

Evolução espaço-temporal do uso da terra, na bacia do Rio Araguari-MG, a partir de dados MSS/Landsat 2 (1973) e TM/Landsat 5 (2009)

Jussara dos Santos Rosendo ^{1,2}
Roberto Rosa ¹

¹ Universidade Federal de Uberlândia - UFU
Av. João Naves de Ávila, 2121 - Campus Santa Mônica Bloco H, Uberlândia - MG, Brasil
rrosa@ufu.br

² Faculdade de Ciências Integradas do Pontal - FACIP/UFU
Rua José João Dib, 2545 – B. Progresso, CEP: 38302-000 - Ituiutaba - MG, Brasil
jussara@pontal.ufu.br

Abstract. The set of geotechnologies (Remote Sensing, Geoprocessing and Geographic Information System) contains a variety of techniques for processing and spatialization of information, allowing its visualization through several different products such as maps, graphs, tables, and the like. The objective of this paper is to evaluate the spatiotemporal evolution of land use in the basin of Araguari River in Minas Gerais State, from the mapping based on data from MSS/Landsat 2 and TM/Landsat 5 for the years of 1973 and 2009, respectively. The methodology included the acquisition of images available on INPE's (National Institute for Space Research) website, they're processing and preparation of maps of land use and vegetation cover that made it possible to achieve the following results: in 1973, about 85,34% of the area was covered by natural vegetation, while only 14,66% was occupied by agriculture and livestock. However in 2009, we observed the opposite, in which 60,41% of the area was destined to agriculture and livestock, while 39,60% was covered with natural vegetation.

Palavras-chave: remote sensing, land use, Landsat, sensoriamento remoto, uso da terra, Landsat.

1. Introdução

A bacia do rio Araguari, localizada na Mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, na porção oeste do estado de Minas Gerais; compreende a maior parte da região do Triângulo Mineiro. Está situada entre as coordenadas geográficas de 18° 20' e 20° 10' de latitude sul e 46° 00' e 48° 50' de longitude oeste de Greenwich, ocupando uma área de 20.186 km², abrangendo parte dos seguintes municípios: Araguari, Araxá, Campos Altos, Ibiá, Indianópolis, Iraí de Minas, Nova Ponte, Patrocínio, Pedrinópolis, Perdizes, Pratinha, Rio Paranaíba, Sacramento, Santa Juliana, São Roque de Minas, Serra do Salitre, Tapira, Tupaciguara, Uberaba e Uberlândia (Figura 11). Por não haver necessária concordância entre o limite da bacia e as áreas (divisões) municipais, parte desses municípios não possui suas áreas totalmente compreendidas na área da bacia.

O principal objetivo do presente trabalho é avaliar a evolução espaço-temporal do uso da terra, na bacia do Rio Araguari-MG, a partir do mapeamento realizado com dados MSS/Landsat 2 e TM/Landsat 5, para os anos de 1973 e 2009, respectivamente.

O Sensoriamento Remoto e o Geoprocessamento são tecnologias que possibilitam o monitoramento de extensas áreas com baixo custo, ou “custo zero”, quando adquiridas imagens disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Nesta perspectiva, e com intuito de monitorar as áreas já ocupadas com a agropecuária e de fiscalizar aquelas ainda cobertas com vegetação natural, torna-se imprescindível o emprego de tais tecnologias.

A opção de pesquisar a bacia hidrográfica do Rio Araguari se deu em virtude desta apresentar vastas áreas ocupadas com agricultura e pastagens. Sabendo-se da relevância econômica desta bacia na região em que está inserida, é fundamental que sejam elaborados dados precisos das áreas ocupadas pelas diferentes categorias de uso da terra e cobertura vegetal natural. Estes dados foram organizados a partir da utilização de sensores orbitais com

resolução espacial decimétrica (MSS/Landsat 2 e TM/Landsat 5). A referida bacia também apresenta significativa importância econômica na criação de gado e na produção de grãos, tornando a região do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba um entreposto comercial na distribuição de produtos agropecuários e industrializados.

