

Aplicação do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) à Análise Multitemporal da Dinâmica de Áreas Agrícolas no Alto Curso da Bacia do Rio Uberabinha, Minas Gerais

Application of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Multitemporal Analysis of the Dynamics of Agricultural Areas in the High Course of the Basin of the Uberabinha River, Minas Gerais

Vanderlei de Oliveira Ferreira

Doutor em Geografia, Professor da Universidade Federal de Uberlândia – UFU

vanderlei@ig.ufu.br

Mirella Velluma Portilho Magalhães

Geógrafa pela Universidade Federal de Uberlândia

portilho.mirella@gmail.com

Recebido para revisão em 15/04/2015 e aceito para publicação em 15/05/2015

Resumo

O mapeamento do uso do solo é essencial para acompanhamento do processo de reconstrução continuada da paisagem, sendo útil para definição de estratégias de utilização dos recursos naturais. O presente artigo relata pesquisa dedicada a inventariar e compreender a dinâmica do uso agrícola do solo sob uma perspectiva multitemporal (escala sazonal) no alto curso da bacia do rio Uberabinha, no Triângulo Mineiro, a montante da sede municipal de Uberlândia. Utilizou-se a técnica do NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) devido à sua aptidão para levantamento de áreas agrícolas. O mapeamento foi elaborado por meio da interpretação visual, recorrendo-se às imagens do sensor LANDSAT 5 e ResourceSat-1, com a composição colorida 4R5G3B. Foi possível diferenciar os diversos estádios fenológicos da cobertura vegetal, percebendo situações de manejo e forma de ocupação do solo em diferentes épocas do ano. Observa-se, por exemplo, que não há recorrência ao pousio da terra entre uma cultura e outra. Os produtores adotam o método de plantio direto, intercalando culturas, além de forrageiras e leguminosas para melhorar a qualidade nutricional do solo.

Palavras chave: Mapeamento; Sensoriamento Remoto; Uso agrícola do solo; Escala sazonal.

Abstract

The mapping of the land use is essential for accompaniment of the reconstruction process continued of landscape, being useful for define strategies of utilization of the natural resources. This article reports the research dedicated to inventory and understand the dynamics of agricultural land use under a multitemporal perspective (seasonal scale) in the high course of the basin of the Uberabinha river, in the Triângulo Mineiro, the upstream of the municipal headquarters of Uberlândia. We used the technique of NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) due to its aptitude for survey of agricultural areas. The mapping was prepared by visual interpretation, resorting to images of the sensor LANDSAT 5 and ResourceSat-1, with colorful makeup 4R5G3B. It was possible to differentiate the several phenological stages of the vegetation cover, realizing management situations and forms of land occupation in differents epochs of the year. It is observed that there is no recurrence to fallow of the land between one culture and another. The producers adopt the method of tillage, interspersing cultures, besides forages and legumes for improve the nutritional quality of the soil.

Keywords: Mapping; Remote Sensing; Agricultural land use; Seasonal scale.

1. INTRODUÇÃO

A evolução e dinâmica da paisagem é um processo contínuo que ocorre por processos naturais e ações antrópicas. Para acompanhar as mudanças, as ferramentas geotecnológicas são muito úteis, permitindo espacializar informações necessárias para as ações gerenciais.

O mapeamento do uso do solo permite analisar mudanças ocorridas na paisagem e entendimento da organização do espaço. Neste contexto, a pesquisa relatada no presente artigo teve como objetivo inventariar e compreender a dinâmica do uso do solo voltado para o sistema agrícola sob uma perspectiva multitemporal (2011-2013) no alto curso da bacia hidrográfica do rio Uberabinha, em Minas Gerais, por meio de técnicas de geoprocessamento.

