declividade	**Intervalos de declividade**	**Área ocupada**		
		km^2	**hectare**	**%**
A	< 2%	115,69	11.569,00	9,92
B	2 - 5%	178,36	17.836,00	15,28
C	5 - 8%	231,96	23.196,00	19,88
D	8 - 12%	285,77	28.577,00	24,49
E	12 - 20%	254,43	25.443,00	21,80
F	> 20%	100,75	10.075,00	8,63
Total		**1.166,96**	**116.696,00**	**100,00**

Autor: ROCHA, M. B. B.

Os dados da tabela 8 mostram que 66,17% da área do município possui declividade, variando entre 5 a 20%, o que significa dizer que grande parte do relevo é suave ondulado a ondulado; as áreas de relevo plano e plano a suave ondulado correspondem a 25,20% e os restantes 8,63% da área contêm um relevo fortemente ondulado.

A partir da tabela 8, foi possível elaborar o gráfico da figura 15, que apresenta a distribuição percentual dos intervalos de declividade.

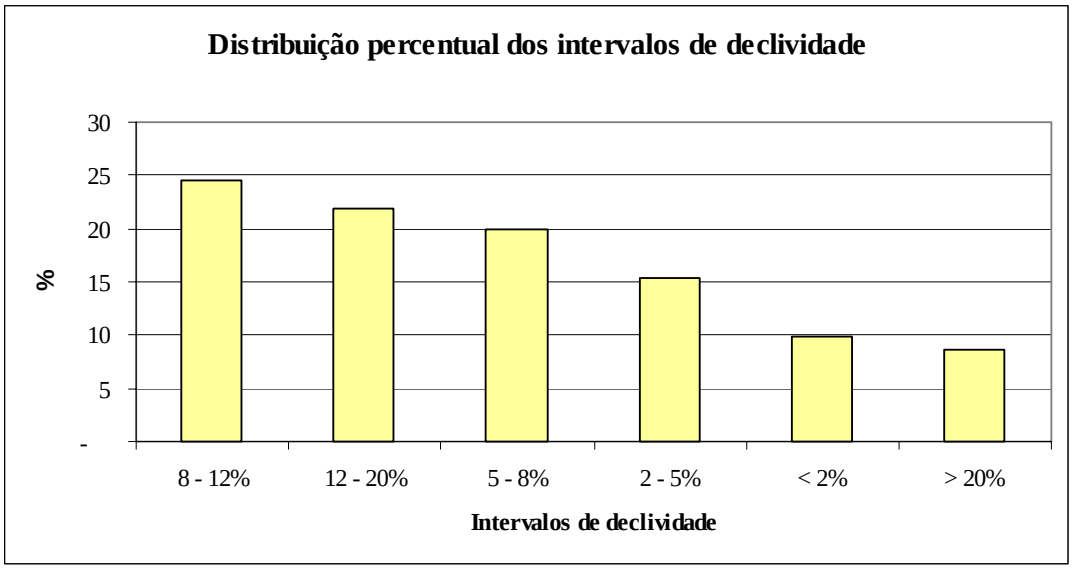


Figura 15 – Distribuição percentual dos intervalos de declividade em Araxá
Autor: ROCHA, M. B. B.

O gráfico da figura 15 mostra que o intervalo de declividade de maior freqüência no município de Araxá é aquele que varia de 8 a 12%, ocupando quase 25% da área, seguido de perto pela classe que varia de 12 a 20%, com quase 22% de ocupação e a de 5 a 8%, com quase 20% da área. A classe de menor expressão é aquela cuja declividade é superior a 20%, ocupando quase 9% da área do município.

Para proceder à análise de dados, o IDRISI tem uma operação denominada tabulação cruzada que gera dados numéricos a partir de dois mapas. Estes dados, em última análise, são transformados em tabelas. Assim sendo, a tabulação cruzada dos mapas de declividade e sub-bacias permitiu a elaboração da tabela 9, abaixo configurada.

TABELA 9 - Área ocupada pelas classes de declividade nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais

Sub-bacia	Área dos intervalos de declividades em hectares; Percentual em cada categoria; Percentual em cada sub-bacia																			
	< 2% Relevo plano			**2 - 5%** Relevo plano a suave ondulado			**5 - 8%** Relevo suave ondulado			**8 - 12%** Relevo medianamente ondulado			**12 - 20%** Relevo ondulado			**> 20%** Relevo fortemente ondulado			**Total**	
	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% da sub-bacia
Ribeirão Marmelo	3.766	33	16	4.095	23	18	4.460	19	20	4.751	17	21	3.978	16	17	1.758	17	8	22.808	100
Ribeirão Capivara	672	6	6	1.603	9	14	1.904	8	17	2.428	8	21	2.952	11	26	1.878	19	16	11.437	100
Ribeirão Pirapetinga	704	6	7	920	5	9	1.688	7	18	2.352	8	25	2.837	11	30	1.029	10	11	9.530	100
Córrego Fundo	995	9	10	1.741	10	17	2.366	10	23	2.609	9	26	1.791	7	18	635	6	6	10.137	100
Ribeirão do Inferno	1.501	13	6	2.407	13	9	3.959	17	15	6.398	22	25	7.811	31	30	3.823	38	15	25.899	100
Córrego do Retiro	402	3	11	830	5	23	1.066	5	30	1.090	4	30	204	1	6	15	0	0	3.607	100
Córrego do Sal	740	6	9	1.389	8	17	1.939	9	24	2.194	8	28	1.462	6	18	273	3	4	7.997	100
Córrego da Galinha	1.063	9	9	2.696	15	24	2.731	12	24	3.127	11	28	1.440	6	13	199	2	2	11.256	100
Córrego Feio e Areia	511	4	13	609	3	15	736	3	18	877	3	22	1.148	4	28	158	2	4	4.039	100
Ribeirão Tamanduá	1.215	11	12	1.546	9	15	2.347	10	24	2.751	10	28	1.820	7	18	307	3	3	9.986	100
Total	11.569	100	-	17.836	100	-	23.196	100	-	28.577	100	-	25.443	100	-	10.075	100	-	116.696	-

Autor: ROCHA, M. B. B.

Ao analisar a tabela 9, verifica-se que na Sub-bacia do Ribeirão Marmelo o intervalo de declividade com maior área é o de 8 a 12%, representada por um relevo medianamente ondulado e ocupa 21% da área. O intervalo de menor expressão é aquele cuja declividade é superior a 20%, correspondente a um relevo fortemente ondulado, e ocupa 8% da área. Esta sub-bacia contém a maior área de relevo plano (declividade < 2%), de relevo plano a suave ondulado (2 a 5% de declividade) e de relevo suave ondulado (5 a 8% de declividade) do município, correspondente a 33%, 23% e 19%, respectivamente, das classes de declividade supracitadas.

O intervalo de declividade de maior área na sub-bacia do Ribeirão Capivara é o que varia de 12 a 20%, correspondente a um relevo ondulado, e ocupa 26% da área. O relevo plano é aquele de menor área nesta sub-bacia, pois representa 6% da área desta.

Na Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga, o intervalo de declividade de maior área é o que varia de 12 a 20% (relevo ondulado), ocupando 30% da área. O intervalo de declividade de menor área é aquele inferior a 2% (relevo plano), e representa 7% da área.

O relevo predominante na Sub-bacia do Córrego Fundo é o medianamente ondulado, com 26% da área, enquanto que o relevo fortemente ondulado, que ocupa 6% da área, é o de menor prevalência.

A Sub-bacia do Ribeirão do Inferno é caracterizada por um relevo movimentado, tanto é que o intervalo de declividade de maior área é aquele de 12 a 20%, cujo relevo é ondulado e ocupa 30% da área. É nesta sub-bacia que os relevos medianamente ondulado, ondulado e o fortemente ondulado se fazem mais presentes, pois representam 22%, 31% e 38%, respectivamente, da área de cada categoria citada, quando comparado às outras sub-bacias. A classe de declividade de menor expressão nesta sub-bacia é aquela inferior a 2% com uma ocupação de 6% da área.

A porcentagem de relevo suave ondulado (5 a 8% de declividade) e de relevo medianamente ondulado (8 a 12% de declividade) é a mesma na Sub-bacia do Córrego do Retiro e corresponde a 30% da área para cada uma destas classes. O relevo fortemente ondulado nesta sub-bacia é inexpressivo.

A paisagem mais predominante na Sub-bacia do Córrego do Sal é constituída por um relevo mediamente ondulado (8 a 12% de declividade) com uma ocupação de 27% do terreno. O relevo fortemente ondulado (declividade >20%) é pouco significativo na região, pois representa apenas 3% da área.

O relevo da Sub-bacia do Córrego da Galinha é semelhante ao do Córrego do Sal porque 28% da área é ocupada por uma declividade entre 8 e 12% e apenas 2% da região possuem um relevo fortemente ondulado.

O relevo que mais caracteriza a Sub-bacia dos córregos Feio e Areia é o ondulado (12 a 20% de declividade), ocupando 28% da área. O relevo fortemente ondulado é o que menos aparece na região: 4% da área.

Na Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá, há um predomínio da classe de declividade que varia de 8 a 12%, com uma ocupação de 28% da área, revelando uma paisagem de relevo medianamente ondulado. O relevo de menor expressão é o fortemente ondulado, pois aparece em apenas 3% da área.

5.3 Hipsometria

A altitude mais elevada da Serra da Bocaina é em torno de 1350m.

Junto à Serra da Bocaina e também parte integrante desta, a Serra do Quilombo, com uma altitude de 1223m, destaca-se pela sua forma: topo principal levemente aplainado e arredondado, drenagens temporárias e perenes, vertentes côncavas, convexas e retilíneas. A Serra do Quilombo está localizada no sudoeste do Município de Araxá entre as coordenadas UTM 7.820.000 e 7.828.000mN e 280.000 e 288.000mE, quase na divisa do município de Sacramento.

A Serra do Monte Alto situada entre as coordenadas UTM 7.820.000 e 7.824.000mN e 284.000 e 292.000mE, à sudeste da Serra do Quilombo, possui altitude de 1250m.

A Serra do Sacramento ou Taquaral é o limite administrativo entre os municípios de Araxá e Sacramento. A altitude máxima nesta serra é de 1250m.

A Serra Velha ou Santa Bárbara está localizada ao norte do município, quase na divisa com Ibiá, e possui uma altitude máxima de 1047m.

A figura 16 apresenta um mapa do município com as principais serras.

A hipsometria do município de Araxá foi mapeada conforme a figura 17, onde foram estabelecidas as seguintes classes altimétricas: menor que 900m, 900 a 1000m, 1000 a 1100m, 1100 a 1200m, 1200 a 1300m e maior que 1300m de altitude.

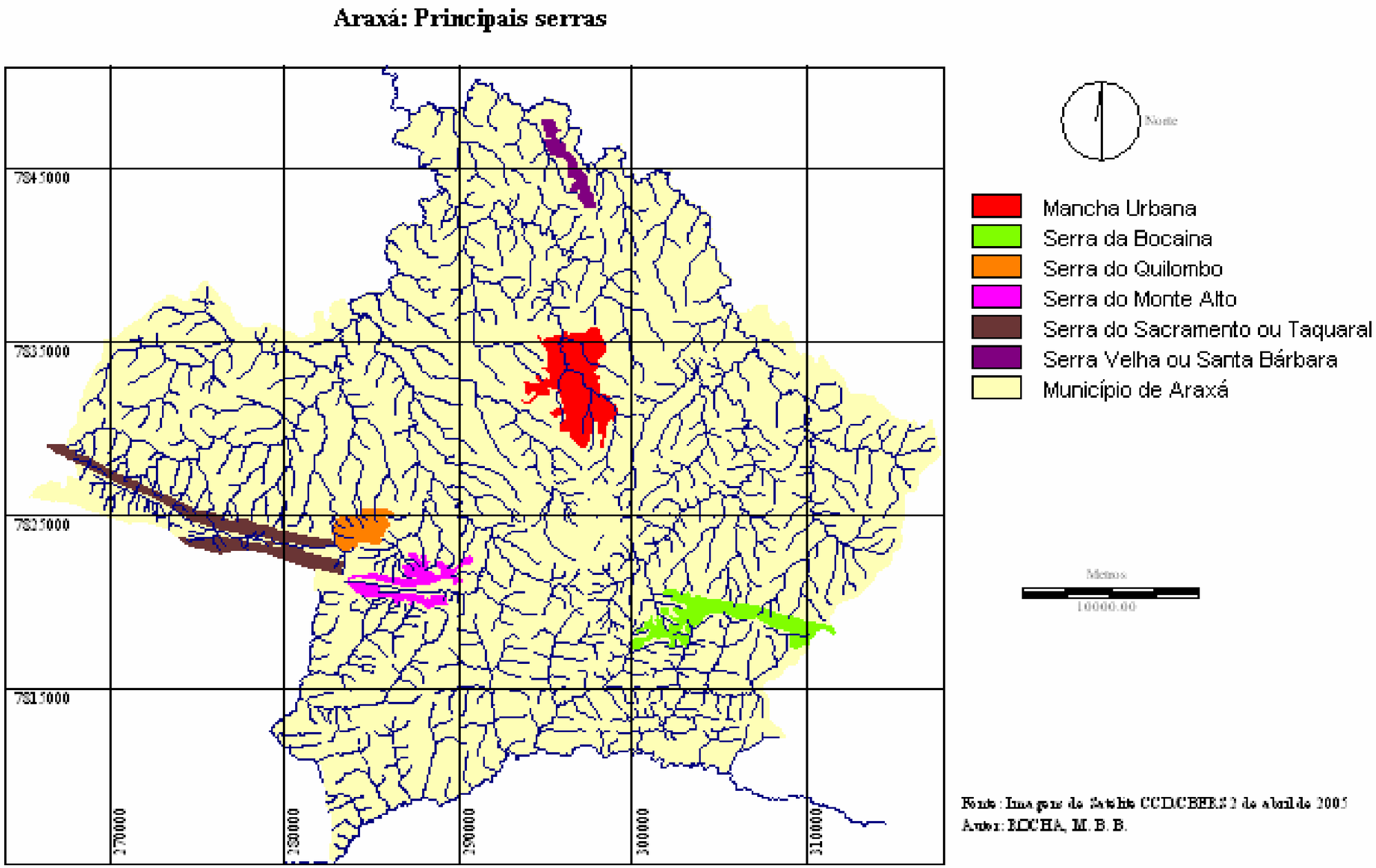


Figura 16 – Principais serras de Araxá - MG

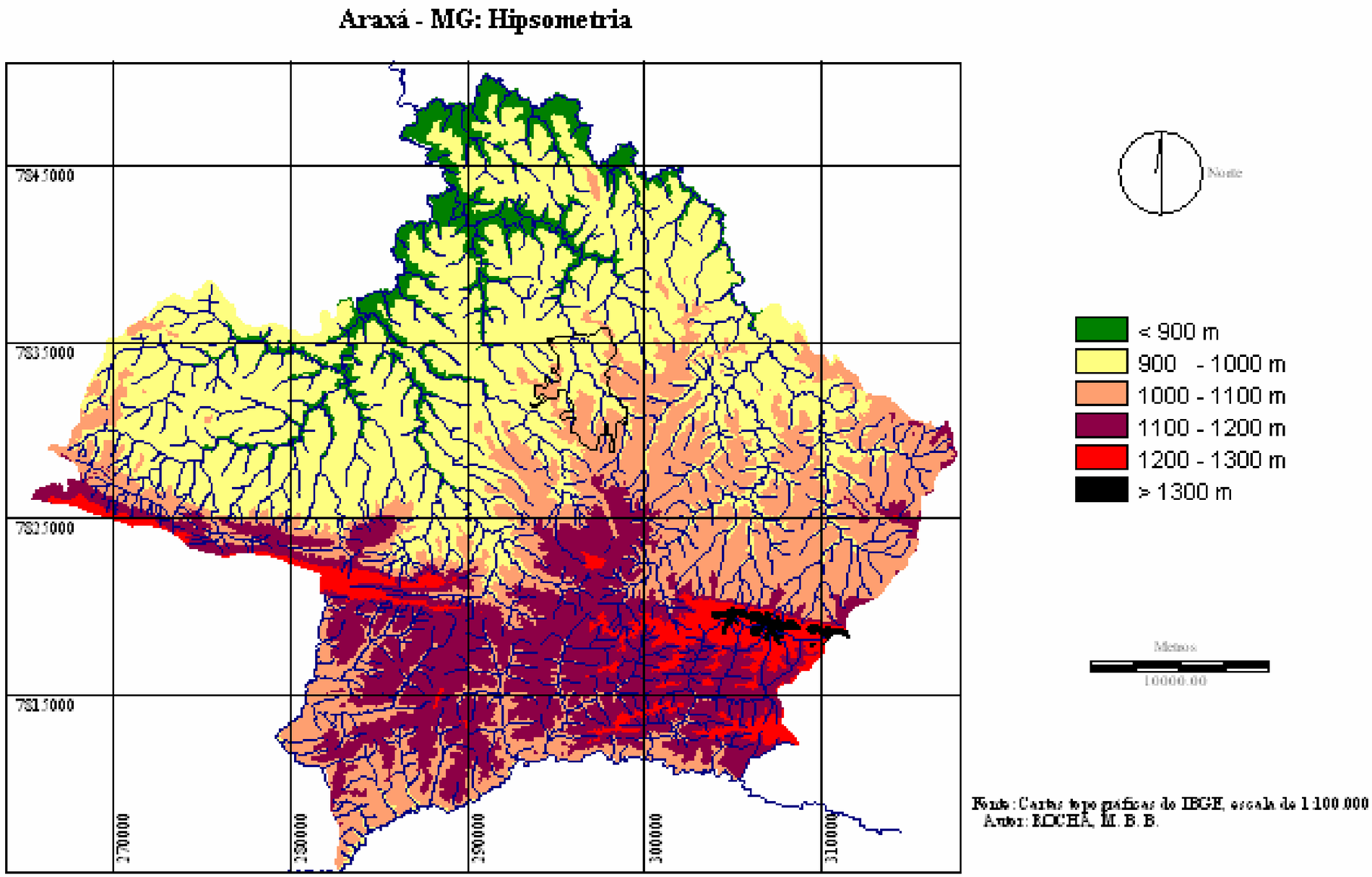


Figura 17 – Mapa de hipsometria do município de Araxá - MG

A tabela 10 mostra a área ocupada pelas diferentes categorias altimétricas do município.

TABELA 10 - Área ocupada pelas diferentes categorias altimétricas do município de Araxá-MG

Categorias (m)	**Área ocupada**		
	Km^2	**hectare**	**%**
< 900	85,27	8.527,00	7,31
900 - 1000	490,16	49.016,00	42,04
1000 - 1100	317,75	31.775,00	27,23
1100 - 1200	225,09	22.509,00	19,26
1200 - 1300	42,94	4.294,00	3,67
> 1300	5,75	575,00	0,49
Total	**1.166,96**	**116.696,00**	**100,00**

Autor: ROCHA, M. B. B.

Como pode ser observado na tabela 10, um percentual de 69,27% do município encontra-se em uma altitude de 900 a 1100m. Dos 30,73% restantes, 23,42% correspondem às serras na região sul da municipalidade, cujas altitudes são superiores a 1100m. As menores altitudes do município, cujos valores são inferiores a 900m, estão praticamente na região norte e correspondem a 7,31% da área total.

A tabela 10 permitiu construir um gráfico que está representado na figura 18 e mostra a distribuição percentual das categorias altimétricas do município de Araxá.

O gráfico da figura 18 mostra que a categoria altimétrica que ocupa a maior área no município é aquela do intervalo de 900 a 1000m com um percentual de 42% aproximadamente. A categoria de menor expressão é a que supera os 1300m de altitude, ocupando abaixo de 1% da área total do município.

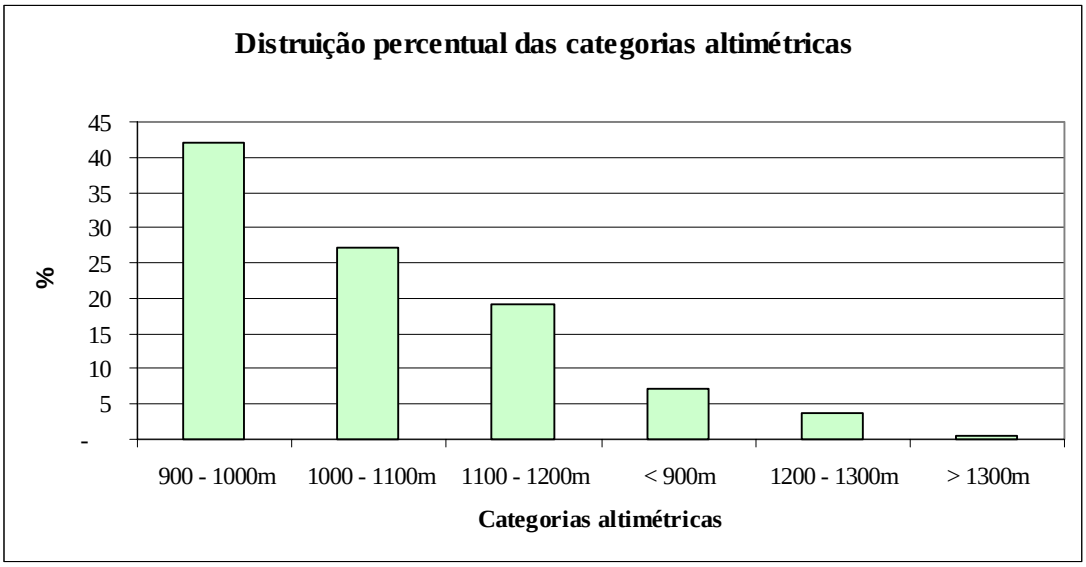


Figura 18 – Distribuição percentual das categorias altimétricas em Araxá – MG
Autor: ROCHA, M. B. B.

Os dados oriundos da tabulação cruzada dos mapas de hipsometria e sub-bacias permitiram elaborar a tabela 11.

A tabela 11 mostra que a Sub-bacia do Ribeirão Marmelo é a que apresenta a maior área ocupada pelo intervalo altimétrico de 900 a 1000m, correspondendo a 32% da categoria. Nesta sub-bacia, 70% da área corresponde à faixa citada, enquanto que 3% da área, a menor porção, pertence à categoria de 1200 a 1300m.