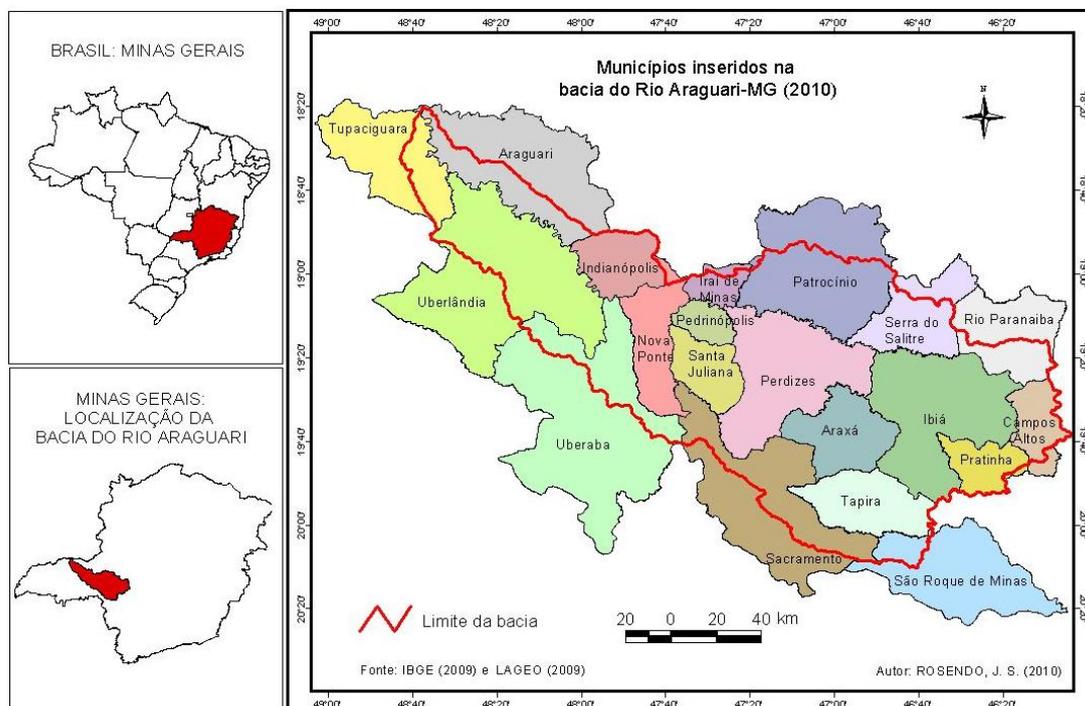


Figura 1: Municípios inseridos na bacia do Rio Araguari-MG
Fonte: Rosendo, 2010

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Materiais

- Imagens do satélite Landsat disponibilizadas gratuitamente pelo INPE. As órbitas/pontos, as datas de passagem, os sensores utilizados e sua resolução espacial são descritos no Quadro 1 e representados nas Figuras 2 e 3;

Quadro 1: Imagens do satélite Landsat utilizadas para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Rio Araguari-MG

Sensor/Satélite	Órbitas/Pontos (O/P)	Datas de passagem/Satélite	Resolução espacial (m)
MSS/Landsat 2	237/73	14/07/1973	80
	236/73	13/09/1975*	
	236/74	31/07/1973	
	235/73	30/07/1973	
	235/74	30/07/1973	
TM/Landsat 5	221/73	18/07/2009	30
	220/73	27/07/2009	
	220/74	27/07/2009	
	219/73	20/07/2009	
	219/74	20/06/2009	

* A imagem do ano 1973 correspondente a O/P236/73 apresentava falha de sobreposição a O/P adjacente, por esse motivo foi utilizada a imagem do ano 1975.

- Base cartográfica em meio digital, que contemplam o limite da bacia, as drenagens e o limite político dos municípios, elaborada pelo Laboratório de Geoprocessamento do Instituto de Geografia (LAGEO/UFU);
- Cartas temáticas elaboradas para o projeto Mapeamento da cobertura vegetal do bioma Cerrado, realizado pelo Ministério do Meio Ambiente, Embrapa Cerrados em parceria com o Laboratório de Geoprocessamento da UFU, adquiridas no site do Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2008).