A bacia hidrográfica do rio Uberabinha está localizada na Mesorregião Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, abrangendo áreas dos municípios de Uberlândia, Uberaba e Tupaciguara, entre as coordenadas 18° 36' 24" Sul e 19° 25' 32" Sul e 47° 50' 08" Oeste e 48° 38' 55" Oeste. A compreensão da dinâmica de manejo da agricultura, principal atividade econômica da área, poderá contribuir para preparação de projetos e planos coerentes com a disponibilidade de recursos naturais e características fisiográficas.

A interpretação de imagens de sensores remotos permitiu diferenciar os estádios fenológicos das culturas, época de plantio, época de preparação do solo e colheita. Recorreu-se a produtos de vários meses consecutivos, fazendo um diagnóstico da rotação das culturas, avaliando os diferentes tipos de usos nas diferentes estações do ano, buscando compreender a dinâmica de manejo. É importante lembrar que a bacia hidrográfica do rio Uberabinha é de grande importância para o município de Uberlândia, pois é o principal manancial de abastecimento de água da sede municipal. O mapa da figura 1 mostra a delimitação e localização do alto curso da bacia do Uberabinha.

A área apresenta um clima tropical semi-úmido, com inverno seco e verão chuvoso, características estas típicas do Bioma Cerrado. O clima é tipo Aw, segundo classificação de Köppen. A temperatura média varia entre 20° e 22°. Está inserida na Bacia Sedimentar do Paraná, com litologia de idade Mesozóica, formada predominantemente por rochas sedimentares do Grupo Bauru (Formação Marília) nos topos e rochas ígneas do Grupo São Bento (basaltos da Formação Serra Geral) nos fundos de vale.

O relevo do alto curso da bacia do Uberabinha é caracterizado por topos planos, amplos e largos, com baixa densidade de drenagem e vertentes com baixas declividades, com altitudes entre 950 e 1050 metros. A vegetação nativa, substancialmente suprimida, é o Cerrado. O rio Uberabinha possui 49 afluentes, sendo os ribeirões Beija-flor, Bom Jardim e Rio das Pedras, os mais importantes.