As cotas altimétricas na Sub-bacia do Ribeirão Capivara que ocupam a maior área são a do intervalo de 900 a 1000m em um percentual de 50%. A menor área ocupada por um intervalo de cotas altimétricas é de 4% que correspondem à faixa de 1200 a 1300m.

Na Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga, as altitudes dominantes são aquelas cujo intervalo varia de 1000 a 1100m, correspondendo a 52% da área. Apesar desta sub-bacia conter altitude superior a 1300m, a área é pouco significativa já que corresponde a 1%.

TABELA 11 - Área ocupada pelas diferentes categorias altimétricas nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais

Sub-bacia	**Área ocupada pelas categorias altimétricas em hectares; Percentual em cada categoria; Percentual em cada sub-bacia**																			
	< 900 metros			900 - 1000 metros			1000 - 1100 metros			1100 - 1200			1200 - 1300			> 1300			**Total**	
	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% da sub-bacia
Ribeirão Marmelo	1.449	17	6	15.914	32	70	2.848	9	12	1.991	9	9	606	14	3	-	-	-	22.808	100
Ribeirão Capivara	470	5	4	5.767	12	50	2.618	8	23	2.158	10	19	424	10	4	-	-	-	11.437	100
Ribeirão Pirapetinga	-	-	-	2.370	5	25	4.937	16	52	1.640	7	17	527	12	5	56	10	1	9.530	100
Córrego Fundo	-	-	-	2.482	5	25	6.633	21	65	781	4	8	99	2	1	142	25	1	10.137	100
Ribeirão do Inferno	-	-	-	291	1	1	7.901	25	31	14.739	65	57	2.591	61	10	377	65	1	25.899	100
Córrego do Retiro	525	6	14	2.942	6	82	140	0	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.607	100
Córrego do Sal	1.243	15	15	4.145	8	52	1.576	5	20	986	4	12	47	1	1	-	-	-	7.997	100
Córrego da Galinha	2.065	24	18	6.942	14	62	2.185	7	19	64	-	1	-	-	-	-	-	-	11.256	100
Córrego Feio e Areia	-	-	-	1.375	3	34	2.514	8	62	150	1	4	-	-	-	-	-	-	4.039	100
Ribeirão Tamanduá	2.775	33	28	6.788	14	68	423	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.986	100
Total	8.527	100	-	49.016	100	-	31.775	100	-	22.509	100	-	4.294	100	-	575	100	-	116.696	-

Autor: ROCHA, M. B. B.

Uma das características da Sub-bacia do Córrego Fundo é conter 65% da área com altitudes que variam de 1000 a 1100m. Nesta sub-bacia a categoria altimétrica que ocupa menor espaço é a que varia de 1200 a 1300m, cuja área é 1%.

A Sub-bacia do Ribeirão do Inferno é a que contém as maiores altitudes do município. A faixa que possui a maior área em termos altimétricos é a que vai de 1100 a 1200m com 57% de ocupação. Altitudes entre 900 e 1000m ocupam apenas 1% da área da sub-bacia. A tabela 11 permite concluir que a sub-bacia contém a maior porcentagem de área nas categorias altimétricas de 1000 a 1100m, de 1100 a 1200m, de 1200 a 1300m e superior a 1300m, ocupando, respectivamente, 25%, 65%, 60% e 66% de cada intervalo.

No Córrego do Retiro, 82% da área da sub-bacia é ocupada por altitudes entre 900 e 1000m. Altitudes na faixa de 1000 a 1100m são pouco representativas na região porque ocupam só 4% da área.

A categoria altimétrica, que ocupa maior área da Sub-bacia do Córrego do Sal, é que varia de 900 a 1000m e perfaz uma área de 52%. Altitudes entre 1200 e 1300m ocupam a menor área da sub-bacia, em torno de 1%.

Há um predomínio da categoria altimétrica de 900 a 1000m na Sub-bacia do Córrego da Galinha, pois 62% da área estão nesta faixa. Pouco significativas são as altitudes entre 1100 e 1200m porque ocupam 1% da área da sub-bacia.

Na Sub-bacia dos córregos Feio e Areia, a faixa altimétrica que contém a maior área é aquela de 1000 a 1100m, e ocupa 62%. A de menor expressão está situada entre 1100 e 1200m, correspondendo a uma área de 4%.

A região do município que contém a maior área de altitude inferior a 900m é a Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá, com um percentual de 33%. Porém a categoria altimétrica que possui a maior área de ocupação da sub-bacia é a que varia de 900 a 1000m, com 68%. Altitudes entre 1000 e 1100m ocupam a menor área da sub-bacia: 4%.

5.4 Geomorfologia

De acordo com Valeriano *et al* (2004), o município de Araxá está contido em uma Unidade Morfoestrutural do tipo faixa de dobramento, denominada Faixa Brasília.

Os padrões de Unidades Morfológicas, representados pelo modelado no 3º taxon, são constituídos por relevos de denudação de topo aguçado, de topo convexo e de topo tabular (FERREIRA,2005). As formas de relevo, identificadas no 4º taxon, são representadas pelos graus de entalhamento dos vales, nas classes fraca (2), média (3) e forte (4). Com relação à densidade de drenagem, podem existir as classes média (3) e pequena (4).

A geomorfologia do município de Araxá está representada no Mapa Geomorfológico conforme a figura 19. As várias formas de relevo estão representadas na tabela 12, que mostra a Organização Taxonômica do Relevo do município de Araxá, de acordo com o método proposto por Ross (1992 1997).

TABELA 12 - Organização Taxonômica do Relevo de acordo com o método proposto por Ross (1992, 1997), em Araxá-MG

Unidade Morfoestrutural (1º taxon)	**Unidade Morfoescultural (2º taxon)**	**Unidade Morfológica (3º taxon)**	**Formas de Relevo (4º taxon)**
Faixa de dobramento	Planalto dissecado (Faixa Brasília)	Da; Dc; Dt	Da 44
			Dc 23
			Dc 33
			Dc 34
			Dc 43
			Dc 44
			Dt 23
			Dt 33

Fonte: Ferreira (2002)
Org. ROCHA, M. B. B.

Pela figura 19 e pela tabela 12, verifica-se que há no município de Araxá oito formas de relevo, com gênese de denudação, cujos modelados são do tipo de topo aguçado, de topo convexo e de topo tabular. O Planalto Dissecado pertence à Faixa de Dobramento Brasília.

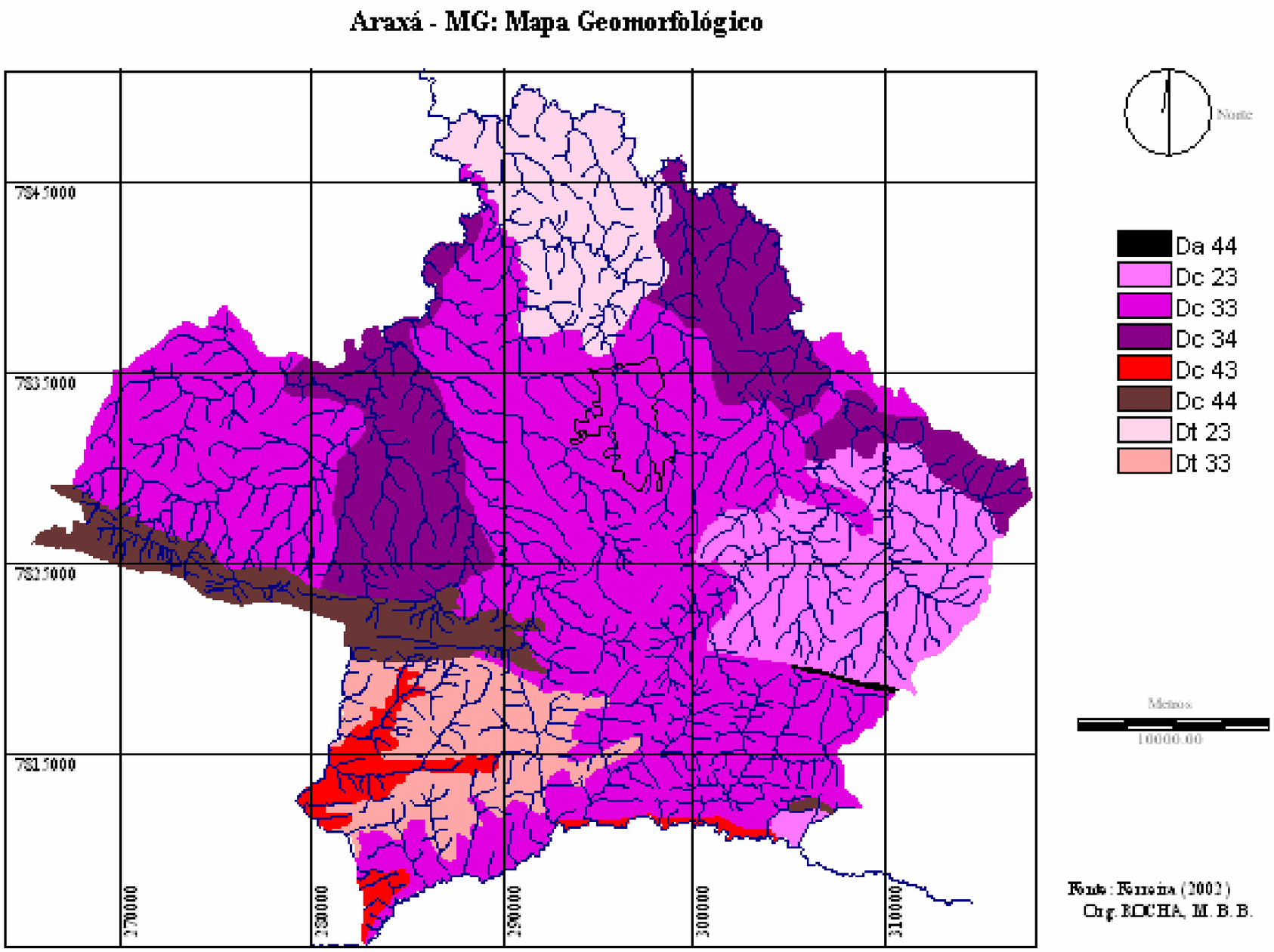


Figura 19 – Mapa Geomorfológico do município de Araxá - MG

A partir do mapa geomorfológico, foi possível levantar as áreas de cada forma de relevo presente no município. A tabela 13 mostra a relação dessas áreas.

TABELA 13 - Área ocupada pelas categorias de forma de relevo em Araxá - MG

Categoria	**Área ocupada**		
	km^2	**hectares**	**%**
PLANALTO DISSECADO (FAIXA BRASÍLIA)			
Da 44	1,65	165,00	0,14
Dc 23	134,57	13.457,00	11,53
Dc 33	565,12	56.512,00	48,43
Dc 34	190,82	19.082,00	16,35
Dc 43	32,81	3.281,00	2,81
Dc 44	63,31	6.331,00	5,43
Dt 23	96,80	9.680,00	8,29
Dt 33	81,88	8.188,00	7,02
Total	**1.166,96**	**116.696,00**	**100,00**

Autor: ROCHA, M. B. B.

A tabela 13 mostra que há um predomínio de relevos de denudação com topo convexo, em um percentual de 84,55%. Os relevos de denudação com topo aguçado praticamente não existem, pois ocupam apenas 0,14%. Os vales com maior ocorrência possuem um grau de entalhamento médio (3) e correspondem a 71,80% da área do município, enquanto que os vales de menor ocorrência possuem um grau de entalhamento forte (4), com um percentual de 8,38%. Quanto à densidade de drenagem, a classe que possui o maior percentual é a média (3) com 78,08%, e a que possui o menor percentual é a pequena (4), com 21,92%.

Com os dados da tabela 13, elaborou-se o gráfico da figura 20 onde os percentuais, em termos de área de cada forma de relevo, foram discriminados.

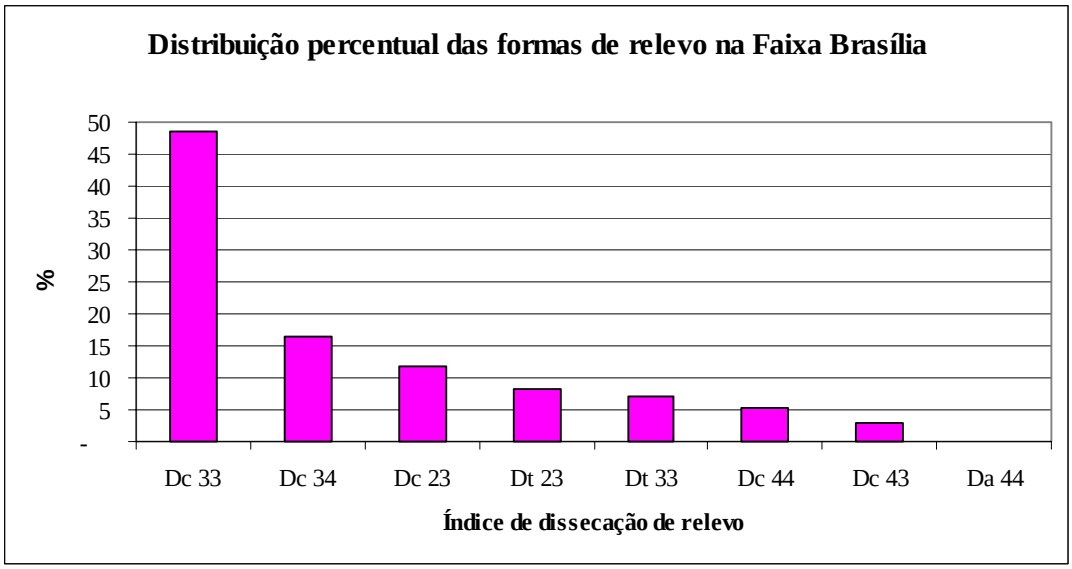


Figura 20 – Distribuição percentual das formas de relevo de Araxá – MG
Autor: ROCHA, M. B. B.

O gráfico da figura 20 mostra que o maior percentual de área é quase 50% e corresponde ao índice de dissecação Dc 33, implicando um grau médio de entalhe dos vales (3) e densidade de drenagem média (3). O índice de dissecação Da 44 é tão insignificante, que nem aparece no gráfico.

Para melhor identificar e quantificar as formas de relevo dentro de cada sub-bacia, foi realizada a tabulação cruzada dos mapas geomorfológico e de sub-bacias, dando origem à tabela 14.

Os dados da tabela 14 revelam que 58% da área da Sub-bacia do Ribeirão Marmelo, o maior percentual, é ocupada por um relevo com um grau médio de entalhamento dos vales (3) e uma densidade de drenagem média (3), correspondendo à categoria Dc33 da Faixa Brasília. A forma de relevo que ocupa o menor espaço é Dt 33, cujo percentual está abaixo de 1%. Dentre as categorias Dc 34 e Dc 44, os maiores percentuais de área se encontram na Sub-bacia do Ribeirão Marmelo, correspondendo a 31% e 58%, respectivamente.

TABELA 11 - Área ocupada pelas formas de relevo nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais

Sub-bacia	Área ocupada pelas formas de relevo em hectares; Percentual em cada categoria; Percentual em cada sub-bacia																									
	PLANALTO DISSECADO (FAIXA BRASÍLIA)																								Sub-total	
	Da 44			Dc 23			Dc 33			Dc 34			Dc 43			Dc 44			Dt 23			Dt 33				
	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	-	-	-	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% da sub-bacia
Ribeirão Marmelo	-	-	-	-	-	-	13.217	23	58	5.899	31	26	11	-	-	3.678	58	16	-	-	-	3	-	-	22.808	100
Ribeirão Capivara	-	-	-	-	-	-	6.416	11	56	2.884	15	25	-	-	-	2.048	32	18	-	-	-	89	1	1	11.437	100
Ribeirão Pirapetinga	10	6	-	5.281	40	55	3.504	6	37	735	4	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.530	100
Córrego Fundo	39	24	-	7.104	54	70	482	1	5	2.512	13	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.137	100
Ribeirão do Inferno	116	70	1	345	-	1	13.482	24	52	-	-	-	3.267	100	13	600	9	2	-	-	-	8.089	99	31	25.899	100
Córrego do Retiro	-	-	-	-	-	-	2.830	5	78	-	-	-	-	-	-	-	-	-	777	8	22	-	-	-	3.607	100
Córrego do Sal	-	-	-	-	-	-	7.237	13	90	760	4	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.997	100
Córrego da Galinha	-	-	-	-	-	-	5.668	10	50	1.245	7	11	-	-	-	-	-	-	4.343	45	39		-	-	11.256	100
Córrego Feio e Areia	-	-	-	714	6	18	3.164	6	78	161	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.039	100
Ribeirão Tamanduá	-	-	-	-	-	-	565	1	6	4.870	25	49	-	-	-	-	-	-	4.551	47	45		-	-	9.986	100
Total	165	100		3.444	100	-	56.565	100	-	19.066	100	-	3.278	100	-	6.326	100	-	9.671	100	-	8.181	100	-	116.696	-

Autor: ROCHA, M. B. B.

Grande parte da Sub-bacia do Ribeirão Capivara (56%) é constituída por um relevo cujo grau de entalhamento dos vales é médio (3) e a densidade de drenagem é média (3), correspondendo à categoria Dc 33. A categoria menos relevante na sub-bacia é a Dt 33, que ocupa apenas 1% da área.

A forma de relevo que mais se destaca na Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga é o Dc 23, cujo grau de entalhamento dos vales é fraco (2) e a densidade de drenagem é média (3) e, ocupa 55% da área. A forma de relevo que ocupa a menor área desta sub-bacia é o Da 44, com um percentual de 1%.

Na Sub-bacia do Córrego Fundo, o índice de dissecação do relevo que ocupa a maior área é o Dc 23, com um percentual de 70%. A menor área é ocupada pela categoria Dc 33 e corresponde a 5%. Esta sub-bacia contém o maior percentual de área da categoria Dc 23: 54%.

A maior parte da Sub-bacia do Ribeirão do Inferno é ocupada pela classe Dc 33, com 52%. A categoria que ocupa a menor área é a Da 44, em torno de 1%. Nesta sub-bacia, as categorias Da 44, Dc 33, Dc 43, e Dt 33 contêm o maior percentual de áreas quando comparado com as outras sub-bacias: 70%, 24%, 100% e 99%, respectivamente.

Apenas duas formas de relevo constituem a Sub-bacia do Córrego do Retiro, o Dc 33, com uma ocupação de 78% da área, e o Dt 23 com 22%.

Os relevos que constituem a Sub-bacia do Córrego do Sal, em número de dois, são os da categoria Dc 33 e Dc 34, e ocupam 90% e 10% da área, respectivamente.

A Sub-bacia do Córrego da Galinha tem a maior área de relevo na categoria Dc 33, com um percentual de 50%, e a menor área na categoria Dc 34, com um percentual de 11%.

Na Sub-bacia dos córregos Feio e Areia, Dc33 é a categoria que ocupa a maior área com um percentual de 78% e Dc 34, a menor área com um percentual de 4%.

A Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá tem Dc 34 como a categoria com maior área,

ocupando 49% e Dc 33, com menor área, ocupando 6%. Nesta sub-bacia, a categoria Dt 23 tem um maior percentual de área quando comparado às outras categorias: 47%.

5.5 Carta Imagem

As imagens de satélite CCD/CBERS-2 das bandas 2, 3 e 4 das órbitas/ponto 156-122 e 155-122 do mês de abril de 2005 foram georreferenciadas. Grande parte do município está contida na órbita 155. Após o georreferenciamento, foi realizado o mosaico das imagens, para, em seguida, se elaborar a composição colorida, onde foram usadas as cores azul (*blue*), verde (*green*) e vermelho (*red*) para as bandas 2, 3 e 4, respectivamente. Sobre a composição colorida, foi acrescido o *layer* da hidrografia. Nesta composição colorida, de maneira geral, a cor vermelha representa as culturas, e a verde, o solo exposto ou preparado para o cultivo. A cor preta representa os corpos d'água. O cinza azulado e o ciano esverdeado são os tons das barragens de rejeito. O ciano claro representa a área urbana.

A carta imagem permitiu, juntamente com a chave de fotointerpretação, identificar e mapear as diversas categorias de uso da terra no município de Araxá.

A figura 21 apresenta uma carta imagem CCD/CBERS-2, 2b3g4r, obtida em abril de 2005, do município de Araxá.

Após o georreferenciamento, as imagens do satélite Landsat 5 foram sintetizadas em uma composição colorida, onde a banda 2 recebeu a coloração azul (*blue*), a banda 3, a cor verde (*green*) e a banda 4, a cor vermelha (*red*), formando, portanto, a composição 2b3g4r. De modo análogo à carta imagem CBERS 2, à carta imagem Landsat foi adicionado o *layer* hidrografia. Por ter a mesma composição colorida das imagens do CBERS 2, as feições da carta imagem TM/Landsat 5 tiveram tonalidades semelhantes às da carta imagem CBERS.

A figura 22 apresenta uma carta imagem TM/Landsat 5, 2b3g4r, obtida em abril de 1985, do município de Araxá.