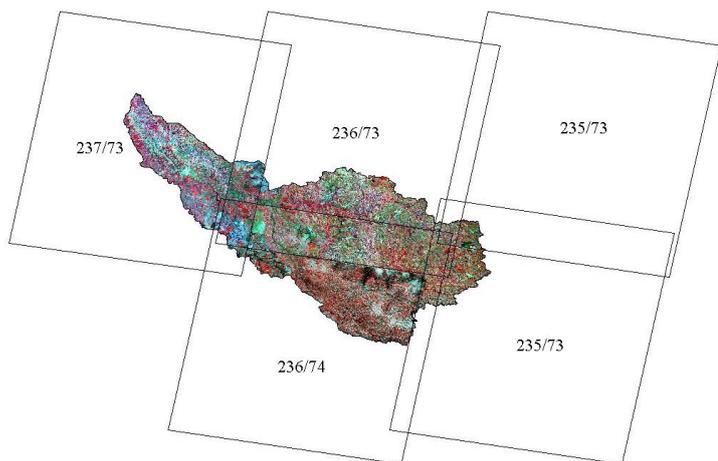


Figura 2: Imagens MSS/Landsat 2 utilizadas para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Rio Araguari-MG (1973)

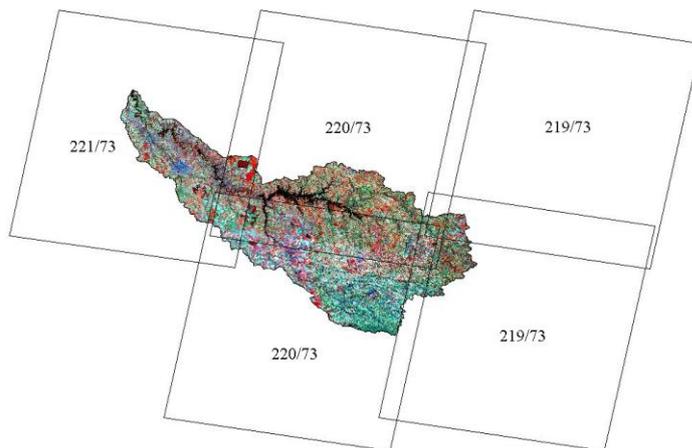


Figura 3: Imagens TM/Landsat 5 utilizadas para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Rio Araguari-MG (2009)

2.2 Softwares

- ArcView 3.2; Envi 4.0.

2.3 Procedimentos Operacionais

Para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal da Bacia do Rio Araguari-MG, o primeiro passo foi a aquisição das imagens do satélite Landsat no site do INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). Pela visualização do Quadro 1, verifica-se que não foi possível a aquisição das imagens de satélite com a mesma data de passagem para todas as cenas necessárias para cobrir a área da pesquisa (cinco imagens/cenas para cada período – 1973/2009). Entretanto, teve-se o cuidado de selecionar datas do mesmo mês a fim de evitar diferenças nos valores de reflectância dos alvos. Nos casos em que não foram localizadas imagens do mesmo mês, buscaram-se meses que fizessem parte do mesmo período sazonal, dada a importância que a diferença entre esses períodos exerce no comportamento da vegetação. Vale ressaltar que este fato não alterou o resultado final da pesquisa.

Depois da aquisição de todas as cenas necessárias para mapear a área da bacia, prosseguiu-se com a etapa de processamento destas, começando pela geração da composição colorida, realizada no software ENVI 4.0. Das sete bandas espectrais do satélite TM/Landsat 5, foram utilizadas as bandas 3 (na cor azul), 4 (na cor vermelha) e 5 (na cor verde), formando a composição colorida 3B4R5G. Para o MSS/Landsat 2, as bandas 7 (cor vermelha), 5 (verde) e 4 (azul) sendo as mais apropriadas considerando o objetivo da pesquisa, formando, portanto, a composição colorida 4B5G7R.

Depois de definidas as composições coloridas, as imagens foram georreferenciadas no software ENVI 4.0, tendo como referência pontos de controle identificados nas cartas do projeto PROBIO, pois, acredita-se na confiabilidade do georreferenciamento destas. As cenas

Landsat foram mosaicadas por meio de equalização de histogramas. De acordo com Sano et al. (2009), tal equalização agrupa duas ou mais imagens considerando-se uma delas como sendo a imagem referência. Essa técnica corresponde a um método estatístico baseado na função de distribuição cumulativa (SHIMABUKURO et al., 2002 apud SANO et al., 2009) e, está disponível nos principais *softwares* de processamento digital de imagens. Em seguida, foi feito o recorte das imagens tomando-se como base o limite da bacia do Rio Araguari.