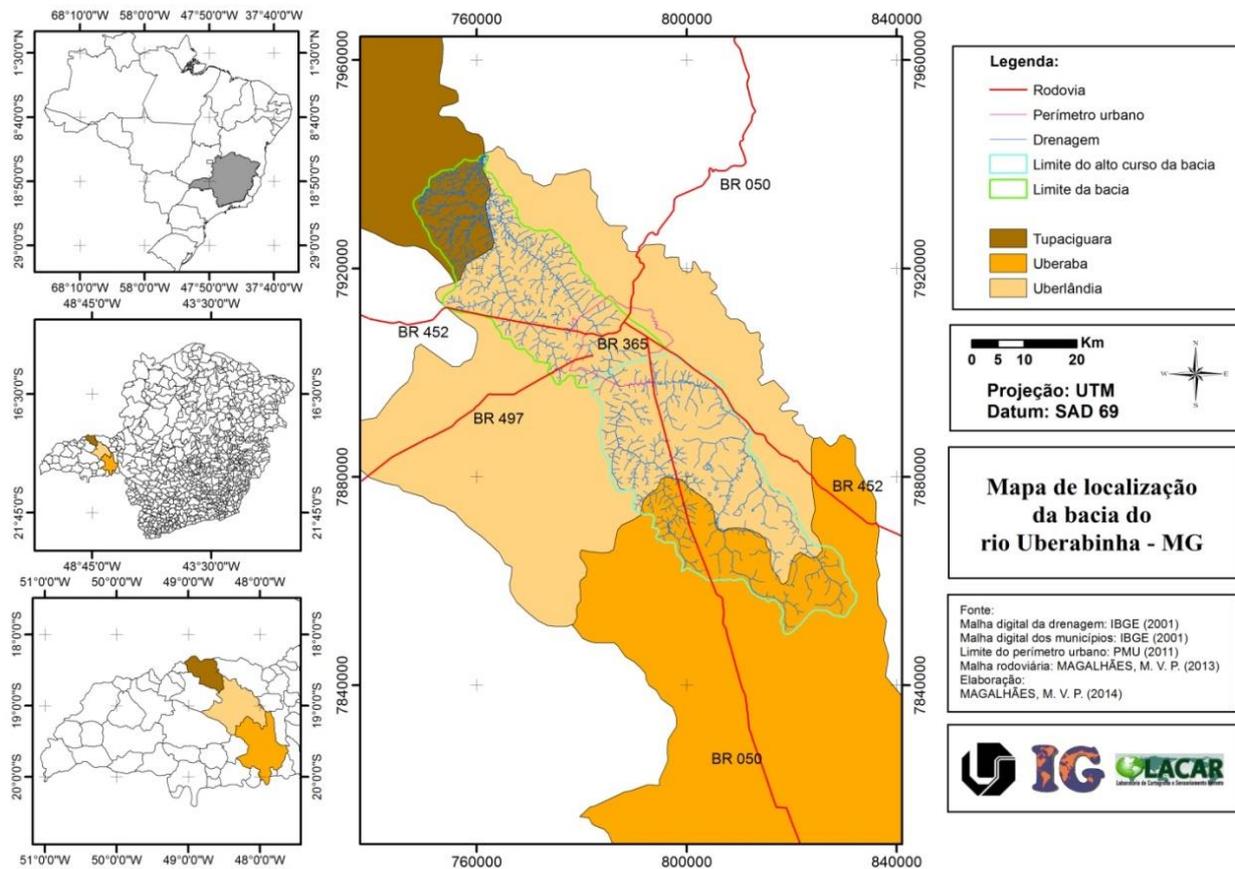


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para alcançar os objetivos da pesquisa, foi adotada a sequência metodológica exposta na figura 2.

As imagens do ResourceSat-1 e do Landsat foram adquiridas no sítio de catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE (<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>). Para georreferenciá-las utilizou-se o software Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas (SPRING), versão 5.2.3, que também é disponibilizado gratuitamente pelo INPE. Em seguida, foi elaborada a base cartográfica, conforme a figura 3. Para o processamento digital das imagens recorreu-se à metodologia proposta por Brito e Prudente (2005), seguindo as seguintes etapas:

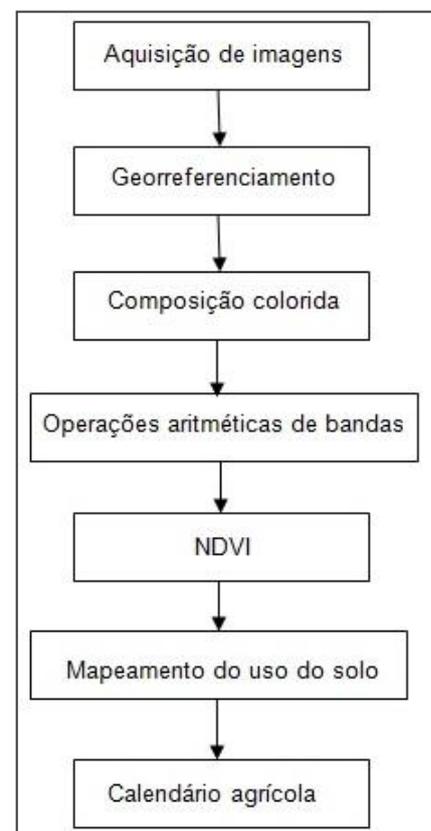


Figura 2.
Sequência metodológica da pesquisa
(Org.: MAGALHÃES, 2013)

- **Correção geométrica:** as coordenadas da imagem foram relacionadas com as coordenadas geográficas do mapa base, eliminando prováveis distorções causadas no processo de formação da imagem pelo sistema sensor ou pela imprecisão dos dados de posicionamento da plataforma;