Araxá - MG - Carta imagem CCD/CBERS 2 - 2005

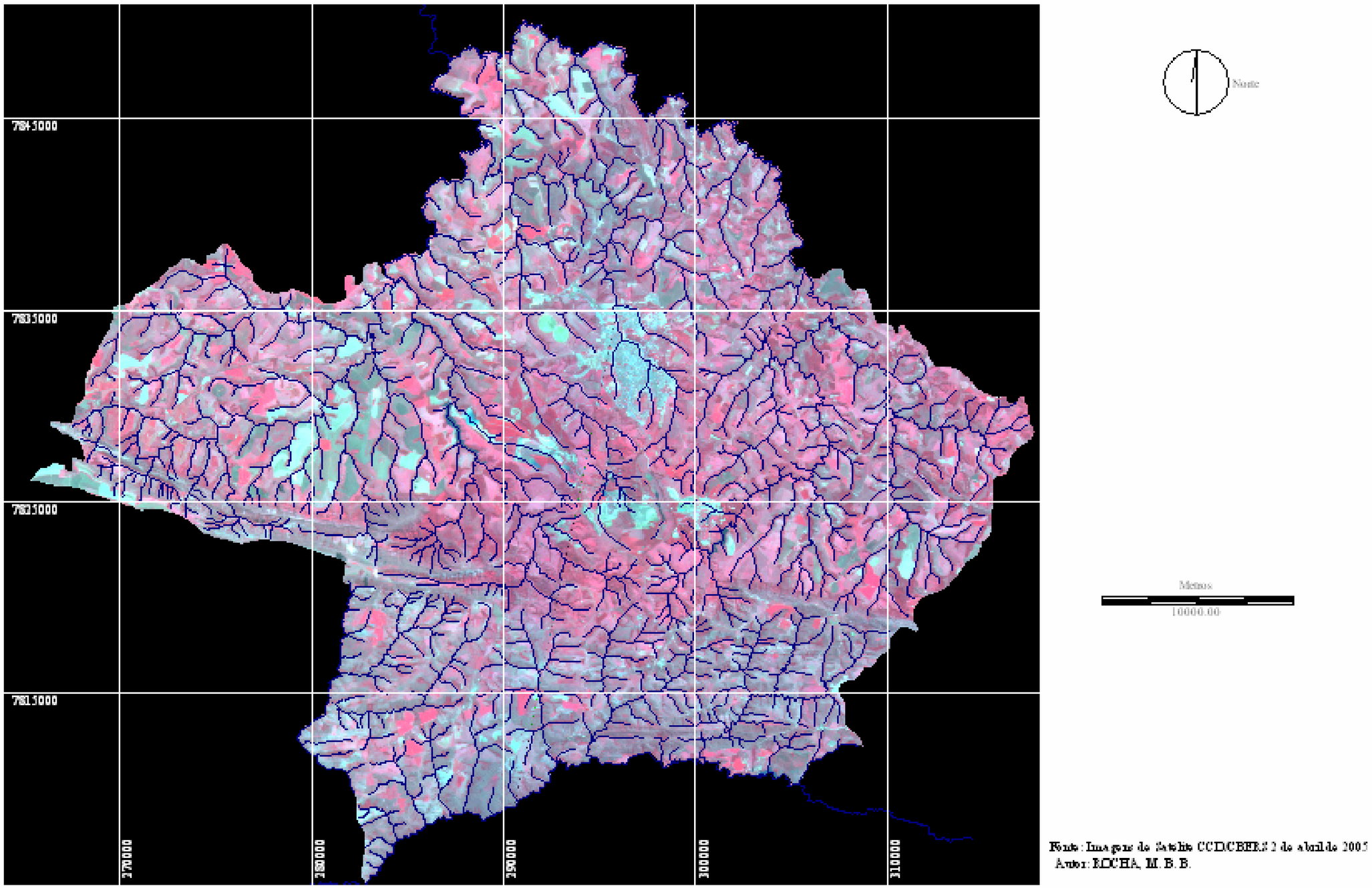
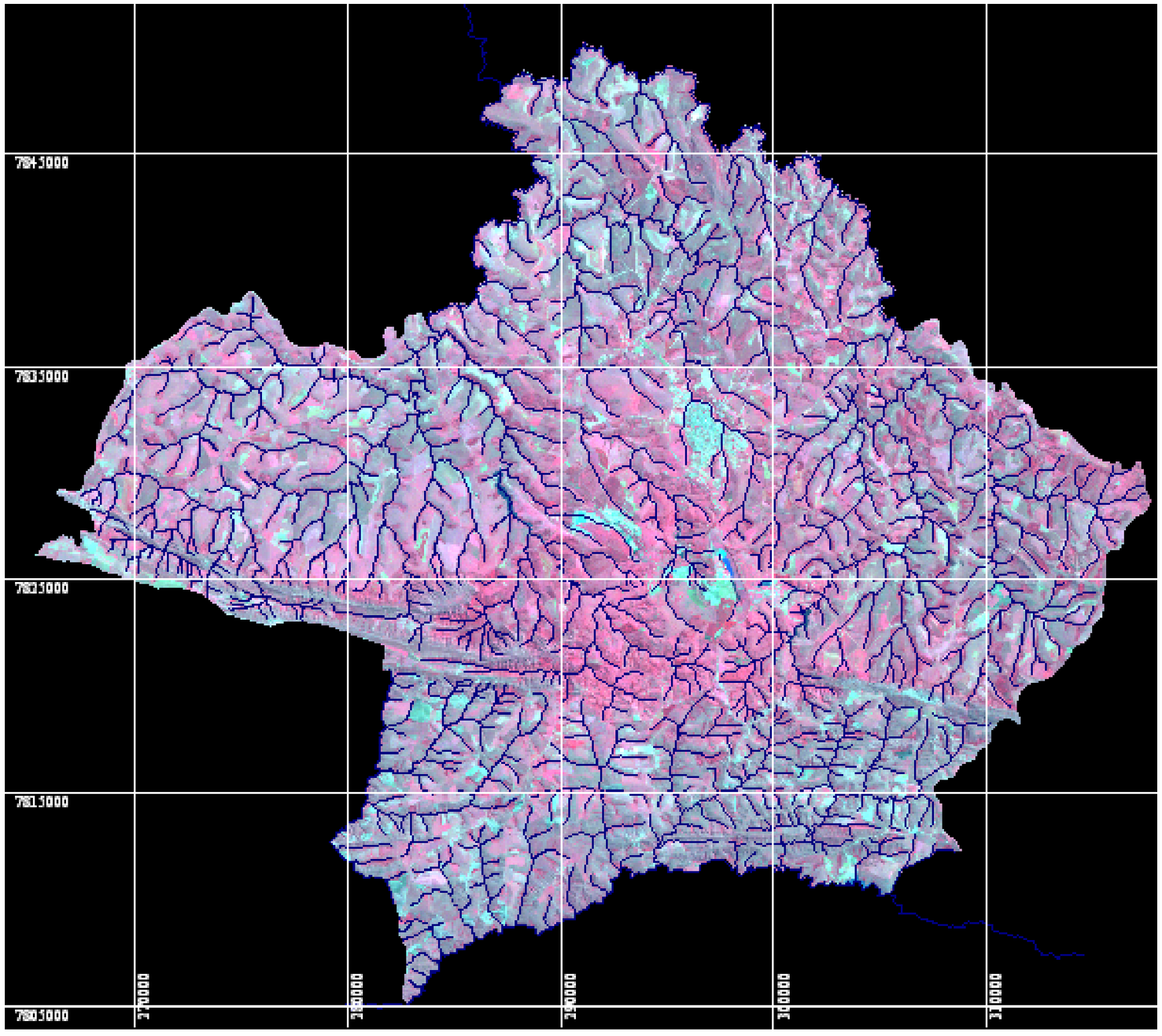
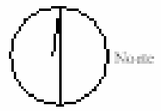


Figura 21 – Carta imagem CCD/CBERS 2 2b3g4r – abril de 2005 - Araxá - MG

Araxá - MG: Carta imagem TM/Landsat 5 - 1985





Fonte: Imagem de satélite TM/Landsat 5 de abril de 1985
Autor: ROCHA, M. B. B.

Figura 22 – Carta imagem TM/Landsat 5 2b3g4r – abril de 1985 - Araxá - MG

5.6 Mapa de Uso da Terra

Os mapas de uso da terra foram elaborados a partir de imagens de satélite de dois períodos distintos: 1985 e 2005.

O primeiro mapa de uso da terra elaborado foi o de 2005 porque o processo de aquisição de imagens do satélite CBERS 2 foi mais rápido, em função de sua gratuidade. Outro fato é que à medida que se interpreta uma imagem de satélite atual e tem dúvidas, realiza trabalhos de campo para dirimir dúvidas, ao mesmo tempo em que adquire experiência para interpretar imagens de outra época.

5.6.1 Mapa de uso da terra de 2005

Para a elaboração do mapa de uso da terra de 2005, foram identificadas e mapeadas 11 categorias de uso no município de Araxá, nomeadas na seguinte ordem: Pivô; Urbano e de Uso Misto; Campo Rupestre; Reflorestamento; Água; Agricultura; Mineração; Mata; Pastagem; Cerrado; e Campo Limpo.

a – Pivô

Corresponde à área agrícola onde são utilizados pivôs para a irrigação. Na carta imagem CBERS, estes aparecem em tons esverdeados e de forma circular, em uma demonstração de que na época da passagem do satélite, não havia nenhuma cultura. Em Araxá, os pivôs estão situados na Sub-bacia do Córrego do Retiro, do Ribeirão Capivara e do Ribeirão Marmelo.

A figura 23 apresenta uma área com pivô central para irrigação.

Figura 23 – Pivô (Sub-bacia do Córrego do Retiro)
Coordenadas UTM: 291.842mE - 7.837.175mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 26/02/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

b – Urbano e Uso Misto

Compreende as áreas com edificações, tais como, vilarejos, distrito industrial, cidades e outras áreas antrópicas, isoladas do centro urbano. Em Araxá, grande parte da área urbana se concentra nas sub-bacias dos córregos da Galinha e do Sal.

A seguir, serão apresentadas quatro fotografias que foram classificadas como Urbano e de Uso Misto.

A figura 24 retrata um condomínio fechado localizado na Sub-bacia do Córrego da Galinha.

Figura 24 – Urbano e Uso Misto – Condomínio fechado (Sub-bacia do Córrego da Galinha)
Coordenadas UTM: 288.251mE - 7.837.533mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 18/01/2006
Autor: ROCHA, M. B. B.

A figura 25 mostra a região do Distrito Industrial de Araxá, que está situado na Sub-bacia do Córrego do Retiro.

Figura 25 – Urbano e Uso Misto – Distrito Industrial (Sub-bacia do Córrego do Retiro)
Coordenadas UTM: 291.802mE - 7.835.671mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 18/01/2006
Autor: ROCHA, M. B. B.

A vista parcial da cidade está ilustrada na figura 26. As coordenadas se referem à Matriz de São Domingos, o Marco Zero do município de Araxá. De acordo com o IPDSA, o Marco Zero tem as seguintes coordenadas:

Geográficas: Latitude: 19º35'31,4776" S – Longitude: 46º56'25,2212" W

UTM: 296.481,5619mE - 7.832.495,0639mN

Figura 26 – Urbano e Uso Misto – Vista parcial da cidade (Sub-bacia do Córrego da Galinha)
Coordenadas UTM: 296.481mE - 7.832.495mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 18/01/2006
Autor: ROCHA, M. B. B.

A figura 27 mostra uma visão panorâmica do Barreiro, onde foi construído o Grande Hotel e está localizado na Sub-bacia do Córrego do Sal.

Figura 27 – Urbano e Uso Misto – Vista panorâmica do Barreiro (Sub-bacia do Córrego do Sal)
Coordenadas UTM: 295.557mE - 7.826.467mN
Fonte: ARAXÁ. Prefeitura Municipal. Informativo Sócio-econômico 2004.

c – Campo Rupestre

São regiões com altitudes superiores a 900 metros, dotadas de vegetação herbáceo-arbustiva, com arvoretas de 2 metros de altura. Os solos são litólicos, podendo apresentar afloramentos rochosos. Em Araxá, a maior concentração de Campo Rupestre é encontrado na região das serras, nas sub-bacias do Ribeirão do Inferno e do Marmelo.

As duas figuras mostradas a seguir foram classificadas como Campo Rupestre.

A figura 28 apresenta uma paisagem dotada de afloramentos rochosos, típica da região da Serra da Bocaina, na Sub-bacia do Ribeirão do Inferno.

Figura 28 – Campo Rupestre (Sub-bacia do Ribeirão do Inferno - região da Serra da Bocaina)
Coordenadas UTM: 306.216mE - 7.819.675mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 02/04/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

A figura 29 mostra a vegetação que cobre a Serra Velha ou Santa Bárbara, na região norte do município, próximo à divisa de Ibiá, na Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá.

Figura 29 – Campo Rupestre (Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá - região da Serra Velha)
Coordenadas UTM: 297.173mE - 7.842.935mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 26/02/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

d – Reflorestamento

Região onde a vegetação nativa foi substituída pela plantação de florestas homogêneas de crescimento rápido, tais como, eucalipto e pinus. De acordo com Baggio Filho (2003), no município de Araxá as florestas artificiais de pinus tropical foram implantadas na década de 70. Nesta pesquisa, pelos trabalhos de campo realizados, verificou-se que os maciços florestais plantados são de eucalipto e estão localizados dentro dos limites das empresas mineradoras da cidade, BUNGE e CBMM. A carta imagem apresenta tom vermelho para o reflorestamento: se a lavoura é jovem, o tom do vermelho é escarlate; se senil, o tom é escuro.

A figura 30 apresenta duas plantações de eucaliptos: uma está em fase de crescimento e a outra já se encontra quase em ponto de corte.

Figura 30 – Reflorestamento (Sub-bacia do Ribeirão Capivara - BUNGE)
Coordenadas UTM: 290.882mE - 7.829.513mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 11/11/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

e – Corpos d'água

Estão representados pelos reservatórios de água natural ou artificial, tais como, represas, lagos, lagoas e açudes.

A figura 31 mostra a represa da BUNGE Fertilizantes, localizada na Sub-bacia do Ribeirão Capivara.

Figura 31 – Corpos d'água (Sub-bacia do Ribeirão Capivara - represa da BUNGE)
Coordenadas UTM: 286.818mE - 7.829.569mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 11/11/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

f – Agricultura

Corresponde à terra plantada com as culturas perenes e anuais, além das terras preparadas para o plantio. Compreende também às terras com resíduos das culturas anteriores e terrenos em período de pousio, cultivados no ano anterior.

Cultura perene é aquela cujo ciclo de plantio é longo e, no município, o café se destaca como tal.

A figura 32 retrata uma cultura perene aqui representada pelo café, cuja lavoura está localizada na Sub-bacia do Córrego Fundo.

Figura 32 – Cultura perene de café (Sub-bacia do Córrego Fundo)
Coordenadas UTM: 310.701mE - 7.833.528mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 02/04/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

A cultura anual caracteriza-se pelo ciclo curto e colheita anual. Tem destaque no município o milho e a soja.

A figura 33 apresenta uma cultura anual de milho que está localizada na Sub-bacia do Córrego da Galinha.

Figura 33 – Cultura anual de milho (Sub-bacia do Córrego da Galinha)
Coordenadas UTM: 296.041mE - 7.841.904mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 26/02/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

A figura 34 mostra uma cultura anual de soja situada na Sub-bacia do Ribeirão do Inferno.

Figura 34 – Cultura anual de soja (Sub-bacia do Ribeirão do Inferno)
Coordenadas UTM: 285.253mE - 7.812.398mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 30/04/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

Acredita-se que vai haver um aumento progressivo na produção de batatas, já que está sendo construída no município uma unidade de processamento de batata pré-frita congelada e flocos de batata, com uma área de construção de quase 12.000m^2 e previsão de inauguração em setembro de 2006.

A Sub-bacia do Ribeirão Marmelo contém a maior parte das terras destinadas ao uso agrícola. A figura 35 apresenta uma determinada região desta sub-bacia que, em fevereiro de 2005, era utilizada para o plantio de culturas anuais.

Figura 35 – Cultura anual/milho (Sub-bacia do Ribeirão Marmelo)
Coordenadas UTM: 282.040mE - 7.832.695mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 26/02/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

Esta mesma área foi fotografada em novembro de 2005, e nota-se que a área será utilizada como pousio antes da estação chuvosa, o que pode ser verificado na figura 36.

Figura 36 – Cultura anual / pousio (Sub-bacia do Ribeirão Marmelo)
Coordenadas UTM: 282.040mE - 7.832.695mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 15/11/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

g – Mineração

Refere-se à área ocupada pelas indústrias extrativistas de pirocloro (CBMM) e apatita (BUNGE) inseridas no município. Nesta categoria, estão incluídos as minas, as barragens de rejeito, os depósitos de material estéril e os parques industriais.

A figura 37 mostra a mina de extração do pirocloro da CBMM.

Figura 37 – Mina de extração do pirocloro – CBMM (Sub-bacia do Córrego do Sal)
Coordenadas UTM: 297.280mE - 7.824.383mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 09/11/2004
Autor: ROCHA, M. B. B.

A figura 38 mostra uma das barragens de rejeitos da CBMM.

Figura 38 – Barragem de rejeitos – CBMM (Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga)
Coordenadas UTM: 299.469mE - 7.824.906mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 09/11/2004
Autor: ROCHA, M. B. B.

A figura 39 retrata o depósito de material estéril da BUNGE Fertilizantes, no centro esquerdo da foto, e também a fachada posterior do Grande Hotel.

Figura 39 – Depósito de material estéril - BUNGE (Sub-bacia do Córrego do Sal)
Coordenadas UTM: 294.472mE - 7.824.317mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 09/11/2004
Autor: ROCHA, M. B. B.

A figura 40 apresenta o parque industrial da CBMM no segundo plano. No primeiro plano, vê-se a barragem de rejeitos cuja construção foi finalizada em dezembro de 2005. No dia do trabalho de campo, ela estava sendo preenchida com água até um determinado nível, para em seguida, serem lançados os rejeitos.

Figura 40 – Parque industrial - CBMM (Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga)
Coordenadas UTM: 299.983mE - 7.824.254mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 18/01/2006
Autor: ROCHA, M. B. B.

h – Mata

Corresponde às formações florestais naturais cuja vegetação é arbórea com dossel. Estão incluídas nesta categoria a Mata de Galeria, a Mata Seca e o Cerradão.

A figura 41 mostra uma mata e parte do parque industrial da BUNGE Fertilizantes no segundo plano.

Figura 41 – Mata (Sub-bacia do Ribeirão Capivara)
Coordenadas UTM: 288.399mE - 7.825.920mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 12/03/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

i – Pastagem

Pode ser nativa ou cultivada. A vegetação da pastagem nativa caracteriza-se pelo predomínio de gramíneas, ervas, arbustos e árvores dispersas. Uma área de pastagem nativa tem como principal atividade o pastoreio.

A pastagem cultivada ocorre em áreas onde a pastagem nativa foi suprimida e substituída por uma vegetação herbáceo-gramínea de alto teor nutritivo para o gado.

A figura 42 apresenta uma área onde a pastagem é plantada e se localiza na Sub-bacia do Córrego da Galinha.

Figura 42 – Pastagem cultivada (Sub-bacia do Córrego da Galinha)
Coordenadas UTM: 295.228mE - 7.837.336mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 02/04/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

A figura 43 mostra uma região da Sub-bacia do Ribeirão Marmelo onde a pastagem é cultivada. No primeiro plano, vê-se uma pastagem cultivada, no segundo, terras agricultáveis e, como pano de fundo, a imponente Serra do Quilombo.

Figura 43 – Pastagem cultivada (Sub-bacia do Ribeirão do Marmelo)
Coordenadas UTM: 285.958mE - 7.829.984mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 12/03/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

j – Cerrado

O que caracteriza o Cerrado são as árvores baixas, inclinadas, tortuosas, com galhos irregulares e retorcidos. As árvores são afastadas umas das outras e raramente se vê o encontro de dosséis. Suas cascas grossas, gretadas e cortiçosas, cuja função é proteger do fogo, são características dos troncos das árvores lenhosas. As folhas são grandes, espessas e duras. O solo é revestido por gramíneas e arbustos salpicados e as árvores têm raízes profundas.

A figura 44 apresenta uma região de Cerrado que está localizada na Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá.

Figura 44 – Cerrado (Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá)
Coordenadas UTM: 299.851mE - 7.842.220mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 04/12/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

Na figura 45, a paisagem apresentada foi classificada como Cerrado e está localizada na Sub-bacia do Córrego do Retiro.

Figura 45 – Cerrado (Sub-bacia do Córrego do Retiro)
Coordenadas UTM: 296.643mE - 7.837.175mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 15/11/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

k – Campo Limpo

A vegetação dominante no Campo Limpo é a herbácea, sem nenhuma árvore e raros arbustos. É encontrado principalmente em encostas, nas bordas das Matas de Galeria, nos olhos d'água, nas chapadas e, circundando as Veredas.

A figura 46 apresenta uma paisagem de Campo Limpo na Sub-bacia do Ribeirão Marmelo, na região da Serra do Sacramento ou Taquaral.

Figura 46 – Campo Limpo (Sub-bacia do Ribeirão do Inferno)
Coordenadas UTM: 284.382mE - 7.820.147mN
Fonte: Trabalho de campo realizado no dia 06/11/2005
Autor: ROCHA, M. B. B.

A partir da interpretação da imagem de satélite CBERS 2 e da identificação das categorias de uso, foi possível obter o mapa de uso da terra do município de Araxá no ano de 2005, conforme mostra a figura 47.

Ao analisar o mapa de uso da terra de 2005, verifica-se que há um predomínio do tom laranja na região sul do município (Campo Rupestre), do tom amarelo, na região oeste (Agricultura) e da cor cinza (Pastagem), nas regiões centro-sul, centro-norte e centro-leste do município.

A partir do mapa de uso da terra, foi possível elaborar a tabela 15, que mostra a área de cada categoria de uso no ano de 2005 em km^2 e hectares, além do percentual em relação à área total do município.

TABELA 15 - Área ocupada pelas classes de uso da terra no município de Araxá - MG em 2005

Categoria	**Área ocupada**		
	km^2	**hectares**	**%**
Pivô	2,24	224,00	0,19
Urbano e Uso Misto	22,90	2.290,00	1,96
Campo Rupestre	167,3	16.730,00	14,34
Reflorestamento	11,58	1.158,00	0,99
Corpos d'água	3,02	302,00	0,26
Agricultura	188,14	18.814,00	16,12
Mineração	14,56	1.456,00	1,25
Mata	180,71	18.071,00	15,49
Pastagem	539,33	53.933,00	46,22
Cerrado	11,25	1.125,00	0,96
Campo Limpo	25,93	2.593,00	2,22
Total	**1.166,96**	**116.696,00**	**100,00**

Autor: ROCHA, M. B. B.