Realizado o mosaico e o recorte das imagens Landsat, teve início a fase de interpretação visual. Para isso, foi elaborada uma chave de interpretação (Quadro 3) das composições coloridas nos diferentes períodos, com intuito de orientar a análise/interpretação das imagens. Com intuito de sanar as dúvidas relacionadas a interpretação visual, foi realizado um trabalho de campo na área da pesquisa, em setembro de 2009.

No *software* ArcView 3.2 cada polígono foi associado a uma determinada classe de uso. A legenda do mapeamento foi composta por dois grupos principais, o de cobertura vegetal natural e o de uso antrópico, para os períodos analisados. O Quadro 2 apresenta as classes que compuseram o grupo de cobertura vegetal natural e uso antrópico.

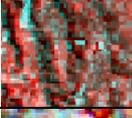
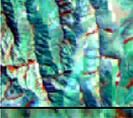
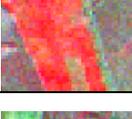
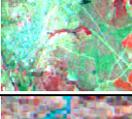
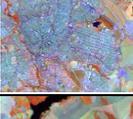
Quadro 2: Legenda do mapeamento de uso da terra e cobertura vegetal natural utilizada nos períodos de 2009 e 1973

Grupos	Legenda (Categorias mapeadas)	
	1973	2009
Vegetação Natural	Cerradão/Mata Cerrado Campo Sujo Campo Limpo	Cerradão/Mata Cerrado Campo Sujo Campo Limpo
Uso Antrópico	Reflorestamento Pastagem Cultura Anual - - - - Influência Urbana Água	Reflorestamento Pastagem Cultura Anual Cana-de-açúcar Cultura Anual Irrigada Cultura Perene (Café) Influência Mineral Influência Urbana Água

É importante destacar que o conceito que este estudo adota para o termo cobertura vegetal natural são aquelas áreas que apresentam cobertura vegetal original, independentemente da existência ou não de algum tipo de uso antrópico (SANO et al. 2009). A legenda da cobertura vegetal natural teve que ser agrupada em função da dificuldade de separação de algumas fitofisionomias. Foi o que aconteceu com o Cerradão e a Mata e com o Campo Sujo e Campo Cerrado. As florestas de galeria, em função de suas pequenas dimensões, não foram separadas, sendo incluídas na classe Cerradão/Mata.

A identificação das diferentes classes de uso da terra e cobertura vegetal natural, presentes na bacia, foi realizado pela interpretação visual das imagens digitais diretamente na tela do computador (classificação visual em tela). O mapeamento das áreas de cana-de-açúcar foi realizado a partir dos dados do Mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da terra (CANASAT, 2010) disponibilizados por Rudorff, et al. (2010).

Quadro 3: Exemplo de chave de interpretação utilizada para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal na bacia do Rio Araguari-MG

Tipos de uso	1973		2009	
	Padrões característicos de Interpretação	Composição colorida 4B5G7R	Padrões característicos de Interpretação	Composição colorida 3B4R5G
Cerradão/Mata	Cor: vermelho; Textura: intermediária a rugosa; Forma: irregular		Cor: vermelho brilhante; Textura: intermediária a rugosa; Forma: irregular	
Cerrado	Cor: vermelho escuro; Textura: intermediária a rugosa; Forma: irregular		Cor: vermelho médio; Textura: intermediária a rugosa; Forma: irregular	
Campo Sujo/ Campo Cerrado	Cor: vermelho claro; Textura: intermediária; Forma: irregular		Cor: verde azulado; Textura: intermediária; Forma: irregular	
Campo Limpo	Cor: cinza claro; Textura: intermediária; Forma: irregular		Cor: verde claro; Textura: intermediária; Forma: irregular	
Reflorestamento	Cor: vermelho claro; Textura: intermediária; Forma: geométrica		Cor: vermelho claro; Textura: intermediária; Forma: geométrica	
Pastagens	Cor: verde claro; Textura: lisa a intermediária; Forma: irregular a geométrica		Cor: azul acinzentado; Textura: Lisa a intermediária; Forma: irregular a geométrica	
Cultura Anual Irrigada	-	-	Cor: vermelho brilhante; Textura: lisa; Forma: geométrica	
Café	-	-	Cor: vermelho alaranjado; Textura: intermediária; Forma: geométrica	
Cultura Anual	Cor: azul claro; Textura: lisa; Forma: geométrica		Cor: azul claro e azul esverdeado; Textura:lisa; Forma: geométrica	
Cana-de-açúcar	-	-	Cor: vermelho claro; Textura: lisa; Forma: geométrica	
Área Urbana	Cor: verde claro; Textura: intermediária a rugosa; Forma: geométrica		Cor: azul médio; Textura: intermediária a rugosa; Forma: geométrica	
Corpos d' Água	Cor: azul claro; Textura: lisa; Forma: irregular		Cor: preto; Textura: lisa; Forma: irregular	