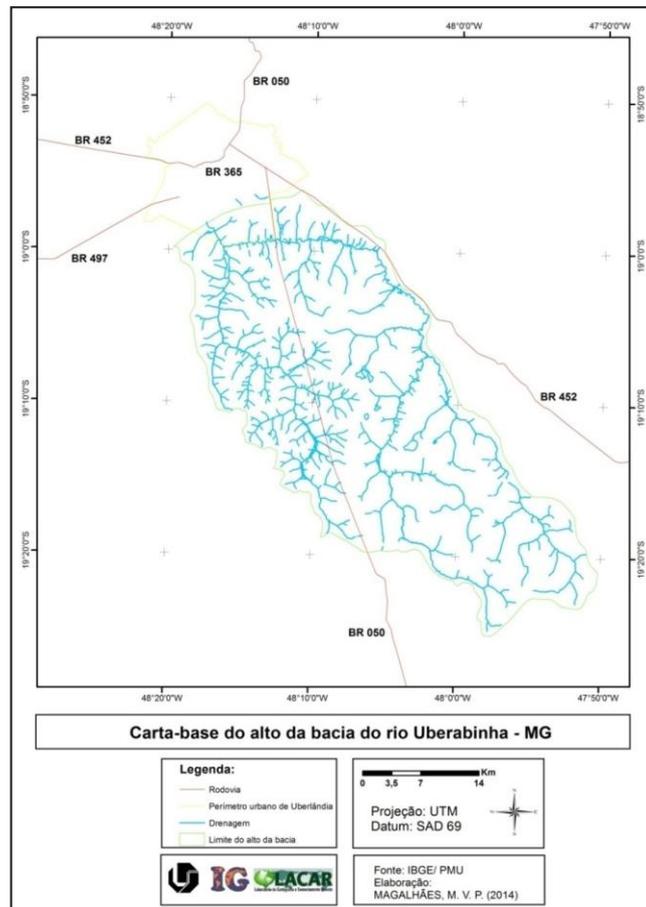


Figura 3. Carta-base

- **Operação de contraste:** Com o objetivo de melhorar a qualidade da imagem foi realizado um contraste linear, que consiste numa transferência radiométrica nos “pixels” para aumentar a discriminação visual dos objetos presentes na mesma;
- **Geração da composição colorida:** A composição colorida da carta imagem foi criada com as bandas do verde, vermelho e infravermelho próximo. A figura 4 mostra a carta imagem do sensor Landsat5/TM, mês de setembro/2011, composição colorida 4R5G3B. O mesmo procedimento foi aplicado aos meses março/2012, agosto/2012, dezembro/2012 e julho/2013;
- **Classificação:** A classificação manual permite melhor exatidão na separação de classes, sendo mais apropriada para o mapeamento de uso do solo;

- **Edição final do mapa:** A imagem classificada foi impressa e levada a campo para identificar possíveis erros. Em seguida foram feitas as correções, resultando no mapa final de uso do solo e cobertura vegetal do alto curso da bacia do rio Uberabinha de 2013.