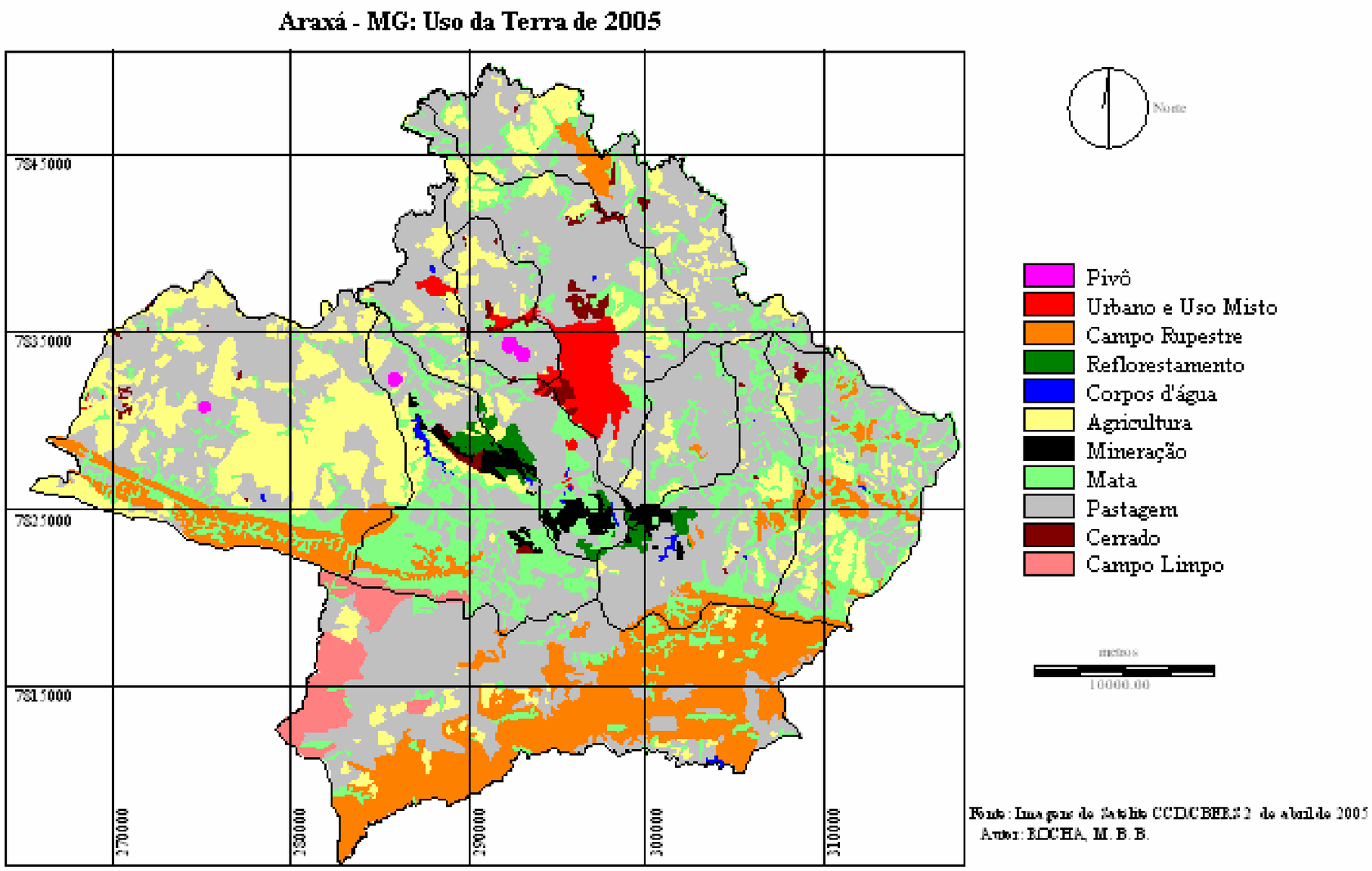


Figura 47 – Mapa de Uso da Terra de 2005 de Araxá - MG

Os dados da tabela 15 revelam que a maior área de ocupação das terras de Araxá é a Pastagem, correspondendo a 46,22% da área total do município. As fitofisionomias do Bioma Cerrado, representados pelo Campo Rupestre, Mata, Cerrado e Campo Limpo, cobrem 33,01%. As menores áreas de ocupação do solo do município são Pivô, que corresponde a 0,19%, Corpos d'água, a 0,26%, Reflorestamento, a 0,99% e Mineração, a 1,25%. A área urbana e de uso misto só ocupa 1,96% da área total do município.

A figura 48 apresenta um gráfico que mostra a distribuição percentual do uso da terra no ano de 2005.

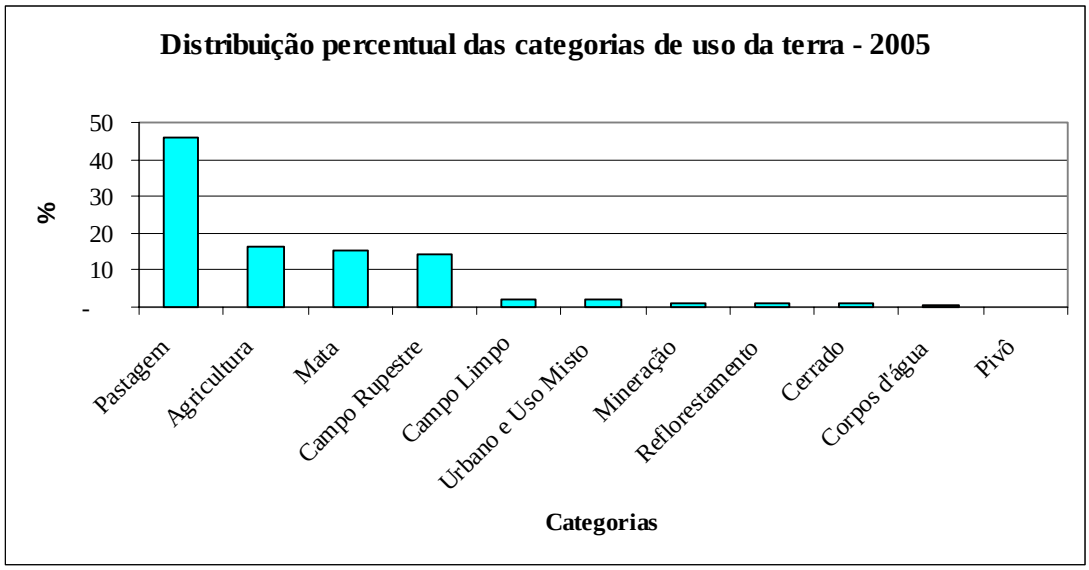


Figura 48 – Percentual das categorias de uso da terra de 2005, em Araxá - MG
Autor: ROCHA, M. B. B.

Pelo gráfico da figura 48, nota-se que a Pastagem é a categoria que mais se apresenta no município: perto de 45%. O percentual de Campo Rupestre, Agricultura e Mata é praticamente o mesmo, em torno de 15%. As demais categorias estão abaixo de 3%.

Para melhor interpretar o uso da terra de 2005, é pertinente realizar a tabulação cruzada de seu mapa com o das sub-bacias hidrográficas. As tabelas 16 e 16a mostram as áreas de uso da terra em cada sub-bacia.

TABELA 16 - Área ocupada pelas classes de uso da terra de 2005 nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais

Sub-bacia	**Área ocupada pelas classes de uso da terra de 2005 em hectares; Percentual em cada categoria; Percentual em cada sub-bacia**																
	Pivô			Urbano e Uso Misto			Campo Rupestre			Reflorestamento			Corpos d'água			**Sub-total**	
	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% da sub-bacia
Ribeirão Marmelo	40	18	-	19	1	-	2.503	15	11	-	-	-	11	3	-	2.573	11
Ribeirão Capivara	51	23	-	-	-	-	480	3	4	389	34	4	114	38	1	1.034	9
Ribeirão Pirapetinga	-	-	-	-	-	-	791	5	8	349	30	4	55	18	-	1.195	12
Córrego Fundo	-	-	-	-	-	-	1.021	6	10	-	-	-	11	3	-	1.032	10
Ribeirão do Inferno	-	-	-	-	-	-	11.405	68	44	-	-	-	31	10	-	11.436	44
Córrego do Retiro	133	59	4	172	8	5	-	-	-	-	-	-	2	1	-	307	9
Córrego do Sal	-	-	-	256	11	3	-	-	-	420	36	5	59	20	1	735	9
Córrego da Galinha	-	-	-	1.843	80	16	-	-	-	-	-	-	12	4	-	1.855	16
Córrego Feio e Areia	-	-	-	-	-	-	32	0	1	-	-	-	2	1	-	34	1
Ribeirão Tamanduá	-	-	-	-	-	-	498	3	5	-	-	-	5	2	-	503	5
Total	224	100	-	2.290	100	-	16.730	100	-	1.158	100	-	302	100	-	20.704	-

Autor: ROCHA, M. B. B.

TABELA 16a - Área ocupada pelas classes de uso da terra de 2005 nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais

Sub-bacia	**Área ocupada pelas classes de uso da terra de 2005 em hectares; Percentual em cada categoria; Percentual em cada sub-bacia**																				
	Agricultura			Mineração			Mata			Pastagem			Cerrado			Campo Limpo			**Sub-total**		**Total**
	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% da sub-bacia	Área
Ribeirão Marmelo	9.059	48	40	-	-	-	2.186	12	10	8.887	16	39	103	9	-	-	-	-	20.235	89	22.808
Ribeirão Capivara	1.140	6	10	554	38	5	4.255	24	37	4.038	7	35	145	13	1	274	11	3	10.406	91	11.437
Ribeirão Pirapetinga	730	4	8	297	20	3	2.072	11	22	5.211	10	55	25	2	-	-	-	-	8.335	88	9.530
Córrego Fundo	1.438	8	14	-	-	-	3.175	18	31	4.440	8	44	52	5	1	-	-	-	9.105	90	10.137
Ribeirão do Inferno	1.170	6	5	-	-	-	1.630	9	6	9.344	17	36	-	-	-	2.319	89	9	14.463	56	25.899
Córrego do Retiro	496	3	14	-	-	-	211	1	6	2.465	5	68	125	11	3	-	-	-	3.297	91	3.607
Córrego do Sal	945	5	12	582	40	7	1.285	7	16	4.373	8	55	77	7	1	-	-	-	7.262	91	7.997
Córrego da Galinha	1.487	8	13	-	-	-	1.310	7	12	6.097	11	54	507	45	5	-	-	-	9.401	84	11.256
Córrego Feio e Areia	307	1	8	23	2	1	517	3	12	3.158	6	78	-	-	-	-	-	-	4.005	99	4.039
Ribeirão Tamanduá	2.042	11	21	-	-	-	1.430	8	14	5.920	11	59	91	8	1	-	-	-	9.483	95	9.986
Total	18.814	100	-	1.456	100	-	18.071	100	-	53.933	100	-	1.125	100	-	2.593	100	-	95.992	-	116.696

Autor: ROCHA, M. B. B.

A tabela 16a mostra que a Agricultura é a classe que ocupa a maior área na Sub-bacia do Ribeirão Marmelo, respondendo por 40%, seguida de perto pela Pastagem, que representa 39% da área. Dentro do município, 48% das terras usadas para a Agricultura, e 17% das terras utilizadas para a Pastagem estão situadas dentro desta sub-bacia, e são os maiores percentuais de ambas as categorias, se comparados às outras sub-bacias. A classe com menor área de uso de terra é Corpos d'água, como mostra a tabela 16, pois o percentual de ocupação não atinge nem 1%.

Na Sub-bacia do Ribeirão Capivara, a área de ocupação com maior representatividade são as Matas, que cobrem 37% da área, e as Pastagens, 35%. Também é nesta sub-bacia que ocorre o maior percentual de Corpos d'água, 38%, e Mata, 24%, quando comparado com as outras sub-bacias. As áreas com o menor índice de ocupação nesta sub-bacia são as da categoria Corpos d'água e correspondem a 1%.

A maior ocupação do solo, tanto na Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga quanto na do Córrego Fundo, é a Pastagem, com 55% e 44%, respectivamente. Porém, a menor ocupação da área na Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga é com a categoria Cerrado, cujo percentual está abaixo de 1%, ao passo que na do Córrego Fundo é com a categoria Corpos d'água, com percentual também inferior a 1%

Os maiores percentuais de Campo Rupestre e de Campo Limpo estão na Sub-bacia do Ribeirão do Inferno, e correspondem a 68% e 89%, respectivamente. A maior área ocupada por uma classe de uso nesta sub-bacia é também o Campo Rupestre com 44%, enquanto que a categoria Corpos d'água é a que ocupa o menor espaço com um percentual inferior a 1%.

A Pastagem é a classe de uso que ocupa a maior área da Sub-bacia do Córrego do Retiro, 68%, e os Corpos d'água, a menor área, com um percentual inferior a 1%. A classe de uso Pivô está mais concentrada nesta sub-bacia, com um percentual de 59%.

A Sub-bacia do Córrego do Sal é a que tem a maior concentração das atividades de

Mineração, 40% e Reflorestamento, 36%. Porém, a maior ocupação da terra é com a Pastagem que usa 55% do terreno da sub-bacia e a menor ocupação é com os Corpos d'água, ocupando 1% da área.

A cidade de Araxá está quase toda inserida na Sub-bacia do Córrego da Galinha, com um percentual de 80%, em relação às outras sub-bacias. Apesar disso, a área com maior índice de ocupação de solo na sub-bacia, 54%, se refere à Pastagem, enquanto que a categoria que ocupa a menor área, os Corpos d'água, não ocupa nem 1% da área. É nesta sub-bacia que se observa a maior ocorrência da categoria Cerrado quando comparado às outras sub-bacias: 45%.

Nas sub-bacias dos córregos Feio e Areia e Ribeirão Tamanduá, a área de maior ocupação do solo é a Pastagem, com 78% e 59%, respectivamente. Em ambas as sub-bacias, os Corpos d'água são a categoria que ocupa a menor área, com um percentual inferior a 1%.

5.6.2 Mapa de uso da terra de 1985

Para a elaboração do mapa de uso da terra de 1985, foram identificadas e mapeadas 10 categorias de uso da terra no município de Araxá, nomeadas na seguinte ordem: Urbano e de Uso Misto; Campo Rupestre; Reflorestamento; Corpos d'água; Agricultura; Mineração; Mata; Pastagem; Cerrado; e Campo Limpo. A categoria Pivô não existia no ano de 1985, o que pode ser comprovado na análise da carta imagem de 1985.

A definição de cada categoria para o ano de 1985 corresponde àquela já citada para o Mapa de Uso da Terra de 2005.

A partir da interpretação da imagem de satélite TM/Landsat 5 e da identificação das categorias de uso, foi possível obter o Mapa de Uso da Terra do município de Araxá no ano de 1985, conforme mostra a figura 49.

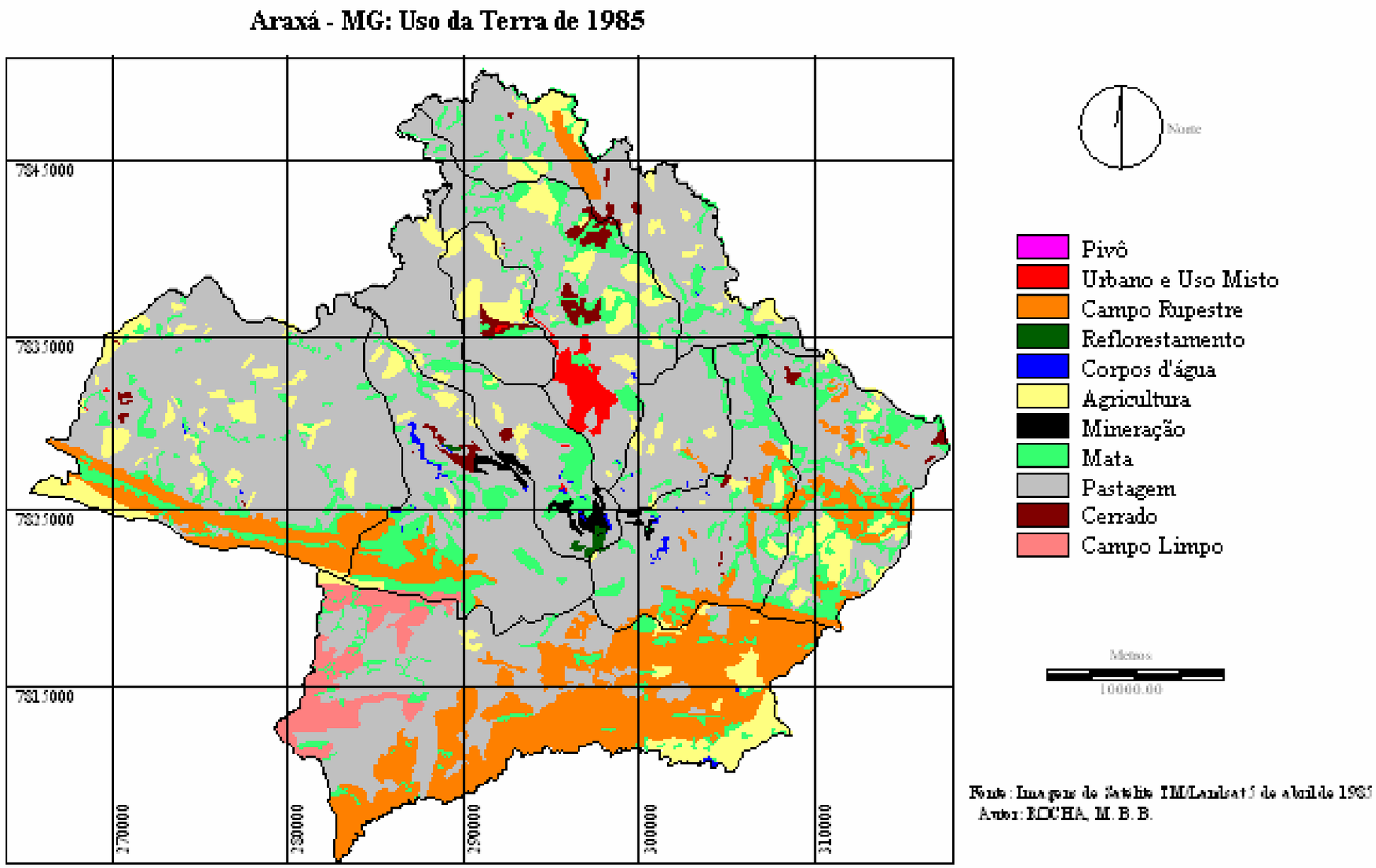


Figura 49 – Mapa de Uso da Terra de 1985 de Araxá - MG

Pelo mapa de uso da figura 49, verifica-se que em 1985 mais da metade das terras do município eram cobertas por Pastagem, representada pela cor cinza. A cor laranja, identificada pela categoria Campo Rupestre, tinha predominância na região sul do município. A Mata (cor verde-clara) e a Agricultura (cor amarela) encontravam-se salpicadas por todo município. Tanto a Mineração (cor preta) quanto o Reflorestamento (verde-escura) se localizavam na região centro-sul do município, como no ano de 2005.

A análise do mapa permitiu elaborar a tabela 17 que apresenta a área de cada categoria de uso da terra no ano de 1985, em km^2 e hectares. A última coluna da tabela mostra a porcentagem que cada categoria ocupava dentro dos limites do município.

TABELA 17 - Área ocupada pelas classes de uso da terra no município de Araxá –MG em 1985

Categoria	**Área ocupada**		
	km^2	**hectares**	**%**
Urbano e Uso Misto	10,26	1.026,00	0,88
Campo Rupestre	182,68	18.268,00	15,65
Reflorestamento	1,82	182,00	0,16
Corpos d'água	3,34	334,00	0,29
Agricultura	97,06	9.706,00	8,32
Mineração	6,95	695,00	0,60
Mata	142,94	14.294,00	12,25
Pastagem	680,85	68.085,00	58,34
Cerrado	13,33	1.333,00	1,14
Campo Limpo	27,73	2.773,00	2,37
Total	**1.166,96**	**116.696,00**	**100,00**

Autor: ROCHA, M. B. B.

Os dados da tabela 17 mostram que no ano de 1985 as terras de Araxá eram mais ocupadas por Pastagens e estas cobriam 58,34% da área do município. As fitofisionomias do Bioma Cerrado, aqui elencados por Campo Rupestre, Mata, Cerrado e Campo Limpo, ocupavam 31,41%. Os demais usos totalizavam 10,25%.

A partir dos dados da tabela 17, foi possível elaborar um gráfico, conforme figura 50, que mostra a distribuição percentual do uso da terra em Araxá no ano de 1985.

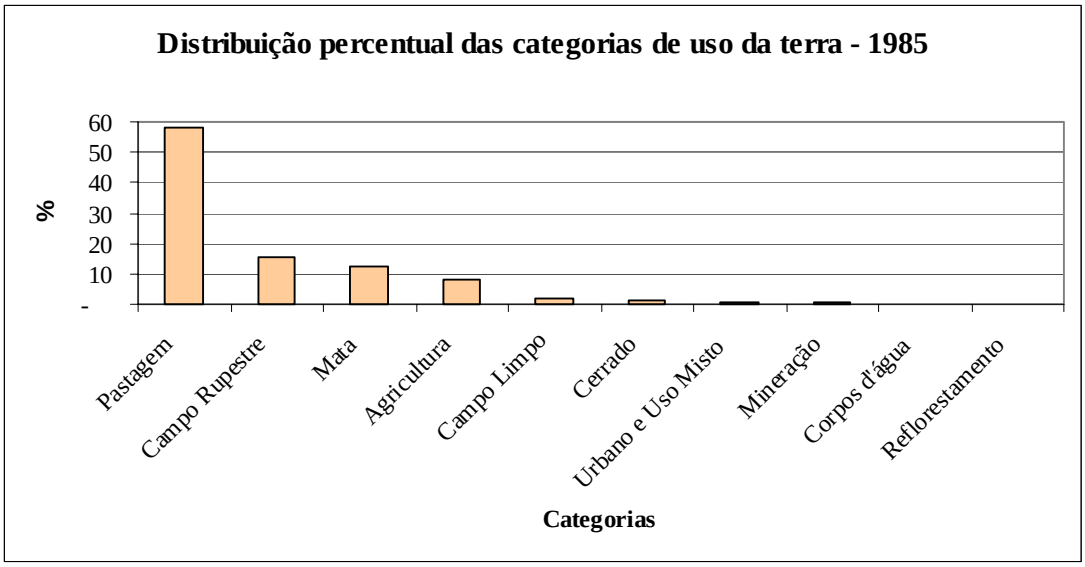


Figura 50 – Percentual das categorias de uso da terra de 1985, em Araxá - MG
Autor: ROCHA, M. B. B.

O gráfico da figura 50 mostra que a Pastagem ocupava quase 60% das terras do município e o Campo Rupestre, em torno de 15%. A Mata ocupava em torno de 12%, a Agricultura, quase 10% e o Campo Limpo, pouco mais de 2% da área. As outras categorias correspondiam a menos de 1% da área.

Para melhor interpretar o uso da terra no município em 1985, foi conveniente proceder à tabulação cruzada dos mapas de uso da terra e das sub-bacias hidrográficas, e os resultados foram apresentados nas tabelas 18 e 18a.