Os tipos de uso representados pelo símbolo (-) não estavam presentes na área de pesquisa em 1973

3. Resultados e Discussão

A partir da análise dos mapas elaborados e da quantificação das diferentes categorias mapeadas, foi possível observar que, em 1973, 85,34% da área eram cobertas por vegetação natural, enquanto, apenas 14,66%, estavam ocupadas pela agricultura e pecuária. Já em 2009, observou-se o oposto, em que 60,41% da área destinavam-se à agricultura e pecuária, enquanto 39,60% da área encontravam-se cobertas com vegetação natural. Os dados apresentados na Tabela 1 e nas Figuras 4 e 5 permitem analisar a dinâmica do uso da terra e da cobertura vegetal natural ao longo do período analisado.

Tabela 1: Área ocupada (ha e %) por cada classe de uso da terra e cobertura vegetal natural - Bacia do Rio Araguari-MG nos anos 1973 e 2009

Usos	1973		2009	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Cerradão/Mata	340.895,56	16,89	256.437,00	12,70
Cerrado	146.608,25	7,26	33.790,11	1,67
Campo Sujo	1.061.703,50	52,60	393.717,80	19,50
Campo Limpo	173.392,37	8,59	115.351,29	5,71
Reflorestamento	18.246,81	0,90	71.106,82	3,52
Pastagem	212.950,69	10,55	600.055,99	29,73
Cultura Anual	48.196,25*	2,39	391.657,87	19,40
Cana-de-açúcar	-	-	50.130,51	2,48
Cultura Anual Irrigada	-	-	33.526,44	1,66
Cultura Perene (Café)	-	-	3.542,16	0,18
Influência Mineral	-	-	1.213,07	0,06
Influência Urbana	10.598,37	0,53	20.667,93	1,02
Água	6.008,20	0,30	47.403,02	2,35
Total	2.018.600,00	100,00	2.018.600,00	100,00

* A cultura anual em 1973 realizava-se por meio de plantio convencional, já nesta classe em 2009, ocorre o predomínio do plantio direto

Os dados mais expressivos da modificação do uso da terra desde 1973 até 2009 fazem referência à substituição da vegetação natural de Cerrado e Campo Sujo. Nota-se que quase 77% da área total ocupada pelo Cerrado foi desmatada, fato notado pela análise das cifras que demonstram que do total de 7,26% da área ocupada por Cerrado em 1973, restou apenas 1,67% em 2009. Com relação ao Campo Sujo, observa-se o desmatamento de mais da metade da área ocupada por este tipo de fitofisionomia da área total presente na bacia, em 1973, permanecendo pouco mais de 19%, em 2009, ou seja, quase 63 % da área total de Campo Sujo foram desmatadas para dar lugar às áreas agrícolas e pastagens. Estas áreas sofreram uma maior pressão por parte da agricultura e pecuária em virtude da aptidão agrícola (embora possuam solos ácidos com elevado teor de alumínio, são facilmente corrigíveis), principalmente por estarem localizadas sobre terrenos planos (especialmente de chapadas) o que facilita a mecanização.

O que explicaria a maior preservação da Mata/Cerradão e Campo Limpo são as áreas de relevo mais acidentado que estas ocupam. No caso da Mata/Cerradão o fundo dos vales/encostas e no caso do Campo Limpo, tais áreas encontra-se em elevadas altitudes, além do relevo ser bastante acidentado, localizadas principalmente na porção Sudeste da Bacia (Serra da Canastra e arredores).