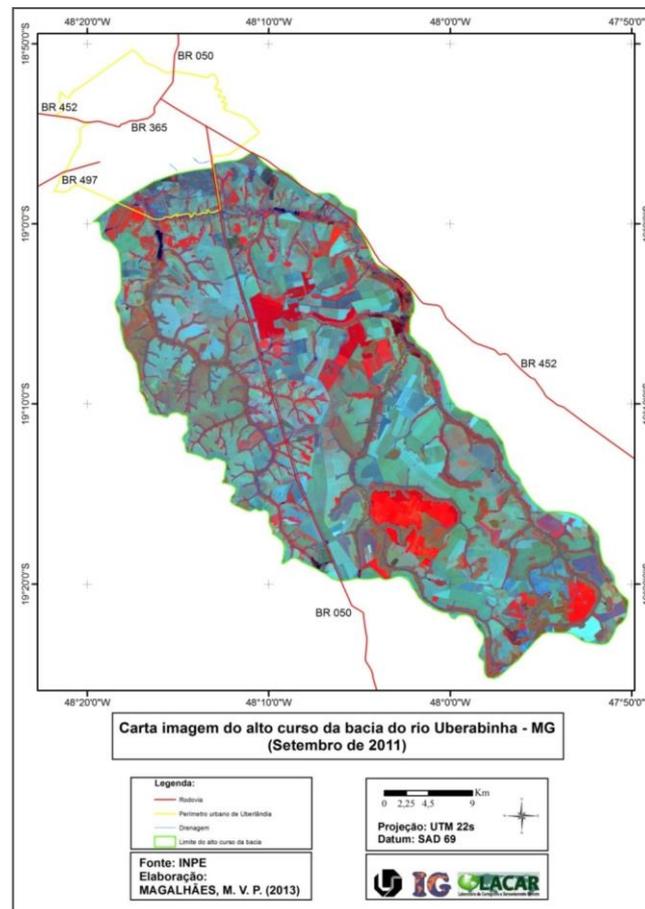


Figura 4. Carta imagem do sensor Landsat 5/TM, mês de setembro/2011, composição colorida 4R5G3B

Para gerar o NDVI no software Spring 5.2.3, recorreu-se à metodologia proposta por MOREIRA (2011). Para realizar operações aritméticas, a operação adotada foi a seguinte:

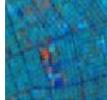
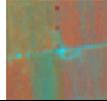
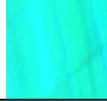
$$C = \text{Ganho} * ((A - B) / (A + B)) + \text{Offset}$$

Onde A representa a banda do infravermelho próximo e B a banda do vermelho. No sensor LISS-3 e LANDSAT 5 estas bandas são 4 e 3, respectivamente. Em seguida foi escolhida a imagem e preenchidos os espaços da opção A e B com as bandas correspondentes. Os valores de “ganho” e “off-set”, são 127 e 128, respectivamente. Assim, foi gerada uma imagem NDVI em tons de cinza. Na sequência, para dar a falsa cor, foi aplicada a composição colorida 4R5G3B.

As classes estabelecidas para o mapeamento do uso do solo de 2013 foram: área urbana, campo higrófilo/hidrófilo, Cerrado, cultura anual, cultura perene, mata e reflorestamento. Estas

categorias foram distinguidas por meio da chave de interpretação da imagem, apresentada no quadro 1.

Quadro 1. Chave de interpretação da imagem ResourceSat-1, do mês de julho/2013, composição colorida 4R5G3B

CATEGORIA DE USO	TEXTURA	TONALIDADE	FORMA	COMPOSIÇÃO COLORIDA
Área urbana	Rugosa	Azul acinzentado	Irregular	
Campo higrófilo/hidrófilo	Lisa	Verde escuro, marrom	Irregular	
Cerrado	Rugosa	Vermelho escuro	Irregular	
Cultura anual	Lisa	Rosado	Regular	
Cultura perene	Rugosa	Alaranjado	Regular	
Mata	Rugosa	Vermelho escuro	Irregular	
Reflorestamento	Lisa	Vermelho claro	Regular	
Estádio inicial	Lisa	Verde, vermelho claro	Regular	
Estádio médio a maturo	Lisa	Vermelho, alaranjado	Regular	
Solo exposto para reforma	Lisa	Verde água, branco	Regular	

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1. Calendário agrícola das principais culturas

A elaboração do calendário agrícola (figura 5) recorreu ao acompanhamento do uso do solo na área do estudo por meio de trabalhos de campo. Também foram utilizados dados referentes às lavouras temporárias no município de Uberlândia, disponibilizados pelo IBGE.

Calendário Agrícola das Culturas Temporárias presentes na bacia													
Cultura	Etapas	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Milho	Plantio												
	Colheita												
Soja	Plantio												
	Colheita												
Algodão	Plantio												
	Colheita												
Feijão	Plantio												
	Colheita												
Sorgo	Plantio												
	Colheita												
Cana-de-açúcar	Plantio												
	Colheita												

Figura 5. Calendário agrícola
Org.: MAGALHÃES, M. V. P (2013)

O plantio da soja é feito de outubro a dezembro, com a colheita de fevereiro a abril. O espaçamento entre as fileiras é de 40 a 50 cm. Nos trabalhos de campo notou-se a preferência pelo uso da técnica do plantio direto. Outra cultura que se destaca na área de estudo é o milho, cujo plantio é feito do início de outubro até o começo de dezembro. A colheita ocorre, aproximadamente, em 90 dias após o plantio. O espaçamento entrelinhas está associado à densidade de plantio, variando de 70 cm a 1m, porém para o plantio do milho para produção de grãos há uma redução nesse espaçamento para obter maior aproveitamento da área disponível.