A tabela 18a mostra que, em 1985, 70% da área da Sub-bacia do Ribeirão Marmelo era coberta por Pastagem. Dentre todas as sub-bacias, era na do Ribeirão Marmelo que as categorias Pastagem e Agricultura mais se destacavam: 23% e 22%. A categoria que ocupava a menor área era Urbano e Uso Misto, com um percentual inferior a 1%.

Na Sub-bacia do Ribeirão Capivara, a Pastagem era a categoria que ocupava a maior área, 60%, e a categoria que ocupava a menor área era o Reflorestamento, abaixo de 1%. Porém, continha a categoria de maior percentual entre todas sub-bacias: os Corpos d'água, com 40%.

TABELA 18 - Área ocupada pelas classes de uso da terra de 1985 nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais

Sub-bacia	**Área ocupada pelas classes de uso da terra de 1985 em hectares; Percentual em cada categoria; Percentual em cada sub-bacia**																
	Pivô			Urbano e Uso Misto			Campo Rupestre			Reflorestamento			Corpos d'água			**Sub-total**	
	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% na categoria	% da sub-bacia	Área	% da sub-bacia
Ribeirão Marmelo	-	-	-	7	1	-	2.703	15	12	-	-	-	16	5	-	2.726	12
Ribeirão Capivara	-	-	-	-	-	-	1.123	6	10	24	13	-	135	40	1	1.282	11
Ribeirão Pirapetinga	-	-	-	-	-	-	1.063	6	11	17	10	-	73	22	1	1.153	12
Córrego Fundo	-	-	-	-	-	-	1.571	9	16	-	-	-	-	-	-	1.571	16
Ribeirão do Inferno	-	-	-	-	-	-	11.264	61	44	-	-	-	34	10	-	11.298	44
Córrego do Retiro	-	-	-	26	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	1
Córrego do Sal	-	-	-	20	2	-	-	-	-	141	77	2	46	14	1	207	3
Córrego da Galinha	-	-	-	973	95	9	14	-	-	-	-	-	11	3	-	998	9
Córrego Feio e Areia	-	-	-	-	-	-	47	-	1	-	-	-	12	4	-	59	1
Ribeirão Tamanduá	-	-	-	-	-	-	483	3	5	-	-	-	7	2	-	490	5
Total	-	-	-	1.026	100	-	18.268	100	-	182	100	-	334	100	-	19.810	-

Autor: ROCHA, M. B. B.

TABELA 18a - Área ocupada pelas classes de uso da terra de 1985 nas sub-bacias de Araxá - MG e respectivos percentuais

Sub-bacia	**Área ocupada pelas classes de uso da terra de 1985 em hectares; Percentual em cada categoria; Percentual em cada sub-bacia**																				
	Agricultura			Mineração			Mata			Pastagem			Cerrado			Campo Limpo			**Sub-total**		**Total**
	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% na categ.	% da sub-bacia	Área	% da sub-bacia	Área
Ribeirão Marmelo	2.156	22	10	-	-	-	1.923	13	8	15.932	23	70	71	5	-	-	-	-	20.082	88	22.808
Ribeirão Capivara	489	5	4	208	30	2	2.320	16	20	6.802	10	60	205	15	2	131	5	1	10.155	89	11.437
Ribeirão Pirapetinga	295	3	3	98	14	1	1.812	13	19	6.124	9	64	48	4	1	-	-	-	8.377	88	9.530
Córrego Fundo	1.229	13	12	-	-	-	2.461	17	24	4.751	7	47	125	9	1	-	-	-	8.566	84	10.137
Ribeirão do Inferno	1.790	18	7	-	-	-	1.375	10	5	8.794	13	34	-	-	-	2.642	95	10	14.601	56	25.899
Córrego do Retiro	742	8	20	-	-	-	176	1	5	2.490	4	69	173	13	5	-	-	-	3.581	99	3.607
Córrego do Sal	456	5	5	389	56	5	1.005	7	12	5.893	9	74	47	4	1	-	-	-	7.790	97	7.997
Córrego da Galinha	1.281	13	11	-	-	-	1.809	13	16	6.623	10	59	545	41	5	-	-	-	10.258	91	11.256
Córrego Feio e Areia	196	2	5	-	-	-	249	2	6	3.535	5	88	-	-	-	-	-	-	3.980	99	4.039
Ribeirão Tamanduá	1.072	11	11	-	-	-	1.164	8	12	7.141	10	71	119	9	1	-	-	-	9.496	95	9.986
Total	9.706	100	-	695	100	-	14.294	100	-	68.085	100	-	1.333	100	-	2.773		-	96.886	-	116.696

Autor: ROCHA, M. B. B.

A Pastagem ocupava a maior parte da Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga, em um total de 64% da área, e o Reflorestamento, a menor parte com um percentual abaixo de 1%.

A Mata com 17% era a categoria de maior percentual na Sub-bacia do Córrego Fundo, se comparada às demais sub-bacias. Mas era a Pastagem que ocupava a maior área da sub-bacia com 47%, cabendo ao Cerrado a menor área: 1%.

A Sub-bacia do Ribeirão do Inferno tinha 44% da área ocupada por Campo Rupestre. Esta categoria e os Campos Limpos correspondiam ao maior percentual quando comparado com as outras sub-bacias: 61% e 95%, respectivamente. O menor percentual de ocupação de área era assumido pela categoria Corpos d'água, pois era abaixo de 1%.

Na Sub-bacia do Córrego do Retiro, o maior percentual das terras era ocupado pela Pastagem com 69% da área, enquanto que o menor percentual era representado pela categoria Urbano e Uso Misto com 1%.

Apesar da Pastagem ocupar a maior área da Sub-bacia do Córrego do Sal, 74%, esta sub-bacia continha o maior percentual de Reflorestamento, se comparado com as demais: 77%. A categoria Urbano e Uso Misto ocupava a menor área desta sub-bacia, mas era pouco significativa, pois o percentual era inferior a 1%.

O maior percentual das categorias Urbano e Uso Misto e, Cerrado se dava na Sub-bacia do Córrego da Galinha, 95% e 41%, respectivamente. Porém, nesta sub-bacia a maior área era ocupada pela Pastagem, 59% e a menor área, pela categoria Corpos d'água com um percentual inferior a 1%.

As sub-bacias dos córregos Feio e Areia e do Ribeirão Tamanduá tinham suas terras mais ocupadas pela Pastagem, com 88% e 71%, e menos ocupadas pela categoria Corpos d'água, cujo percentual era inferior a 1%.

5.6.3 Comparação dos mapas de uso da terra de 1985 e 2005

Foi elaborada a tabela 19 para melhor comparar o uso da terra dos dois períodos, 1985 e 2005, onde as áreas em hectares e as porcentagens das onze categorias foram justapostas.

TABELA 19 - Área ocupada pelas classes de uso da terra, em Araxá – MG 1985 e 2005

Categoria	1985		2005	
	hectares	%	hectares	%
Pivô	-	-	224,00	0,19
Urbano e Uso Misto	1.026,00	0,88	2.290,00	1,96
Campo Rupestre	18.268,00	15,65	16.730,00	14,34
Reflorestamento	182,00	0,16	1.158,00	0,99
Corpos d'água	334,00	0,29	302,00	0,26
Agricultura	9.706,00	8,32	18.814,00	16,12
Mineração	695,00	0,60	1.456,00	1,25
Mata	14.294,00	12,25	18.071,00	15,49
Pastagem	68.085,00	58,34	53.933,00	46,22
Cerrado	1.333,00	1,14	1.125,00	0,96
Campo Limpo	2.773,00	2,37	2.593,00	2,22
Total	**116.696,00**	**100,00**	**116.696,00**	**100,00**

Autor: ROCHA, M. B. B.

Pela tabela 19, conclui-se que a categoria Pivô não existia em 1985, levando a crer que todas as plantações da época eram anuais ou perenes. A categoria Pivô ocupou uma área que em 1985 era usada pela Pastagem.

A categoria Urbano e de Uso Misto cresceu 123,20% em 20 anos. Este crescimento faz sentido uma vez que a população do município em 1980 era de 53.404 habitantes e a de 2000, 78.997 habitantes, conforme censo do IBGE. Ao visualizar os dois mapas de uso lado a lado, verifica-se que a expansão urbana provocou a redução da categoria Pastagem, em um maior grau, e da categoria Mata, em um menor grau.

A área de Campo Rupestre reduziu em 8,42%. Nas Sub-bacias do Ribeirão Marmelo e do Ribeirão Capivara, a redução de 7% e de 57% na área de Campo Rupestre foi benéfica porque as áreas foram ocupadas por Matas. O fato de uma Mata ocupar um lugar que antes era um Campo Rupestre pode parecer estranho, já que os solos encontrados neste ambiente

geralmente são litólicos, rasos, pobres em nutrientes. Porém, Reatto; Correia; Spera (1998) afirmam que quando os solos litólicos são derivados de rochas básicas, podem conter vegetação de Mata Seca. Além disso, o aumento na área das Matas pode estar associado à preservação das nascentes, porque estas sub-bacias estão situadas no sopé das serras. Na Sub-bacia do Córrego Fundo, o Campo Rupestre deu lugar à Mata, à Pastagem e à Agricultura, com uma redução de área de 35%. Na Sub-bacia do Ribeirão do Inferno, houve um aumento da área de Campo Rupestre em 1%, em locais onde era Pastagem. Esse crescimento tem fundamento, levando-se em conta que Rocha *et al* (2004) concluíram que áreas sem atividades antrópicas são passíveis de reconstituição. Na Sub-bacia do Córrego da Galinha, o Campo Rupestre foi substituído em 100% pela Pastagem.Na Sub-bacia dos córregos Feio e Areia, o Campo Rupestre deu lugar para Pastagem, perdendo 32% de área. Houve um aumento de 3% no Campo Rupestre da Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá em um local onde era Pastagem.

Houve um crescimento de 536,26% na área de reflorestamento. Estas áreas estão localizadas dentro dos domínios das mineradoras que se encontram nas sub-bacias do Ribeirão Pirapetinga, do Ribeirão Capivara e do Córrego do Sal. As áreas reflorestadas ocuparam, principalmente, locais de Pastagem.

Os Corpos d’água tiveram uma redução de área em 9,58%. Essa redução ocorreu em áreas de mineração das sub-bacias do Ribeirão Capivara, Córrego do Sal e Ribeirão Pirapetinga. Ocorreu o desaparecimento de pequenas represas, localizadas nas sub-bacias supracitadas e também nas sub-bacias do Ribeirão Marmelo, Córrego Feio e Areia, Córrego da Galinha e Ribeirão Tamanduá.

De maneira geral, a área de Agricultura foi ampliada em 93,84%. Na Sub-bacia do Ribeirão Marmelo, a área de Agricultura aumentou em 320%, ocupando terras que eram na maioria usadas para a Pastagem. Nas sub-bacias do Ribeirão Capivara e do Córrego Fundo,

esse aumento foi de 133% e 17%, respectivamente, em terras que eram usadas para Pastagem. Na Sub-bacia Pirapetinga, o aumento foi de 147% e ocupou terras que eram de Pastagem e de Campo Rupestre. Houve uma redução de 35% na área de Agricultura da Sub-bacia do Ribeirão do Inferno, que se reconstituiu em Campo Rupestre, ou se transformou em Pastagem. A redução de 33% na área de Agricultura da Sub-bacia do Córrego do Retiro proporcionou um aumento na área de Pastagem. A área de terra usada para Agricultura ampliou em 107% na Sub-bacia do Córrego do Sal, utilizando para tanto, terras que eram da Pastagem. O mesmo ocorreu na Sub-bacia do Córrego da Galinha, com um percentual de 16%. Nas sub-bacias dos córregos Feio e Areia e do Ribeirão Tamanduá, a área da Agricultura foi ampliada com percentuais de 57% e 90%, respectivamente, ocupando terras que eram usadas, principalmente, pela Pastagem.

Para ilustrar a evolução da Agricultura nesses 20 anos, foi elaborada a tabela 20.

TABELA 20 - Evolução do uso da terra na categoria Agricultura, em Araxá - MG

Produto	**1985**		**2005**		**Aumento (a) ou redução (r) em %**	
	Área (ha)	**Produção (t)**	**Área (ha)**	**Produção (t)**	**Área**	**Produção**
Arroz	691	714	200	215	71r	70r
Batata inglesa	524	7.106	510	15.300	3r	115a
Café	1.597	9.167	2.250	3.519	40a	62r
Cana-de-açúcar	17	108	170	11.900	900a	10.919a
Feijão	339	137	600	540	77a	294a
Milho	2.762	7.582	5.500	25.300	99a	234a
Soja	-	-	6.200	15.252	100a	100a
Total	**5.930**	**24.814**	**15.430**	**72.026**	**160a**	**190a**

Fonte: IBGE, 2005
Org. ROCHA, M. B. B.

A tabela 20 mostra que em um período de 20 anos a área destinada para a Agricultura no município de Araxá teve um aumento de 160% e uma elevação na produção agrícola de

190%. O incremento da produção está ligado não apenas ao aumento da área de plantio, mas também ao avanço das pesquisas nas atividades agrícolas. A área de plantio de arroz foi reduzida e, por conseguinte, a produção. A área de plantio da batata inglesa teve uma redução de apenas 3%, mas a produção teve um aumento de 115%. O café, ao contrário das outras culturas, teve aumento na área cultivada e redução na produção. A explicação está na queda de preços do produto, ficando o produtor impossibilitado de custear a manutenção da lavoura. O feijão teve a área de plantio aumentada em 77% e a produção em 294%. A área de lavoura do milho foi aumentada em 99%, ao passo que a produção aumentou em 234%. No ano de 1985 não se plantava soja no município.

A área da categoria Mineração ampliou em 109,50%. Na Sub-bacia do Ribeirão Capivara, o aumento da área foi de 166%, e a categoria que reduziu a área em contrapartida foi a Pastagem. Na Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga, o aumento da área de Mineração foi de 203%, sendo que a Pastagem e os Corpos d'água foram as categorias que tiveram suas áreas reduzidas. A Sub-bacia do Córrego do Sal teve a área de Mineração aumentada em 50% e a Pastagem foi a categoria mais atingida pela redução. No ano de 1985, a Sub-bacia dos córregos Feio e Areia não continha a categoria Mineração, mas em 2005 passou a ter, todavia com pouca expressão. De acordo com as informações prestadas pela BUNGE Fertilizantes, lavraram-se em 1985, 4.985.400 toneladas de minério, enquanto que, em 2005, o total extraído foi de 4.544.168 toneladas. Na CBMM, a explotação do minério atingiu um total de 740.572 toneladas, em 1985, ao passo que, em 2005, foram extraídas 2.530.000 toneladas de minério.

A categoria Mata teve a área ampliada em 26,42%. Esta ampliação nas sub-bacias do Ribeirão Marmelo, do Ribeirão Capivara, do Ribeirão Pirapetinga e do Córrego Fundo foi de 14%, 83%, 14% e 29% respectivamente, e ocorreu principalmente no sopé das serras, nas nascentes dos córregos e ribeirões. Nas sub-bacias do Ribeirão do Inferno, do Córrego do

Retiro, dos córregos Feio e Areia e do Ribeirão Tamanduá, a área de Mata foi ampliada em 19%, 20%, 108% e 23% na região das nascentes e ao longo dos córregos. Na Sub-bacia do Córrego do Sal, o aumento da área de Mata foi de 28%, principalmente, na região próxima dos *pits* de lavra das mineradoras, que em 1985 era ocupado por Pastagem. Houve redução na categoria Mata dentro da Sub-bacia do Córrego da Galinha, de 28% por causa da expansão da fronteira agropecuária.

Houve uma redução na área da categoria Pastagem de 20,79%. Esta redução ocorreu na Sub-bacia do Ribeirão Marmelo em 44%, principalmente, por causa da expansão das atividades agrícolas. Na Sub-bacia do Ribeirão Capivara, a redução da área foi de 41% em função do aumento da área das categorias Mata, Agricultura, Reflorestamento, Mineração e Pivô. Na Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga, a redução da área foi de 15%, pois outras categorias tais como Mata, Agricultura, Mineração e Reflorestamento, aumentaram a área, subtraindo, principalmente, da Pastagem. A redução da área de Pastagem foi de 7% na Sub-bacia do Córrego Fundo em virtude do aumento de área das categorias Mata e Agricultura. Na Sub-bacia do Ribeirão do Inferno, houve um aumento da área de Pastagem de 6%. A redução da área de Pastagem na Sub-bacia do Córrego do Retiro foi pouco significativa, pois atingiu 1% e, na Sub-bacia do Córrego do Sal, foi de 26% por causa da ampliação das categorias Urbano e Uso Misto, Reflorestamento, Mineração e Agricultura. Na Sub-bacia do Córrego da Galinha, a redução de 8% na área de Pastagem proporcionou um aumento na área da categoria Urbano e Uso Misto. Na Sub-bacia dos córregos Feio e Areia, a redução da área de Pastagem foi de 11% e as categorias que tiveram incremento foi a Agricultura, Mineração e Mata. Na Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá, a redução da área de Pastagem em 17% contribuiu para o aumento da área da Agricultura.

Mesmo com a redução da área de Pastagem nos 20 anos, a produção leiteira aumentou. De acordo com os dados do IBGE, em 1985 foram produzidos 30 mil litros de leite de vaca,

ao passo que em 2005 produziram-se 22.706.050 litros. A justificativa para tal aumento se refere aos avanços tecnológicos no campo, entre eles, a pesquisa genética, o melhoramento das pastagens, a silagem, o uso de ração, a ordenha mecânica, o armazenamento do leite em tanques refrigerados antes de ser transportado para a cidade.

A categoria Cerrado teve a área reduzida em 15,60%. Na Sub-bacia do Ribeirão Marmelo a categoria teve a área ampliada em 45%. Porém, na Sub-bacia do Ribeirão Capivara, houve redução na categoria em 29%, em função do aumento da área de Reflorestamento. Na Sub-bacia do Ribeirão Pirapetinga, a redução da categoria Cerrado foi de 48%, transformando-se em grande parte em Mata. Na Sub-bacia do Córrego Fundo, a área de Cerrado foi reduzida em 58% e foi provocada pelo aumento da categoria Pastagem. Na Sub-bacia do Córrego do Retiro, a redução de 28% de Cerrado foi em função da expansão do Distrito Industrial, que foi considerado como uma categoria Urbano e Uso Misto, e encontra-se localizado nesta sub-bacia. Houve aumento da área de Cerrado na Sub-bacia do Córrego do Sal em 64%, em detrimento da redução da área de Pastagem. Na Sub-bacia do Córrego da Galinha, houve redução de 7% na área de Cerrado, em virtude da expansão da categoria Pastagem. A redução em 24% da área de Cerrado na Sub-bacia do Ribeirão Tamanduá foi em função do aumento da área de Pastagem.

De maneira geral, houve uma redução de 6,49% na área ocupada por Campo Limpo. Na Sub-bacia do Ribeirão Capivara, houve um aumento de 109%, sobretudo, devido à redução da área de Agricultura. Na Sub-bacia do Ribeirão do Inferno, a redução foi de 12%, principalmente, pelo aumento da área de Pastagem.

5.7 Adequabilidade do Uso da Terra em Função do Meio Físico

A melhor maneira para saber como o uso da terra é influenciado pelo meio físico é através da análise dos dados gerados no processo de tabulação cruzada dos mapas de

declividade, de hipsometria, e de geomorfologia com os mapas de uso da terra de 1985 e 2005. Antes de iniciar esta análise, é necessário que se faça algumas ponderações sobre as categorias de uso da terra.

As categorias Campo Rupestre, Mata, Cerrado e Campo Limpo foram consideradas vegetação natural ao passo que as categorias Pivô, Urbano e Uso Misto, Reflorestamento, Corpos d'água, Agricultura, Mineração e Pastagem foram rotuladas paisagens antropizadas. Feitas as considerações, seguem-se as análises.

5.7.1 Análise da declividade em função do uso da terra.

A metodologia adotada para analisar a declividade em função do uso da terra consiste na execução da tabulação cruzada no IDRISI, primeiramente, dos mapas de declividade com o do uso da terra de 1985 e, em seguida, a tabulação cruzada dos mapas de declividade com o do uso da terra de 2005. Para finalizar, foi realizada uma comparação entre os resultados obtidos nas duas tabulações.

5.7.1.1 Mapa de declividade x mapa de uso da terra de 1985

A tabulação cruzada dos mapas, declividade e uso da terra de 1985, gerou a tabela 21.

Pela tabela 21, verifica-se que a Pastagem é a categoria que ocupa a maior área, e o Reflorestamento, a menor área, em todos os intervalos de declividade, com exceção daquele superior a 20% (relevo fortemente ondulado), onde o Campo Rupestre ocupa a maior área e a categoria Urbano e Uso Misto a menor área. Assim, para os relevos plano (declividade < 2%), plano a suave ondulado (declividade de 2 a 5%), suave ondulado (declividade de 5 a 8%), medianamente ondulado (declividade de 8 a 12%) e ondulado (declividade de 12 a 20%), os percentuais para a categoria Pastagem são 73%, 66%, 65%, 63% e 48%, respectivamente; e o Reflorestamento, que ocupa a menor área, percentuais abaixo de 1%.

TABELA 21 - Área ocupada pelas classes de declividades de acordo com o uso da terra de 1985, em Araxá - MG e respectivos percentuais

Categorias de uso da terra	**Área dos intervalos de declividades em hectares; Percentual em cada categoria**												
	< 2% Relevo plano		**2 - 5%** Relevo plano a suave ondulado		**5 - 8%** Relevo suave ondulado		**8 - 12%** Relevo medianamente ondulado		**12 - 20%** Relevo ondulado		**> 20%** Relevo fortemente ondulado		**Total**
	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área
Pivô	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Urbano e Uso Misto	86	1	258	2	316	1	278	1	70	-	18	-	1.026
Campo Rupestre	605	5	1.145	6	1.796	8	3.444	12	6.700	26	4.578	46	18.268
Reflorestamento	11	-	31	-	56	-	55	-	29	-	-	-	182
Corpos d'água	20	-	57	-	76	-	92	1	70	1	19	-	334
Agricultura	849	7	1.934	11	2.540	11	2.595	9	1.581	6	207	2	9.706
Mineração	33	-	110	1	153	1	201	1	163	1	35	-	695
Mata	1.297	11	1.930	11	2.432	11	2.953	10	3.708	15	1.974	20	14.294
Pastagem	8.387	73	11.819	66	14.989	65	17.886	63	12.284	48	2.720	27	68.085
Cerrado	95	1	242	1	323	1	368	1	274	1	31	-	1.333
Campo Limpo	186	2	310	2	515	2	705	2	564	2	493	5	2.773
Total	11.569	100	17.836	100	23.196	100	28.577	100	25.443	100	10.075	100	116.696

Autor ROCHA, M. B. B.