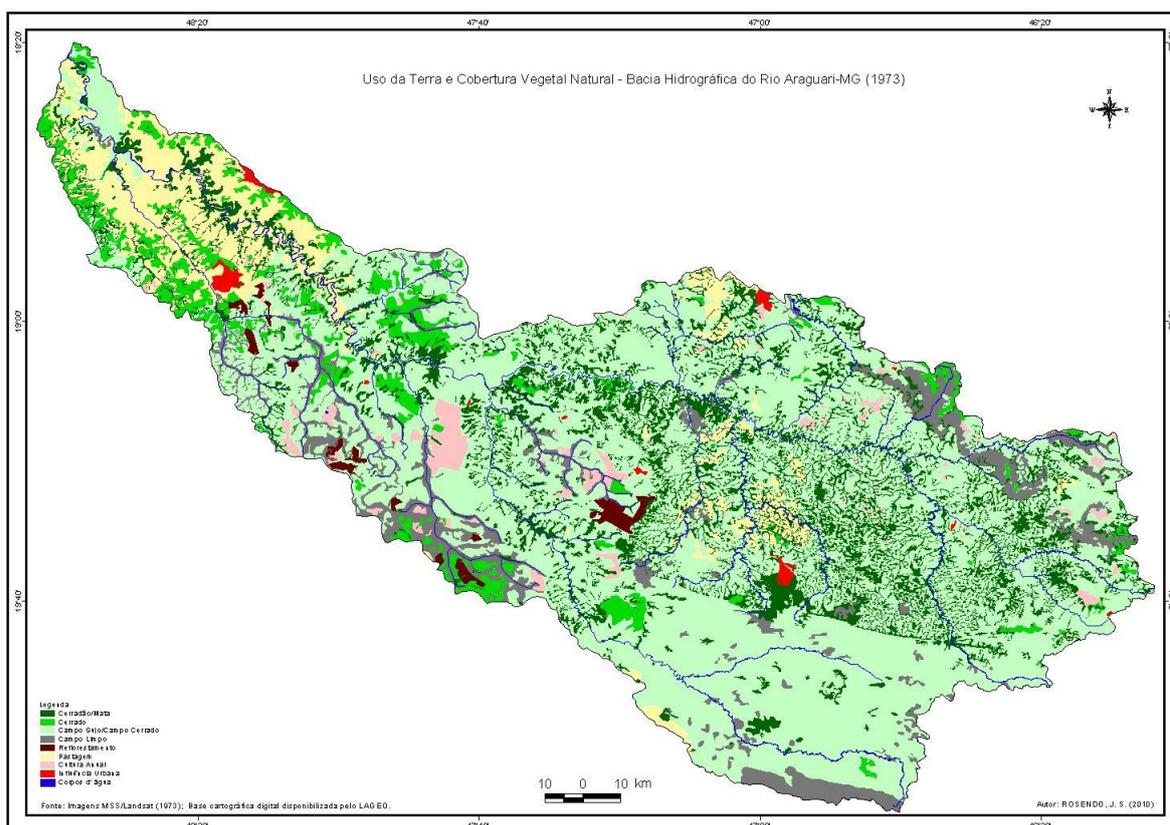


Figura 4: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal natural da bacia do Rio Araguari-MG (1973)