Diferentemente da soja e do milho, que possuem plantios consolidados desde a década 80, a cana-de-açúcar foi introduzida mais recentemente na área estudada. Trata-se de uma cultura anual, que quando plantada no início da estação chuvosa é conhecida como “cana de ano”, por ter um ciclo de aproximadamente 12 meses. Já quando é plantada no meio da estação chuvosa é conhecida como “cana de ano e meio”, pois seu ciclo aumenta para 14 até 21 meses (GÜRTLER, 2003). A cultura de primeiro corte é conhecida como “cana planta”, de segundo corte “cana soca” e de terceiro corte e acima “ressoca”. O espaçamento entrelinhas é de 1m a 1,5m. A produção ocorre durante quatro anos seguidos. Assim que diagnosticado a redução da produtividade realiza-se a reforma do canavial (REIS, 2010).

O feijão, o algodão e o sorgo também possuem índices relevantes de cultivo na área. O feijão pode ser considerado uma cultura entre safras do milho e da soja, utilizando-se das técnicas de plantio direto. Possui ciclo curto, de 80 a 100 dias, é cultivado com espaçamento de aproximadamente 40 cm em culturas não irrigadas e de 60 a 70 cm em culturas irrigadas. A época de plantio é de janeiro a junho. Já o algodão é uma cultura anual que não precisa de muita água durante seu ciclo. A época de plantio no Cerrado está diretamente ligada com a ocorrência de pragas e a colheita ocorre em período seco. O espaçamento é uma medida de 2/3 da altura da planta, onde as folhas possam cobrir toda a superfície na época do máximo vigor vegetativo, sem haver entrelaçamento. Há uma tendência de redução do espaçamento das fileiras. Por último, o sorgo é

também uma gramínea pouco exigente de água. O plantio é feito de novembro a dezembro e a colheita de maio a junho. O espaçamento dessa cultura é de 50 cm.

3.2. O uso da terra na bacia do rio Uberabinha

O mapeamento de 1994, feito por Schneider (1996), indicava que 45,9% da área da bacia estava ocupada por culturas anuais. No mapeamento de 2013 as culturas anuais ocupam 64,87%, conforme exposto no quadro 2.

Quadro 2. Área ocupada pelas categorias de uso do solo

Categoria	Área Ocupada	
	Km ²	%
Cultura Anual	820,92	64,87
Cultura Perene	1,20	0,09
Área Urbana	11,49	0,90
Campo Higrófilo/Hidrófilo	198,17	15,67
Cerrado	38,29	3,03
Corpos D'água	2,33	0,18
Mata	60,90	4,82
Pastagem	62,48	4,93
Uso Misto	3,49	0,27
Silvicultura	66,29	5,24
Total	1265,56	100

Org.: MAGALHÃES, M. V. P. (2014)

O mapa de uso do solo do ano de 2013 demonstra a extensa área ocupada pela cultura anual (figura 6). Comparando a área ocupada pelo campo higrófilo/hidrófilo com o dado de 2004, feito por Borges (2012), pode-se concluir que houve uma perda de 21,04 km² dessa categoria, devido à expansão da cultura anual.

3.3. Mapeamento multitemporal (2011-2013)

SETEMBRO/2011

O mapeamento de setembro/2011 mostra a predominância das culturas anuais em estágio inicial (figura 7). Conforme o quadro 3, esta categoria ocupa 377,84 km². Em segundo lugar está o estágio vegetativo médio a maturo. Na ocasião, apenas duas culturas estariam em estágio maturo em colheita, de acordo com o calendário agrícola: cana-de-açúcar e feijão.