No relevo fortemente ondulado, o Campo Rupestre ocupa a maior área, com um percentual de 46%, e a categoria Urbano e Uso Misto, ocupa a menor área, com um percentual abaixo de 1%.

Cada classe de declividade recebeu dois tipos de classificação de uso da terra, um para atividades antrópicas e outro para vegetação natural. A tabela 22 apresenta o percentual das áreas de cada uso de terra, levando em conta os intervalos de classe de declividade.

TABELA 22 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas, com base na declividade de Araxá - MG no ano de 1985

Intervalos de declividade	**Categorias de uso da terra**	
	Vegetação Natural (%)	**Categorias antropizadas (%)**
< 2% (Relevo plano)	19	81
2 - 5% (Relevo plano a suave ondulado)	20	80
5 - 8% (Relevo suave ondulado)	22	78
8 - 12% (Relevo medianamente ondulado)	25	75
12 - 20% (Relevo ondulado)	44	56
> 20 (Relevo fortemente ondulado)	71	29

Autor: ROCHA, M. B. B.

A tabela 22 mostra que quanto mais inclinado o terreno for, maior será o percentual de vegetação natural e menor o de áreas com atividades antrópicas e vice-versa. Assim, os terrenos com declividades inferiores a 2% (relevo plano) são os que mais possuem atividades antrópicas com um percentual de 81%, e os que menos possuem vegetação natural, com um percentual de ocupação de 19%. Por outro lado, os terrenos com declividade superior a 20% (relevo fortemente ondulado) são os que mais possuem vegetação natural com um percentual de 71% contra 29% de áreas com atividades antrópicas.

A figura 51 apresenta um gráfico da distribuição percentual das áreas de vegetação natural e das atividades antrópicas, que foi elaborado a partir da tabela 22.

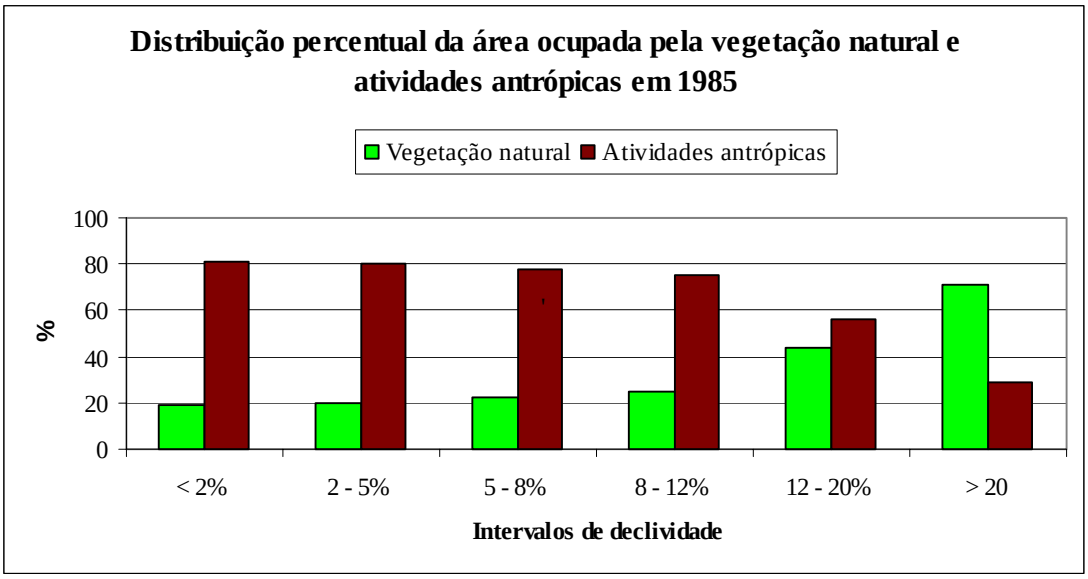


Figura 51 – Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na declividade de Araxá-MG no ano de 1985
Autor: ROCHA, M. B. B.

O gráfico da figura 51 comprova que, para os relevos de baixa declividade, as áreas com maior ocupação são aquelas das atividades antrópicas e com menor ocupação, as de vegetação natural. Em contrapartida, os relevos de alta declividade apresentam maior área de ocupação com vegetação natural e menor área para a exploração antrópica.

5.7.1.2 - Mapa de declividade x mapa de uso da terra de 2005

Parar elaborar a tabela 23, foi necessário fazer a tabulação cruzada dos mapas de declividade x mapa de uso da terra de 2005.

A tabela 23 mostra que no relevo plano, cuja declividade é inferior a 2%, a Pastagem é a categoria de uso da terra que ocupa a maior área: 52%. A menor área é ocupada pela categoria Pivô, com um percentual abaixo de 1%.

TABELA 23 - Área ocupada pelas classes de declividades de acordo com o uso da terra de 2005, em Araxá - MG e respectivos percentuais

Categorias de uso da terra	**Área dos intervalos de declividades em hectares; Percentual em cada categoria**												
	< 2% Relevo plano		**2 - 5%** Relevo plano a suave ondulado		**5 - 8%** Relevo suave ondulado		**8 - 12%** Relevo medianamente ondulado		**12 - 20%** Relevo ondulado		**> 20%** Relevo fortemente ondulado		**Total**
	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área
Pivô	2	-	87	1	63	-	71	-	1	-	-	-	224
Urbano e Uso Misto	247	2	669	4	647	3	564	2	133	1	30	-	2.290
Campo Rupestre	541	5	1.077	6	1.734	7	3.251	11	6.113	24	4.014	40	16.730
Reflorestamento	147	1	215	1	275	1	244	1	201	1	76	1	1.158
Corpos d'água	15	-	52	-	76	-	75	-	66	-	18	-	302
Agricultura	2.794	24	4.089	23	4.500	19	4.999	18	2.161	8	271	3	18.814
Mineração	55	1	171	1	326	1	384	1	451	2	69	1	1.456
Mata	1.471	13	2.118	12	3.056	13	3.946	14	4.498	18	2.982	30	18.071
Pastagem	5.976	52	8.810	49	11.799	51	14.140	49	11.058	43	2.150	21	53.933
Cerrado	91	1	248	1	260	1	274	1	231	1	21	-	1.125
Campo Limpo	230	2	300	2	460	2	629	2	530	2	444	4	2.593
Total	11.569	100	17.836	100	23.196	99	28.577	100	25.443	100	10.075	99	116.696

Autor ROCHA, M. B. B.

Observando melhor a tabela 23, nota-se que nos intervalos de declividade de 2 a 5% (relevo plano a suave ondulado), de 5 a 8% (relevo suave ondulado), de 8 a 12% (relevo medianamente ondulado) e de 12 a 20% (relevo ondulado), a Pastagem é a categoria que ocupa a maior área com percentuais de 49%, 51%, 49% e 43%, respectivamente. No intervalo de declividade de 2 a 5%, a área com menor ocupação é a categoria Corpos d'água com um percentual abaixo de 1%. Nos demais intervalos, a categoria Pivô é a que ocupa a menor área, com percentuais sempre abaixo de 1%.

No relevo fortemente ondulado, onde a declividade é superior a 20%, a categoria Campo Rupestre é aquela que ocupa a maior área, com um percentual de 40%, e o Corpos d'água a menor área, com um percentual abaixo de 1%.

Para cada classe de declividade foi feito um levantamento da vegetação natural e das categorias antropizadas. A tabela 24 foi elaborada para mostrar os percentuais da área ocupada pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas.

TABELA 24 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas, com base na declividade de Araxá - MG no ano de 2005

Intervalos de declividade	**Categorias de uso da terra**	
	Vegetação Natural (%)	**Categorias antropizadas (%)**
< 2% (Relevo plano)	21	79
2 - 5% (Relevo plano a suave ondulado)	21	79
5 - 8% (Relevo suave ondulado)	23	77
8 - 12% (Relevo medianamente ondulado)	28	72
12 - 20% (Relevo ondulado)	45	55
> 20 (Relevo fortemente ondulado)	74	26

Autor: ROCHA, M. B. B.

Pela tabela 24, certifica-se, de maneira geral, que quanto maior a declividade do terreno, maior é a porcentagem de vegetação natural e menor é a área ocupada pelas

atividades antropizadas. Os relevos plano (declividade < 2%) e o plano a suave ondulado (declividade de 2 a 5%) possuem o menor percentual de área de vegetação natural, com 21%, e a maior área com atividades antrópicas, com um percentual de 79%. O relevo fortemente ondulado com declividade superior a 20% é o que possui maior área de vegetação natural, 74%, e a menor porcentagem de áreas antropizadas, 26%.

O gráfico da figura 52 ilustra o percentual da área ocupada pela vegetação natural e pelas atividades antrópicas no município de Araxá no ano de 2005.

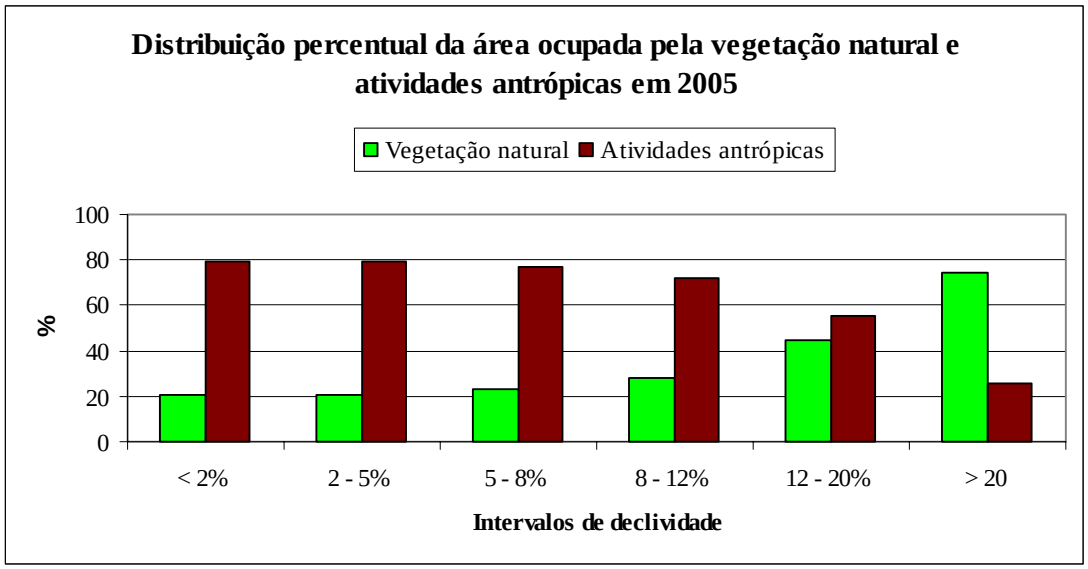


Figura 52 – Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na declividade de Araxá-MG no ano de 2005

Autor: ROCHA, M. B. B.

Pelo gráfico da figura 52, visualiza-se que as duas categorias são antagônicas. Quando a atividade antrópica atinge maiores percentuais, a vegetação natural adquire menores percentuais e vice-versa. Assim sendo, as atividades antrópicas possuem maiores áreas nas declividades inferiores a 2%, de 2 a 5%, de 5 a 8% e de 8 a 12%. Para o intervalo de declividade de 12 a 20%, a área ocupada pelas atividades antrópicas ainda é um pouco superior à da vegetação natural, e à medida que a declividade supera os 20%, a vegetação

natural ocupa quase 80% da área, enquanto que as atividades antrópicas ocupam pouco mais de 20%.

5.7.1.3 – Análise entre a declividade e o uso de terra

O uso da terra em função da declividade do terreno nos dois períodos distintos foi semelhante. Desse modo, baixas declividades sugerem uma alta utilização das áreas por atividades antrópicas e uma baixa ocupação da vegetação natural, ao passo que altas declividades comportam áreas de maior ocupação por vegetação natural e menor utilização com atividades antrópicas. Os dados das tabelas 22 e 24 mostram que os percentuais são semelhantes em todos os intervalos de declividade, porém, houve um aumento da vegetação natural no ano de 2005 em todos eles. Para a classe de declividade menor que 2% (relevo plano), o aumento foi de 7%; de 2 a 5% (relevo plano a suave ondulado), 3%; de 5 a 8% (relevo suave ondulado), 9%; de 8 a 12% (relevo medianamente ondulado), 8%; de 12 a 20% (relevo ondulado), 1%; e maior do que 20% (relevo fortemente ondulado), 5%.

5.7.2 – Análise da hipsometria em função do uso da terra

Para analisar se a hipsometria interfere ou não no uso da terra, é aconselhável realizar a tabulação cruzada destes mapas. Esta tabulação foi executada para os mapas de uso da terra de 1985 e 2005. Além disso, foi feita uma comparação dos mapas para os dois períodos distintos.

5.7.2.1 – Mapa da hipsometria x mapa de uso da terra de 1985

A tabulação cruzada dos mapas de hipsometria e uso da terra de 1985 gerou a tabela 25 que mostra como as áreas eram ocupadas em função das categorias altimétricas.

TABELA 25 - Área ocupada pelas classes de hipsometria de acordo com o uso da terra de 1985, em Araxá - MG e respectivos percentuais

Categorias de uso da terra	**Área ocupada pelas categorias altimétricas em hectares; Percentual em cada categoria**												
	< 900m		900 - 1000m		1000 - 1100m		1100 -1200m		1200 - 1300m		> 1300m		**Total**
	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área
Pivô	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Urbano e Uso Misto	-	-	667	2	359	1	-	-	-	-	-	-	1.026
Campo Rupestre	18	-	1.136	2	5.904	19	8.134	36	2.585	60	491	85	18.268
Reflorestamento	-	-	24	-	-	-	118	-	40	1	-	-	182
Corpos d'água	72	1	95	-	153	-	14	-	-	-	-	-	334
Agricultura	770	9	4.407	9	2.273	7	1.256	6	980	23	20	4	9.706
Mineração	-	-	157	-	288	1	250	1	-	-	-	-	695
Mata	1.284	15	6.283	13	4.746	15	1.777	8	204	5	-	-	14.294
Pastagem	6.323	74	35.129	72	16.359	51	9.882	44	328	7	64	11	68.085
Cerrado	60	1	1.087	2	160	1	26	-	-	-	-	-	1.333
Campo Limpo	-	-	31	-	1.533	5	1.052	5	157	4	-	-	2.773
Total	8.527	100	49.016	100	31.775	100	22.509	100	4.294	100	575	100	116.696

Autor ROCHA, M. B. B.

Pela tabela 25, verifica-se que a Pastagem é a categoria de uso da terra que mais ocupa área em altitudes inferiores a 900m, com um percentual de 74%. A categoria Campo Rupestre é a menos representativa em termos de área, pois ocupa menos de 1%.

Altitudes entre 900 e 1000m possuem 72% de suas terras ocupadas com Pastagem, enquanto que as menores áreas são ocupadas por Reflorestamento em um percentual inferior a 1%.

A categoria altimétrica que varia de 1000 a 1100m possui a maior porcentagem de área em Pastagem, 51% e o menor percentual de área na categoria Corpos d'água, abaixo de 1%.

Para as altitudes entre 1100 e 1200m, a Pastagem é a categoria de uso de terra que possui um maior percentual de área, 44%, e a categoria Corpos d'água, é a que possui o menor percentual de área, menos de 1%.

Altitudes que variam de 1200 a 1300m apresentam a sua maior área ocupada por Campo Rupestre, em um percentual de 60%, ao passo que a categoria Reflorestamento ocupa a menor área com um percentual de 1%.

Para altitudes superiores a 1300m, o Campo Rupestre ocupa a maior área, com um percentual de 85% , e a Agricultura, a menor área com um percentual de 4%.

Cada classe de hipsometria recebeu dois tipos de classificação de uso da terra, um para atividades antrópicas e outro para vegetação natural. A tabela 26 apresenta o percentual das áreas de cada uso de terra, levando em conta as categorias altimétricas.

TABELA 26 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas, com base na altimetria de Araxá - MG no ano de 1985

Categorias altimétricas	**Categorias de uso da terra**	
	Vegetação Natural (%)	**Categorias antropizadas (%)**
< 900m	16	84
900 -1000m	17	83
1000 - 1100m	40	60
1100 - 1200m	49	51
1200 - 1300m	69	31
> 1300m	85	15

Autor: ROCHA, M. B. B.

A tabela 26 mostra que a vegetação natural, para altitudes inferiores a 900m, é a categoria que ocupa uma menor área, correspondendo a um percentual de 16%, e as atividades antropizadas ocupam a maior área, com um percentual de 84%. A categoria altimétrica que abriga a maior área de vegetação natural é a que tem a altitude superior a 1300m, com um percentual de 85%, e a menor área de atividades antrópicas tem um percentual de 15%.

O gráfico da figura 53 foi elaborado para melhor visualizar as porcentagens de vegetação natural e das paisagens antropizadas que ocupavam o município de Araxá em 1985, levando-se em conta a hipsometria.

Ao analisar o gráfico da figura 53, constata-se que, em 1985, o percentual das áreas ocupadas pelas atividades antrópicas estava acima de 80%, para as altitudes inferiores a 900m e entre 900 e 1000m, e o percentual de vegetação natural, pouco acima de 10%. As altitudes superiores a 1300m continham as maiores áreas de vegetação natural do que aquelas ocupadas pelas atividades antrópicas, com percentuais superiores a 80%, e inferiores a 20%, respectivamente.

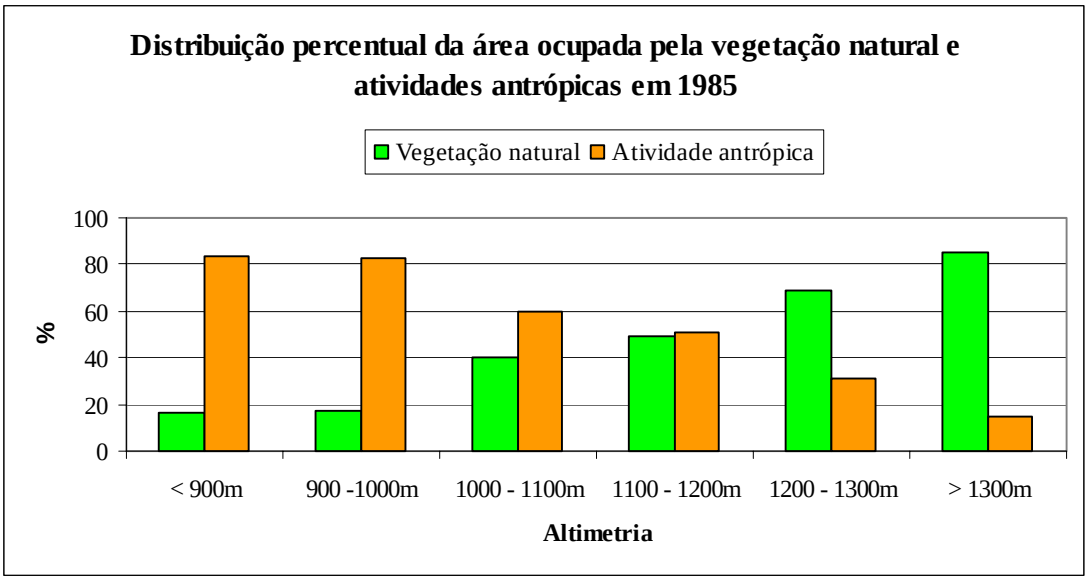


Figura 53 – Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na hipsometria de Araxá-MG no ano de 1985
Autor: ROCHA, M. B. B.

5.7.2.2 – Mapa da hipsometria x mapa de uso da terra de 2005

A tabulação cruzada dos mapas de hipsometria e uso da terra de 2005, executada no SIG IDRISI gerou a tabela 27.

A tabela 27 mostra que a Pastagem é a categoria de uso da terra que ocupa a maior área em altitudes inferiores a 900m, com um percentual de 61%, e a categoria Urbano e Uso Misto, a menor área com um percentual abaixo de 1%.

Terrenos com altitudes entre 900 e 1000m têm a maior ocupação da área com Pastagem, 52%, e a menor ocupação com Campo Limpo, cujo percentual é inferior a 1%.

Para os terrenos de categoria altimétrica que variam de 1000 a 1100m, a Pastagem ocupa a maior área, com um percentual de 43%, e o Pivô, a menor área, com um percentual abaixo de 1%.

Altitudes que variam de 1100 a 1200m têm o terreno ocupado em maior proporção pela categoria Pastagem, com 41%, enquanto que a menor porção de terra é ocupada pela categoria Corpos d’água, com um percentual inferior a 1%.

TABELA 27 - Área ocupada pelas classes de hipsometria de acordo com o uso da terra de 2005, em Araxá - MG e respectivos percentuais

Categorias de uso da terra	**Área ocupada pelas categorias altimétricas em hectares; Percentual em cada categoria**												
	< 900m		900 - 1000m		1000 - 1100m		1100 -1200m		1200 - 1300m		> 1300m		**Total**
	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área	% nesta declivid.	Área
Pivô	-	-	204	-	20	-	-	-	-	-	-	-	224
Urbano e Uso Misto	8	-	1.537	3	745	2	-	-	-	-	-	-	2.290
Campo Rupestre	82	1	890	2	5.170	16	7.478	33	2.619	61	491	85	16.730
Reflorestamento	-	-	415	1	491	2	193	1	59	1	-	-	1.158
Corpos d'água	77	1	103	-	121	-	1	-	-	-	-	-	302
Agricultura	1.616	19	12.237	25	3.303	10	1.259	6	327	8	72	13	18.814
Mineração	11	-	402	1	538	2	505	2	-	-	-	-	1.456
Mata	1.484	17	7.048	14	6.118	19	2.981	13	428	10	12	2	18.071
Pastagem	5.179	61	25.252	52	13.619	43	9.336	41	547	13	-	-	53.933
Cerrado	70	1	897	2	158	1	-	-	-	-	-	-	1.125
Campo Limpo	-	-	31	-	1.492	5	756	3	314	7	-	-	2.593
Total	8.527	100	49.016	100	31.775	100	22.509	100	4.294	100	575	100	116.696

Autor ROCHA, M. B. B.