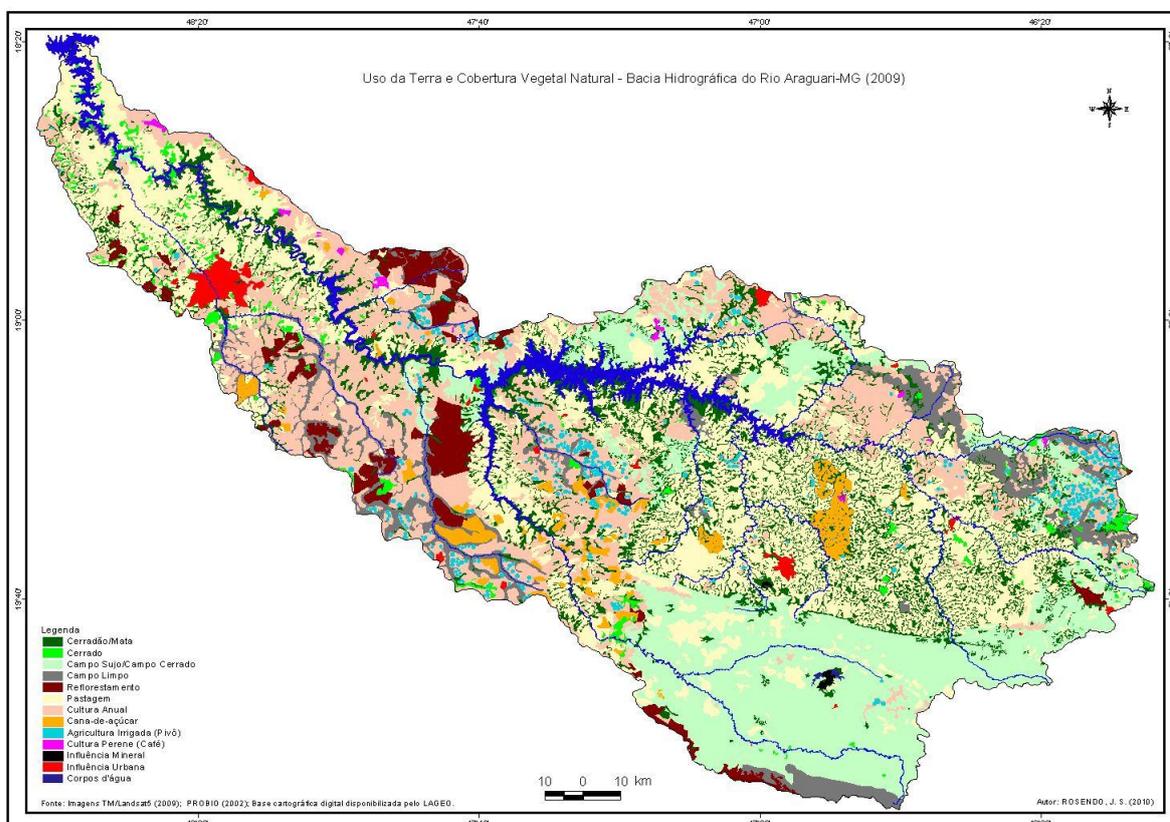


Figura 5: Mapa de uso da terra e cobertura vegetal natural da bacia do Rio Araguari-MG (2009)

4. Conclusões

Verificou-se que, em 1973, 85,34% da área apresentavam-se cobertas por vegetação natural, enquanto apenas 14,66% estavam ocupadas pela agricultura e pecuária. Já em 2009, constatou-se o oposto, já que 60,41% da área destinavam-se à agricultura e pecuária, enquanto 39,60% da área encontravam-se cobertas com vegetação natural. Conclui-se que quase 63 % da área total de Campo Sujo foram desmatadas para dar lugar às áreas agrícolas e pastagens. Estas áreas sofreram uma maior pressão por parte da agricultura e pecuária em virtude da aptidão agrícola (embora possuam solos ácidos com elevado teor de alumínio, são facilmente corrigíveis), principalmente pela sua localização em terrenos planos (especialmente de chapadas), o que facilita a mecanização.

Agradecimentos

Ao Antônio Roberto Formaggio (INPE) e ao Daniel Alves Aguiar (INPE), pela concessão dos dados da expansão da cana-de-açúcar no estado de Minas Gerais.

Referências Bibliográficas

CANASAT. **Mapeamento da cana via imagens de satélite de observação da Terra**. Aquisição de dados da expansão da cana-de-açúcar em Minas Gerais. Disponível em: < <http://150.163.3.3/canasat/index.php>>. Acesso em: 25 mar 2010.

INPE. **Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. Aquisição de imagens de satélite MSS/Landsat 2 e TM/Landsat 5. Disponível em: < <http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em: 15 ago 2009.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Cartas elaboradas para o projeto Mapeamento da cobertura vegetal do bioma cerrado**. Disponível em: <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm?/>>. Acesso: 05 jun 2009.

PROBIO. **Mapeamento da Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: Relatório Final**. Brasília/DF. Junho 2007, 93 p.

ROSA, R. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**, Uberlândia: EDUFU, 2007, 248 p.

ROSENDO, J. S. **Estoque de carbono nos solos da bacia do Rio Araguari-MG: estimativas, modelagem e cenários**. 311 p. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia. 2010.

RUDORFF B. F. T., AGUIAR D. A., SILVA W. F., SUGAWARA L. M., ADAMI M., MOREIRA M. A. **Studies on the Rapid Expansion of Sugarcane for Ethanol Production in São Paulo State (Brazil) Using Landsat Data. Remote Sensing**, 2(4), p. 1057-1076, 2010. doi: <10.3390/rs2041057>.

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G.; BEZERRA, H. S. **Mapeamento da cobertura vegetal natural e antrópica do bioma Cerrado por meio de imagens Landsat ETM+**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR). 04, 2009, Natal. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos, p. 1199-1206. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.11.19.46/doc/1199-1206.pdf>>. Acesso em: 24 fev 2010.