A categoria altimétrica que varia de 1200 a 1300m, tem as maiores áreas ocupadas por Campo Rupestre, 61%, e as menores áreas por Reflorestamento, com um percentual de 1%.

Acima de 1300m de altitude, a paisagem apresenta grande parte da área ocupada por Campo Rupestre, em um percentual de 85%. O menor percentual, 2%, é ocupado pela categoria Mata.

Para cada classe de categoria altimétrica foi realizado um levantamento, em termos percentuais, da ocupação da terra por vegetação natural e pelas atividades antrópicas. A tabela 28 apresenta este levantamento com os respectivos percentuais para o ano de 2005.

TABELA 28 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas, com base na altimetria de Araxá - MG no ano de 2005

Categorias altimétricas	**Categorias de uso da terra**	
	Vegetação Natural (%)	**Categorias antropizadas (%)**
< 900m	19	81
900 -1000m	18	82
1000 - 1100m	41	59
1100 - 1200m	49	51
1200 - 1300m	78	22
> 1300m	87	13

Autor: ROCHA, M. B. B.

A tabela 28 mostra que a categoria altimétrica que contém a menor área de vegetação natural e maior área com utilização antrópica é aquela que varia de 900 a 1000m, com percentuais de 18% e 82%. Regiões localizadas em altitudes superiores a 1300m são as que apresentam a maior área de vegetação natural e menor área com atividades antrópicas, com percentuais de 87% e 13%, respectivamente.

A partir da tabela 28, foi possível elaborar o gráfico da figura 54, onde os percentuais da vegetação natural e atividades antrópicas estão demonstrados.

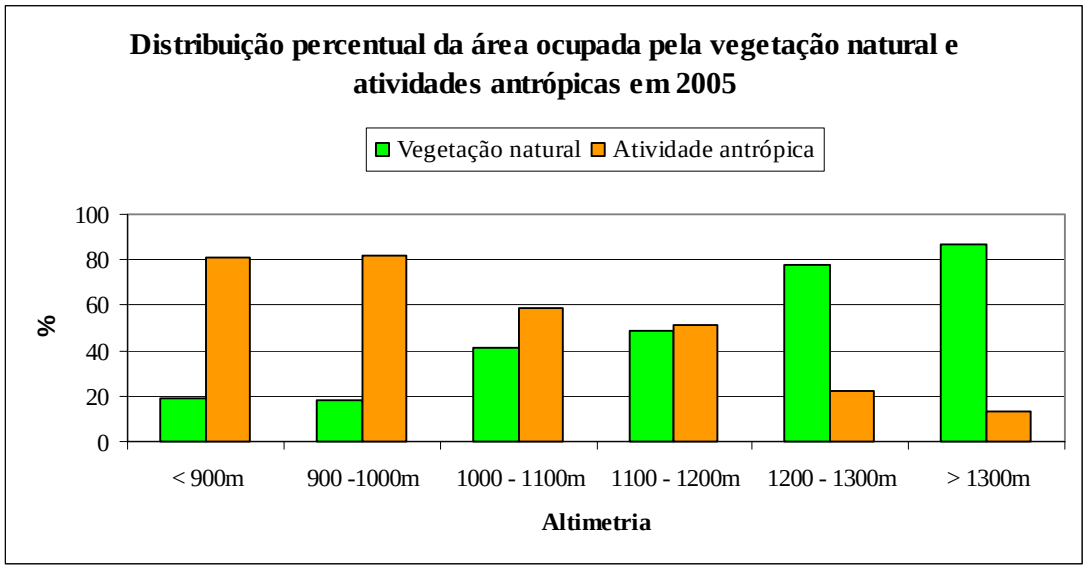


Figura 54 – Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na hipsometria de Araxá-MG no ano de 2005

Autor: ROCHA, M. B. B.

A figura 54 mostra que, em altitudes mais baixas, os percentuais das áreas com atividades antrópicas são superiores a 80% e as áreas com vegetação nativa, inferiores a 20%. Nas altitudes mais elevadas, a vegetação natural tem percentual em torno de 80% e as atividades antrópicas, pouco mais de 10%.

5.7.2.3 – Análise entre a hipsometria e o uso de terra

O uso da terra, em função da hipsometria nos anos de 1985 e 2005, seguiu o mesmo padrão: em baixas altitudes, alta ocupação antrópica e baixos percentuais de vegetação natural; em altas altitudes, grandes áreas cobertas por vegetação natural e pequenas áreas utilizadas pelas atividades antrópicas. Em todas as categorias altimétricas, houve um aumento da área da vegetação natural em 2005. O aumento em altitudes inferiores a 900m foi de 20%; no intervalo de 900 a 1000m, 4%; de 1000 a 1100m, 5%; de 1100 a 1200m, 2%; de 1200 a 1300m, 14%; e para as altitudes superiores a 1300m, o aumento foi de 2%.

5.7.3 – Análise da geomorfologia em função do uso da terra

A melhor maneira para saber se a geomorfologia interfere ou não no uso da terra é procedendo-se à tabulação cruzada dos mapas de ambos. A primeira tabulação será do mapa de geomorfologia com o mapa de uso de 1985 e a segunda será do mapa de geomorfologia com o mapa de uso de 2005. Para finalizar esta análise será realizada uma comparação entre os dois procedimentos.

5.7.3.1 – Mapa de geomorfologia x mapa de uso da terra de 1985

Para gerar a tabela 29, foi necessário realizar a tabulação cruzada entre os mapas de geomorfologia e de uso da terra de 1985.

A tabela 29 mostra que o índice de dissecação do relevo Da 44 tem sua área totalmente ocupada por Campo Rupestre. Em Dc 23, a Pastagem é a categoria que ocupa a maior área, com um percentual de 52%, enquanto que os Corpos d'água ocupam a menor porção do terreno, com um percentual abaixo de 1%. A Pastagem é a categoria que ocupa a maior área em Dc 33 e Dc 34, com percentuais de 60% e 74%, respectivamente, ao passo que, a categoria Campo Limpo é a que ocupa o menor espaço em Dc 33, com um percentual abaixo de 1%. Em Dc 34, a categoria Corpos d'água ocupa a menor área, com um percentual de 1%. Em Dc 43, o Campo Limpo ocupa a maior área, com um percentual de 44%, e a categoria Corpos d'água, a menor área: 1%. O Campo Rupestre é a categoria que apresenta um percentual de maior ocupação em Dc 44, 49%, e o Campo Limpo, um percentual de menor ocupação, 6%. Em Dt 23 e Dt 33, a Pastagem ocupa a maior área, com percentuais de 63% e 70%, respectivamente. Porém em Dt 23, a categoria que ocupa o menor espaço é o Cerrado com um percentual de 4% e, em Dt 33, a menor área é ocupada pela Agricultura: 1%.

TABELA 29 - Área ocupada pelas formas de relevo de acordo com o uso da terra de 1985, em Araxá - MG e respectivos percentuais

Categorias de uso da terra	**Área ocupada pelas formas de relevo em hectares; Percentual em cada categoria**																
	PLANALTO DISSECADO (FAIXA BRASÍLIA)																**Total**
	Da 44		Dc 23		Dc 33		Dc 34		Dc 43		Dc 44		Dt 23		Dt 33		
	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área
Pivô	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Urbano e Uso Misto	-	-	-	-	1.026	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.026
Campo Rupestre	165	100	2.144	16	9.892	18	694	3	635	19	3.086	49	498	5	1.154	14	18.268
Reflorestamento	-	-	-	-	182	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	182
Corpos d'água	-	-	18	-	173	-	118	1	25	1	-	-	-	-	-	-	334
Agricultura	-	-	1.641	12	4.460	8	1.175	6	164	5	875	14	1.300	13	91	1	9.706
Mineração	-	-	-	-	695	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	695
Mata	-	-	2.668	20	5.316	10	2.803	15	272	8	1.480	23	1.420	15	335	4	14.294
Pastagem	-	-	6.938	52	34.021	60	14.054	74	757	23	498	8	6.097	63	5.720	70	68.085
Cerrado	-	-	48	-	682	1	238	1	-	-	-	-	365	4	-	-	1.333
Campo Limpo				-	65	-			1.428	44	392	6		-	888	11	2.773
Total	165	100	13.457	100	56.512	100	19.082	100	3.281	100	6.331	100	9.680	100	8.188	100	116.696

Autor ROCHA, M. B. B.

Os dados da tabela 29 foram sintetizados em termos percentuais de área de ocupação do uso da terra nas categorias vegetação natural e atividades antrópicas e transformados na tabela 30.

TABELA 30 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas, com base na geomorfologia no ano de 1985 em Araxá - MG, nas Unidades Morfoesculturais

Índices de dissecação de relevo	**Categorias de uso da terra**	
Faixa Brasília	**Vegetação natural (%)**	**Categorias antropizadas (%)**
Da 44	100	0
Dc 23	36	64
Dc 33	29	71
Dc 34	19	81
Dc 43	71	29
Dc 44	78	22
Dt 23	24	76
Dt 33	29	71

Autor: ROCHA, M. B. B.

Os dados da tabela 30 revelam que os índices de dissecação Da 44, Dc 43 e Dc 44 são os que ocupam a maior área de vegetação natural, com percentuais de 100%, 71% e 78%. Isto significa dizer que nos locais onde há um forte de grau de entalhamento dos vales (4) e, a densidade de drenagem variando de média (3) a pequena (4) há um predomínio de vegetação natural. Nos locais onde há um grau fraco (2) a médio (3) de entalhamento dos vales e uma densidade de drenagem média (3) a pequena (4), há um predomínio das atividades antrópicas, como pode ser observado em Dc 23, Dc 33, Dc 34, Dt 23, e Dt 33, com percentuais de 64%, 71%, 81%, 76% e 71%, respectivamente.

Os dados da tabela 30 podem ser mais bem observados através do gráfico da figura 55.

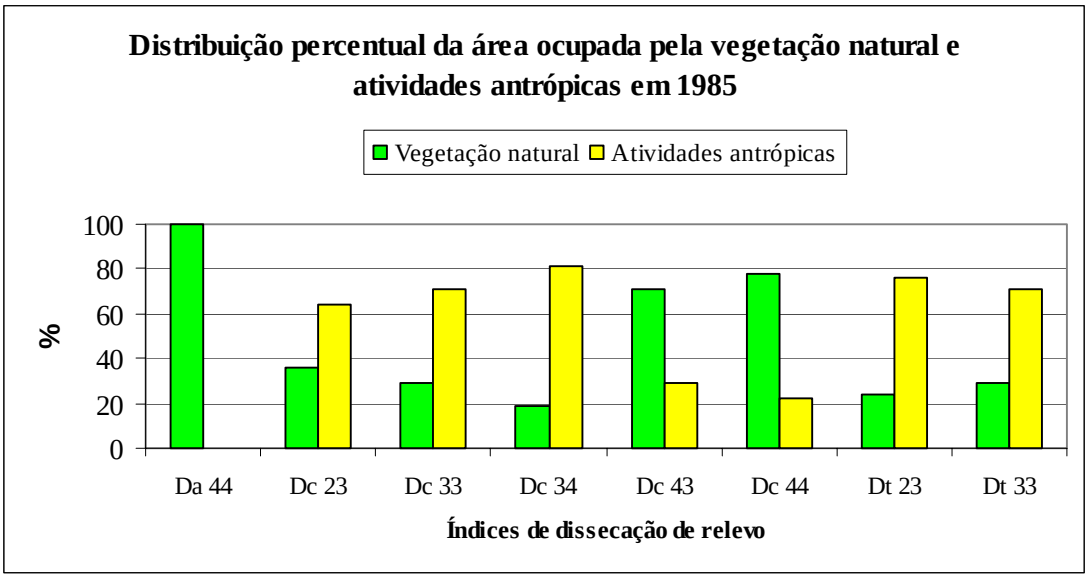


Figura 55 – Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na geomorfologia de Araxá – MG no ano de 1985

Autor: ROCHA, M. B. B.

O gráfico da figura 55 mostra que há um predomínio das atividades antrópicas em todos os relevos cujos índices de dissecação possuem um grau de entalhamento dos vales fraco (2) a médio (3) e densidade de drenagem de média (3) a pequena (4). A vegetação natural ocupa maiores áreas onde o grau de entalhamento dos vales é forte (4) e a densidade de drenagem variando de média (3) a pequena (4).

5.7.3.2 – Mapa de geomorfologia x mapa de uso da terra de 2005

Da tabulação cruzada dos mapas de geomorfologia e de uso da terra de 2005 dentro do IDRISI, foi gerada a tabela 31.

TABELA 31 - Área ocupada pelas formas de relevo de acordo com o uso da terra de 2005, em Araxá - MG e respectivos percentuais

Categorias de uso da terra	**Área ocupada pelas formas de relevo em hectares; Percentual em cada categoria**																
	PLANALTO DISSECADO (FAIXA BRASÍLIA)																**Total**
	Da 44		Dc 23		Dc 33		Dc 34		Dc 43		Dc 44		Dt 23		Dt 33		
	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área	% na categ.	Área
Pivô	-	-	-	-	173	-	51	-	-	-	-	-	-	-	-	-	224
Urbano e Uso Misto	-	-	-	-	2.290	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.290
Campo Rupestre	164	99	1.657	12	9.722	17	681	4	517	16	2.397	38	505	6	1.087	13	16.730
Reflorestamento	-	-	114	1	1.044	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.158
Corpos d'água	-	-	17	-	156	-	97	-	30	1	-	-	2	-	-	-	302
Agricultura	-	-	1.978	15	8.820	16	4.907	26	106	3	566	9	1.770	18	667	8	18.814
Mineração	-	-	27	-	1.369	3	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.456
Mata	1	1	3.760	28	7.008	12	3.214	17	222	7	2.233	35	1.334	14	299	4	18.071
Pastagem	-	-	5.888	44	25.102	45	9.936	52	983	30	582	9	5.868	60	5.574	68	53.933
Cerrado	-	-	16	-	772	1	136	1	-	-	-	-	201	2	-	-	1.125
Campo Limpo	-	-	-	-	56	-	-	-	1.423	43	553	9		-	561	7	2.593
Total	165	100	13.457	100	56.512	100	19.082	100	3.281	100	6.331	100	9.680	100	8.188	100	116.696

Autor ROCHA, M. B. B.

A tabela 31 mostra que a forma de relevo Da 44 possui 99% de sua área ocupada por Campo Rupestre e 1% ocupado por Mata. Os índices de dissecação Dc 23 e Dc 33 têm a maior área ocupada por Pastagem e percentuais de 44% e 45%, respectivamente. Porém, Dc 23 tem a menor área ocupada por Cerrado, enquanto Dc 33 é ocupada por Campo Limpo. Ambos com percentuais abaixo de 1%. Em Dc 34, a Pastagem é a categoria de uso da terra que ocupa a maior área, com o percentual de 52%, enquanto que a categoria Pivô é a que ocupa a menor área com um percentual inferior a 1%. O Campo Limpo, com um percentual de 43%, é a categoria que mais ocupa área em Dc 43 e os Corpos d'água, a categoria que ocupa menor área, com um percentual de 1%. O Campo Rupestre é a categoria com a maior área em Dc 44 atingindo um percentual de 38% e, o Campo Limpo, a menor área com percentual de 9%. Em Dt 23 e Dt 33, a Pastagem é a categoria que ocupa a maior área, com um percentual de 60% e 68%. A categoria Corpos d'água ocupa a menor área, com um percentual inferior a 1% em Dt 23 e a Mata, a menor área em Dt 33 com 4% de ocupação.

Os índices de dissecação do relevo foram distribuídos em duas classes de uso da terra: vegetação natural e atividades antrópicas. A tabela 32 mostra estes em termos percentuais.

TABELA 32 - Percentual das áreas ocupadas pela vegetação natural e pelas categorias antropizadas com base na geomorfologia no ano de 2005, em Araxá - MG, nas Unidades Morfoesculturais

Índices de dissecação de relevo	**Categorias de uso da terra**	
Faixa Brasília	**Vegetação natural (%)**	**Categorias antropizadas (%)**
Da 44	100	0
Dc 23	40	60
Dc 33	30	70
Dc 34	22	78
Dc 43	66	34
Dc 44	82	18
Dt 23	22	78
Dt 33	24	76

Autor: ROCHA, M. B. B.

Na tabela 32, verifica-se que as formas de relevo com grau de entalhamento forte (4) e, densidade de drenagem média (3) ou pequena (4), Da 44, Dc 43, Dc 44, contém os maiores percentuais de vegetação natural: 100%, 66% e 82%, respectivamente. Por outro lado, relevos com grau de entalhamento fraco (2) ou médio (3) e densidade de drenagem média (3) ou pequena (4) têm a maior área ocupada por atividades antrópicas: Dc 23, Dc 33, Dc 34, Dt 23 e Dt 33 com percentuais de 60%, 70%, 78%, 78% e 76%, respectivamente.

O gráfico da figura 56 caracteriza melhor os percentuais nas faixas morfoesculturais quando confrontados com as classes de uso da terra de 2005, discretizadas em vegetação natural e atividades antrópicas.

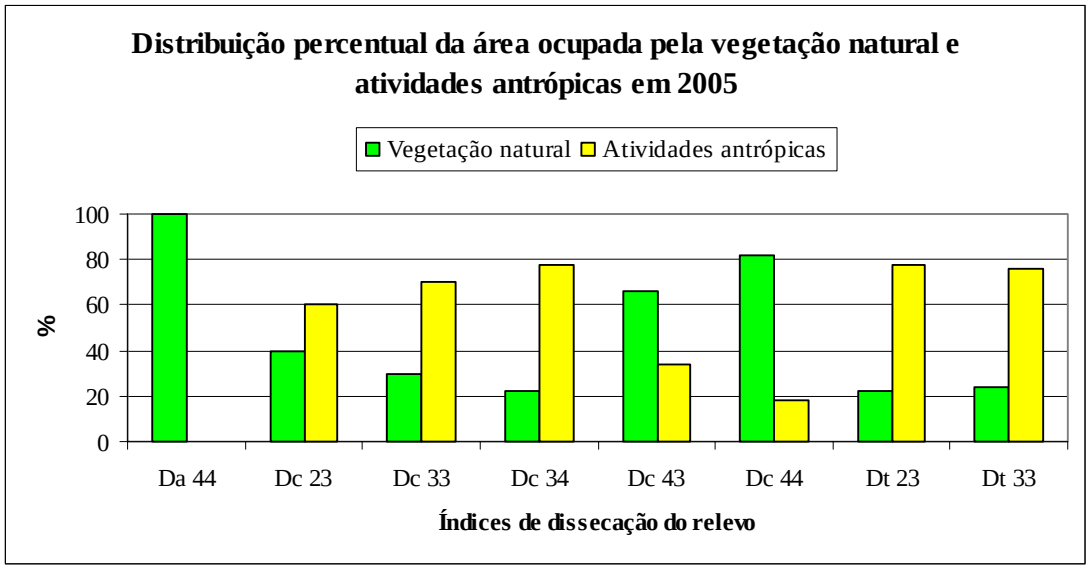


Figura 56 – Distribuição percentual da área ocupada pela vegetação natural e atividades antrópicas, com base na geomorfologia de Araxá – MG no ano de 2005

Autor: ROCHA, M. B. B.

Pelo gráfico da figura 56, percebe-se claramente que os índices de dissecação de relevo Da 44, Dc 43 e Dc 44 são as categorias que ocupam as maiores áreas de vegetação natural, ao passo que, Dc 23, Dc 33, Dc 34, Dt 23 e Dt 33, ocupam as maiores áreas com atividades antrópicas.

5.7.3.3 – Análise entre a geomorfologia e o uso de terra

Pode-se dizer que não houve mudanças significativas entre os mapas de uso da terra de 2005 e 1985, no que se refere aos aspectos geomorfológicos. Em 2005, a área ocupada pelos índices de dissecação de relevo Dc 23, Dc 33, Dc 34, e Dc 44 foram ampliadas na categoria vegetação natural em 12%, 10%, 8% e 5%, respectivamente. As áreas ocupadas por Dc 43, Dt 23 e Dt 33 tiveram um incremento de 18%, 3% e 7%, respectivamente na categoria atividades antrópicas. Apenas Da 44 permaneceu com o mesmo tipo de ocupação da área: 100% de vegetação natural. O que se conclui ao analisar o mapa de uso da terra, levando-se em conta a geomorfologia do município de Araxá, é que, principalmente, o grau de entalhamento dos vales interfere no uso da terra: quanto maior o grau de entalhamento dos vales, maior o uso da terra na categoria vegetação natural e menor o uso da terra para as atividades antrópicas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise do espaço geográfico através do uso de geotecnologias tem se tornado uma prática em várias partes do mundo devido à rapidez com que os resultados são obtidos, aliado ao alto grau de confiabilidade. A cada dia aumenta a quantidade de municípios que utilizam as técnicas de geoprocessamento para gerenciar não só o espaço geográfico em si, mas toda uma gama de informações que uma administração municipal possui.

Muitas são as formas de se estudar uma determinada região, contudo o geoprocessamento tem se mostrado como a melhor técnica para se chegar a resultados mais precisos e confiáveis. A interpretação das imagens de satélite em diferentes épocas associada a outros tipos de dados oriundos de mapas, de laboratórios e de campo quando integrados a um SIG permite elaborar mapas, calcular áreas, construir tabelas e gráficos e, em última análise, avaliar um determinado espaço.

Foi o que ocorreu nesta pesquisa. Desejava-se saber como o espaço geográfico do município de Araxá foi ocupado em dois períodos distintos: 1985 e 2005. A partir da interpretação das imagens dos satélites TM/Landsat 5 de 1985 e CCD/CBERS 2 de 2005, ambas do mês de abril, das cartas topográficas do IBGE e dos trabalhos de campo, foi possível elaborar mapas, tabelas e gráficos, e calcular áreas. Foram elaborados mapas das sub-bacias hidrográficas, de declividade, de hipsometria, de geomorfologia e de uso da terra de 1985 e 2005.

A partir da análise dos dados, pode-se verificar que o município é composto por 10 sub-bacias hidrográficas, sendo que as sub-bacias dos ribeirões do Inferno e Marmelo, são as

maiores, ocupando aproximadamente 42% da área do município. Na maior parte do município, predominam as declividades maiores do que 8%, ou seja, relevo variando de medianamente ondulado a fortemente ondulado. O grau de entalhamento dos vales varia de fraco a forte e a densidade de drenagem varia de média a pequena. Há um predomínio das altitudes entre 900 e 1200m.

Os dados oriundos dos mapas e das tabelas possibilitaram comparar e analisar a evolução do uso da terra nos dois períodos e avaliar a adequabilidade do uso da terra em função do meio físico. Foram identificadas e mapeadas 11 categorias de uso da terra (Pivô, Urbano e Uso Misto, Campo Rupestre, Reflorestamento, Corpos d'água, Agricultura, Mineração, Mata, Pastagem, Cerrado e Campo Limpo).

Em 2005, 46,22% da área do município era ocupada com Pastagens, seguida pelos Campos Rupestres (14,34%), Agricultura (16,12%) e Mata (15,49%). As demais categorias ocupavam percentuais pouco significativos. De maneira geral, em 20 anos houve uma redução na área de Pastagem no município e um aumento na área de Agricultura, Urbano e Uso Misto, Reflorestamento, Mineração e Mata.

A comparação entre os mapas de uso da terra de 1985 e 2005 permitiu concluir que a categoria que mais reduziu de área em 20 anos foi a Pastagem: em 1985, ocupava 58,34% e passou a ocupar 46,22% em 2005, reduzindo 20,79%. A categoria que mais ampliou de área foi o Reflorestamento, pois, em 1985, ocupava um percentual de 0,16% da área do município e passou ocupar em 2005, 0,99%. O aumento foi de 536,26%.

Para análise final do uso da terra no município de Araxá, foi feita uma reclassificação, de modo que apenas duas categorias passaram a existir: vegetação natural e atividades antrópicas. Concluiu-se que, em terrenos com altas declividades, as maiores áreas são ocupadas por vegetação natural, ao passo que, em terrenos com baixas declividades, as atividades antrópicas ocupam a maior área. Quanto à hipsometria, verifica-se que, nas

altitudes mais elevadas, predominam a vegetação natural (Campo Rupestre) e, nas altitudes mais baixas, predominam as atividades antrópicas. O grau de entalhamento dos vales interfere no uso da terra: quanto maior o grau de entalhamento dos vales, maior o uso da terra na categoria vegetação natural e menor o uso da terra para as atividades antrópicas.

A divisão do município em sub-bacias hidrográficas proporcionou uma melhor investigação e comparação das questões relacionadas ao meio físico e ao uso da terra. A tabulação cruzada de mapas gerou dados numéricos que possibilitaram elaborar tabelas, permitindo, assim, analisar sem subjetividade os diversos tipos de uso da terra em função do meio físico.

A Sub-bacia do Ribeirão Marmelo é responsável por 48% da área agrícola do município; 68% dos Campos Rupestres estão localizados na Sub-bacia do Ribeirão do Inferno; 98% das áreas de Mineração localizam-se nas sub-bacias do Córrego do Sal, Ribeirão Capivara e Ribeirão Pirapetinga; 44% dos remanescentes de Cerrado encontram-se na Sub-bacia do Córrego da Galinha; 42% das áreas de Mata estão localizados nas sub-bacias do Ribeirão Capivara e Córrego Fundo.

Ao finalizar este trabalho, conclui-se que, quando se almeja estudar a evolução da ocupação e do uso da terra de uma determinada região, é aconselhável interpretar imagens de um mesmo período do ano, já que ao longo do ano uma mesma área pode ter mais de um tipo de uso. Nesta pesquisa, foram utilizadas imagens do mês de abril pelos seguintes motivos: pouca ou nenhuma nebulosidade; muitas culturas anuais ainda não tinham sido ceifadas; e não era o período de inverno já que, nessa época, a inclinação do sol provoca formação de sombras que interfere na interpretação das imagens.

Nem sempre a interpretação visual de imagens é suficiente para elaborar os mapas de uso da terra, devendo-se proceder, portanto, às coletas de informações no campo. Os trabalhos

de campo são essenciais quando a resposta espectral dos alvos é semelhante, pois auxiliam sanar as dúvidas durante a classificação das categorias de uso da terra.

Para estudos mais detalhados de uma determinada região, é aconselhável utilizar uma maior resolução e uma maior escala. Isso porque, em função de uma resolução espacial, existe uma escala ideal, que permite extrair o maior número de informações que uma imagem pode fornecer.

A utilização das técnicas de geoprocessamento foi crucial para a elaboração deste trabalho. O SIG IDRISI foi muito importante na espacialização, no cálculo das áreas, na tabulação cruzada com conseqüente obtenção de tabelas e gráficos.

As técnicas de geoprocessamento são de extrema importância na gestão racional dos recursos naturais, das atividades antrópicas e, sobretudo, na administração municipal.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, C. **Matas que florescem em Minas**. Disponível em: <http://www.uai.com.br>. Acesso em: 20 fev. 2005.

ARAFÉRTIL. **Unidade de ácido sulfúrico**: relatório de impacto ambiental – RIMA. Araxá: Arafértil, 1997.

ARAXÁ. Prefeitura Municipal. Informativo Sócio-econômico 2004. Disponível em: <http://www.araxa.mg.gov.br/InformativoSocEconomico.pdf. Acesso em: 3 maio 2006.

ASPINALL, R. Modelling land use change with generalized linear models: a multi-model analysis of change between 1860 and 2000 in Gallatin Valley, Montana. **Elsevier**. Journal of Environmental Management, v.72, p. 91-103. 2004. Disponível em: <http:www.capes.gov.br>. Acesso em: 2 jun. 2005.

ASSAD, E. D.; SANO, E. E. **Sistemas de Informações Geográficas**: aplicações na Agricultura. 2. ed. ver. e ampl. Brasília: Embrapa - SPI. 1998.

BAGGIO FILHO, H. O Município de Buritizeiro e a questão do pinus e eucalipto: implicações do seu plantio homogêneo generalizado no meio ambiente físico, biológico e socioeconômico. In: PAULA, A. M. N. R. de. *et al*. **Cerrado em Perspectiva(s)**. Montes Claros: Unimontes, 2003. p. 27-90.

BIODIVERSIDADE em Minas Gerais: um atlas para a conservação - revisão do atlas de áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade de Minas Gerais. Disponível em: <http://www.biodiversitas.org.br/atlas>. Acesso em: 1 jun. 2005.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia. **Carta do Brasil**: Araxá - MG. 1. Brasília, 1970. 1 mapa, folha SE-23-Y-C-VI. Escala 1:100.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia. **Carta do Brasil**: Ibiá - MG. 1. Brasília, 1970. 1 mapa, folha SE-23-Y-C-III. Escala 1:100.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia. **Carta do Brasil**: Perdizes - MG. 1. Brasília, 1972. 1 mapa, folha SE-23-Y-C-II. Escala 1:100.000.

BRASIL. Ministério do Planejamento e Coordenação Geral. Fundação IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia. **Carta do Brasil**: Sacramento - MG. 1. Brasília, 1972. 1 mapa, folha SE-23-Y-C-V. Escala 1:100.000.

BRITO, J. L. S. **Adequação das potencialidades do uso da terra na Bacia do Ribeirão Bom Jardim no Triângulo Mineiro (MG)**: ensaio de Geoprocessamento. 2001. 184f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

CAMARGOS, I. Mais mata nativa em Minas. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 9 jun. 2005. Caderno Gerais. Disponível em: <http//www.uai.com.br/em.html>. Acesso em: 9 jun. 2005.

CASTRO, J. F. M. A importância da cartografia nos estudos de bacias hidrográficas. 2000. Disponível em:
<http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/publicações/textospdf/artigojoseflavio6.pdf>
Acesso em: 3 jan. 2006

CEBALLOS-SILVA, A.; LÓPEZ-BLANCO, J. Delineation of suitable areas for crops using a multi-criteria evaluation approach and land use / cover mapping: a case study in Central Mexico. **Elsevier**. Agricultural Systems, v.77, p. 117-136. 2003. Disponível em: <http:www.capes.gov.br>. Acesso em: 2 jun. 2005.

CHAGAS, I. Eu sou o cerrado. In: PAULA, A. M. N. R. de. *et al*. **Cerrado em Perspectiva(s)**. Montes Claros: Unimontes, 2003. p. 19-26.

CLEPS JUNIOR, J; PESSÔA, V. L. S.; GOBBI, W. A. de O. Gestão dos recursos hídricos em Minas Gerais: o comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Araguari-MG. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (org.). **Gestão ambiental da Bacia do Rio Araguari**: rumo ao desenvolvimento sustentável. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Geografia; Brasília: CNPq, 2004. p. 163-184.

CORTEZ FILHO, R. *et al*. Implantação do SIGeo – Garulhos. In: GIS BRASIL 96, 1996, Curitiba. **Anais**...Curitiba: Ed. do GIS BRASIL. 1996. p. 46-54.

DIAS, N. W. *et al*. Introdução: desenvolvimento sustentável. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-16. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Introdução: legislação ambiental. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-5. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Introdução: educação ambiental. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-10. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Conceitos básicos: ecossistemas. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-13. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Conceitos básicos: a estrutura dos ecossistemas. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-34. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Conceitos básicos: distribuição dos ecossistemas. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-7. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Conceitos básicos: como funcionam os ecossistemas. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-49. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Recursos naturais**:** introdução. In: **___. Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-5. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Recursos naturais**:** água. In: **___. Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-9. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Recursos naturais**:** solos e mineração. In: **___. Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-13. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Recursos naturais**: a**tmosfera e clima. In: **___. Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-13. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Recursos naturais: flora e fauna. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-18. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Recursos naturais**:** ecossistemas como recurso natural. In: **___. Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-5. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Energia**:** introdução. In: **___. Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-4. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Energia**:** combustíveis fósseis. In: **___. Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-7. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et a*l. Energia**:** produção de energia elétrica. In: **___. Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-6. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Energia**:** alternativas sustentáveis. In: **___. Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-10. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Impactos ambientais: introdução. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-16. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Impactos ambientais**:** poluição por agentes químicos. In: **___. Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-9. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Impactos ambientais: poluição do ar. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-13. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Impactos ambientais: impactos físicos. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-7. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Impactos ambientais: contenção versus prevenção de impactos. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-5. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Introdução ao sensoriamento remoto. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-4. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. História do sensoriamento remoto. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-27. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Princípios do sensoriamento remoto: introdução aos princípios do Sensoriamento Remoto. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-4. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Princípios do sensoriamento remoto: O espectro eletromagnético. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-34. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Princípios do sensoriamento remoto: sensores e satélites. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-41. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Princípios do sensoriamento remoto: interações da radiação eletromagnética com a superfície terrestre. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-15. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Imagens de satélite e sua interpretação: interpretação de imagens de satélite. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-6. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Imagens de satélite e sua interpretação: interpretação visual. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-20. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Imagens de satélite e sua interpretação: imagens de composição colorida. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-14. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Interpretação por computador: introdução. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-4. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Interpretação por computador: respostas espectrais. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-9. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Classificação e acuracidade: introdução à classificação. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-8. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Classificação e acuracidade: classificação supervisionada. In:___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento

sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-15. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Classificação e acuracidade: classificação não supervisionada. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-11. 1 CD-ROM

DIAS, N. W. *et al*. Classificação e acuracidade: verificação de exatidão. In: ___. **Sensoriamento Remoto**: aplicações para preservação, conservação e desenvolvimento sustentável da Amazônia. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2003. p.1-6. 1 CD-ROM

DUARTE, W. de O.; BRITO, J. L. S. Análise temporal do uso da terra e cobertura vegetal do alto curso do rio Uberabinha utilizando imagens do satélite CBERS 2. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 2965-2972. 1 CD-ROM.

EASTMAN, J. R. **IDRISI for Windows versão 2**: manual do usuário – introdução e exercícios tutoriais. Porto Alegre: UFRGS, 1998.

EPIPHANIO, J. C. N. CBERS – Satélite Sino-Brasileiro de Recursos Terrestres. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 915-922. 1 CD-ROM.

ESRI – Gis and Mapping Software. Disponível em: <http:www.esri.com.br>. Acesso em: 09 fev. 2006.

FERREIRA, A. B. *et al*. Análise comparativa do uso e ocupação do solo na área de influência da Usina Hidrelétrica de Capim Branco I a partir de técnicas de Geoprocessamento. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. Artigos, p. 2997-3004. 1 CD-ROM.

FERREIRA, I. L. **Estudos Geomorfológicos em áreas amostrais da Bacia do Rio Araguari – MG:** uma abordagem da cartografia geomorfológica. 2005. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

FERREIRA, I. L. **Mapeamento Geomorfológico da Bacia Hidrográfica do Médio e Alto Paranaíba**: relatório final, iniciação científica.Uberlândia: FAPEMIG - Universidade Federal de Uberlândia. Instituto de Geografia. 2002.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. São Paulo: Oficina de Textos, 2002.

FRANÇA, D. de A.; IBANEZ, D. M.; FERREIRA, N. J. Detecção de mudanças e elaboração de cartas de unidades de paisagem e de uso do solo a partir de imagens TM-LANDSAT: o

exemplo de São José dos Campos – SP. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3755-3761. 1 CD-ROM.

GOULART, A. C. de O. **Relevos e processos dinâmicos**: uma proposta metodológica de cartografia geomorfológica. 2001. Disponível em: <http://www.ufes.br/~geoufes/download%5Crelevos%20.pdf> Acesso em: 3 jan. 2006.

HAGAN, J. E.; EASTMAN, J. R.; AUBLE, J. **Cartalinx**: the spatial data builter: user's guide: versão 1. Worcester: Clark University, 1998.

INDICADORES de sustentabilidade em agroecossitemas**.** Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

INTERAÇÕES ambientais do cerrado: microbacia piloto de Morrinhos, Estado de Goiás, Brasil. Brasília: Embrapa - SPI; Rio de Janeiro: Embrapa - CNPS, 1998.

LEITE, A. A. **Rochas formadoras dos solos da região de Araxá – MG**. 1999. 28f. Monografia (Especialização) – Departamento de Ciências dos Solos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

MATSUMOTO, E. Y. **AutoCAD R14**: fundamentos. São Paulo: Érica, 1997. (Coleção estude e use. série Mecânica).

MINAS GERAIS. Araxá: Plano diretor estratégico: diagnóstico e tendências. Araxá: Jorge Wilhein Consultores Associados, dez. 2002.

MINAS GERAIS. Secretaria de Minas e Energia. Projeto Araxá: estudo geoambiental das fontes hidrominerais. Belo Horizonte: COMIG – CPRM, 1999.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do sensoriamento remoto e metodologias de aplicação**. 2. ed. rev. e ampl. Viçosa: UFV, 2003.

NEVES, Z. O Sertão vai virar deserto. In: PAULA, A. M. N. R. de. *et al*. **Cerrado em Perspectiva(s)**. Montes Claros: Unimontes, 2003. p. 5-7.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento Remoto**: princípios e aplicações. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.

QUANDT, C. **GIS como base do processo de planejamento**: sistema de monitorização do crescimento urbano e infra-estrutura de Los Angeles. In: GIS BRASIL 96, 1996, Curitiba. **Anais**...Curitiba: Ed. do GIS BRASIL. 1996. p. 177-182.

QUEIMADAS e desmatamentos são problemas nacionais, diz IBGE. Disponível em: <http://www.uai.com.br>. Acesso: em 13 maio 2005.

PARQUES têm programação diversificada. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 2 jun. 2005. Caderno Gerais. Disponível em: <http//www.uai.com.br/em.html>. Acesso em: 2 jun. 2005.

PEREIRA, E. **Atlas inclui 26 áreas prioritárias para conservação da biodiversidade em Minas**. Disponível em: <http://www.uai.com.br>. Acesso em: 1 jun. 2005.

REATTO, A.; CORREIA, J. R.; SPERA, S. T. Solos do Bioma Cerrado: aspectos pedológicos. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado:** ambiente e flora. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998. p. 47 - 86.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. **Cerrado:** ambiente e flora. Planaltina: Embrapa - CPAC, 1998. p. 89 - 166.

RIBEIRO, L. Inventário florestal. **Estado de Minas**, Belo Horizonte, 28 abr. 2005. Caderno Gerais. Disponível em: <http//www.uai.com.br/em.html>. Acesso em: 28 abr. 2005.

RIFFEL, B. F.; ISSA FILHO, A. **Mineração e produção**: geologia.2005. Disponível em: <http://www.cbmm.com.br/portug/sources/mine/geology/f_geolo.htm >. Acesso em: 12 ago. 2005.

ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento**: tecnologia transdisciplinar. 2. ed. ver. atual. e ampl. Juiz de Fora: Ed. do Autor. 2002.

ROCHA, M. B. B. *et al.* O uso da terra na reserva ecológica do Panga e região, com base em técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento**.** In**:** SIMPÓSIO REGIONAL DE GEOGRAFIA, 3, 2004, Uberlândia. **Anais**... Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, 2004. p.721-732. 1 CD-ROM

RODRIGUES, S. C. *et al*. Cartografia geomorfológica e os condicionantes hidrogeomorfológicos de erosão em áreas amostrais na Bacia Hidrográfica do Rio Araguari. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (org.). **Gestão ambiental da Bacia do Rio Araguari**: rumo ao desenvolvimento sustentável. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Geografia; Brasília: CNPq, 2004. p. 21-43.

ROGÉRIO, A. P. C.; AMARO, V. E.; VITAL, H. Caracterização do uso e ocupação da região estuarina de Areia Branca/RN, com base na interpretação de produtos de sensoriamento remoto multitemporais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3277-3284. 1 CD-ROM.

ROSA, R. **O uso de SIG's para o zoneamento**: uma abordagem metodológica. 1995. 212f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao Geoprocessamento**: sistema de informação geográfica. Uberlândia: Edufu,1996.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. 5. ed. rev. Uberlândia: Edufu, 2003.

ROSA, R. **Curso de Arc View**. Uberlândia: Laboratório de Geoprocessamento, 2004.

ROSA, R. *et al*. Elaboração de uma base cartográfica e criação de um banco de dados georreferenciados da Bacia do Rio Araguari-MG. In: LIMA, S. do C.; SANTOS, R. J. (org.). **Gestão ambiental da Bacia do Rio Araguari**: rumo ao desenvolvimento sustentável. Uberlândia, Universidade Federal de Uberlândia – Instituto de Geografia; Brasília: CNPq, 2004. p. 69-87.

ROSA, R. Modelagem e distribuição espacial da temperatura para o município de Araxá - MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11. (SBGFA), 5-9 set. 2005, São Paulo. **Anais**... São Paulo: USP, 2005. p. 2312-2321. 1 CD ROM.

SANO, E. E.; FERREIRA, L. G. Monitoramento semidetalhado (escala de 1:250.000) de ocupação de solos do Cerrado: considerações e proposta metodológica. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3309-3316. 1 CD-ROM.

SEER, H. J. **Evolução tectônica dos grupos Araxá, Ibiá e Canastra na sinforma de Araxá, Araxá-MG**. 1999. 267f. Tese (Doutorado em Geologia) – Instituto de Geociências, Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

SEER, H. J. **Projeto GeoBiota Araxá**: estudo do sistema natural do município de Araxá. Araxá: PMA - Instituto de Planejamento e Desenvolvimento Sustentável de Araxá, 2003.

SIDDIQUI, M. N.; JAMIL, Z.; AFSAR, J. Monitoring changes in riverine forests of Sindh-Pakistan using remote sensing and GIS techiniques. **Elsevier**. Advances in Space Research, v.33, p. 333-337, 2004. Disponível em: <http:www.capes.gov.br>. Acesso em: 2 jun. 2005.

SIKORSKI, S. R. Geoprocessamento como instrumento de planejamento urbano. In: GIS BRASIL 96, 1996, Curitiba. **Anais**...Curitiba: Ed. do GIS BRASIL. 1996. p. 40-45.

SILVA, A. de B. **Sistemas de informações geo-referenciadas**: conceitos e fundamentos. Campinas: Ed. da Unicamp, 1999.

SILVA, A. M.; PINHEIRO, M. S. de F.; FREITAS, N. E. de. **Guia para normalização de trabalhos técnico-científicos:** projetos de pesquisa, monografias, dissertações, teses. 4.ed. rev. Uberlândia: Edufu, 2004.

SILVA, M. K. A.; BRITO, J. L. S.; ROSA, R. Mapeamento do uso do solo no município de Pedrinópolis-MG. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 285-291. 1 CD-ROM.

SOARES, M. Para quem pesquisamos? Para quem escrevemos? In: MOREIRA, A. F. *et al.* **Para quem pesquisamos, para quem escrevemos**: o impasse dos intelectuais. 2. ed. São Paulo: Cortez, 2003. p. 65-90. (Coleção Questões da Nossa Época; v.88).

TEIXEIRA, A.L. de A.; CHRISTOFOLETTI, A. **Sistemas de informação geográfica**: dicionário ilustrado. São Paulo: Hucitec, 1977.

TRENTIN, G. *et al*. Utilização de imagem CBERS-2 na análise do uso da terra no município de Severiano de Almeida/RS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1123-1125. 1 CD-ROM.

VALERIANO, C. M. *et al.* A evolução tectônica da Faixa Brasília. In: MANTESSO-NETO, V.; **Geologia do Continente Sul-Americano**: evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida. São Paulo: Beca, 2004. p. 565-592.

VASCONCELOS, M. J. P. *et al*. Land cover change in two protected areas of Guinea-Bissau (1956-1998). **Pergamon**. Applied Geography, v.22, p. 139-156. 2002. Disponível em: <http:www.capes.gov.br>. Acesso em: 20 maio 2005.

VENTURIERI, A. *et al*. Utilização de imagens Landsat e CBERS na avaliação da mudança do uso e cobertura da terra e seus reflexos na qualidade da água em microbacia hidrográfica do município de Paragominas, Pará. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1127-1134. 1 CD-ROM.

VIEIRA, F. C. S. *et al*. Evolução temporal do uso e ocupação do solo para os anos de 1994 e 2002 no município de Vitória, ES, utilizando imagens orbitais do satélite LANDSAT TM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 3943-3950. 1 CD-ROM.

VIEIRA, S. **Como escrever uma tese**. 5 ed. rev. e ampl. São Paulo: Pioneira, 1999.

YAMAGUCHI, F. Y. *et al.* Mapeamento de uso da terra através de utilização de imagens CBERS. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. (SBSR), 16-21 abr. 2005, Goiânia. **Anais**... São José dos Campos: INPE, 2005. p. 1143-1148. 1 CD-ROM.