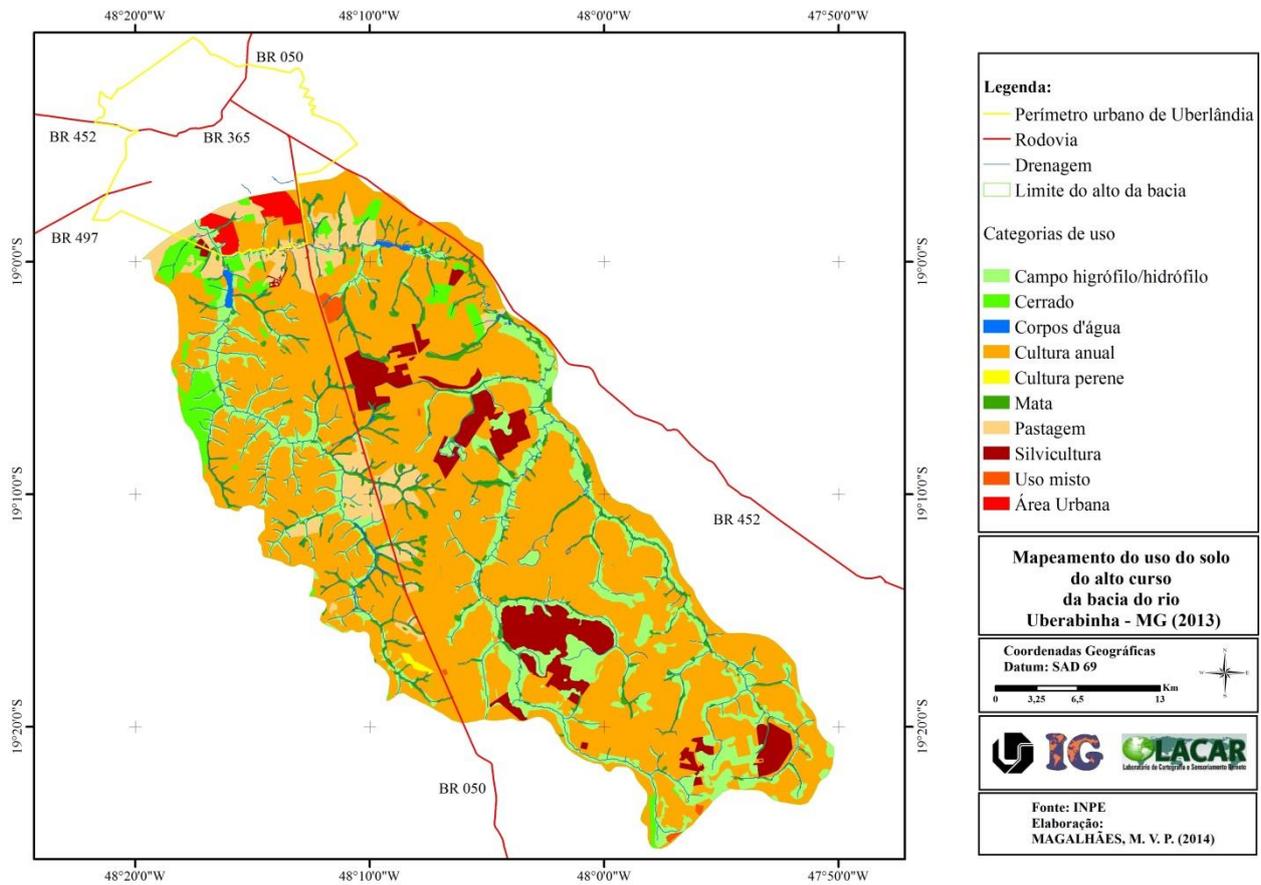


Figura 6. Mapa do uso do solo e cobertura vegetal do ano de 2013

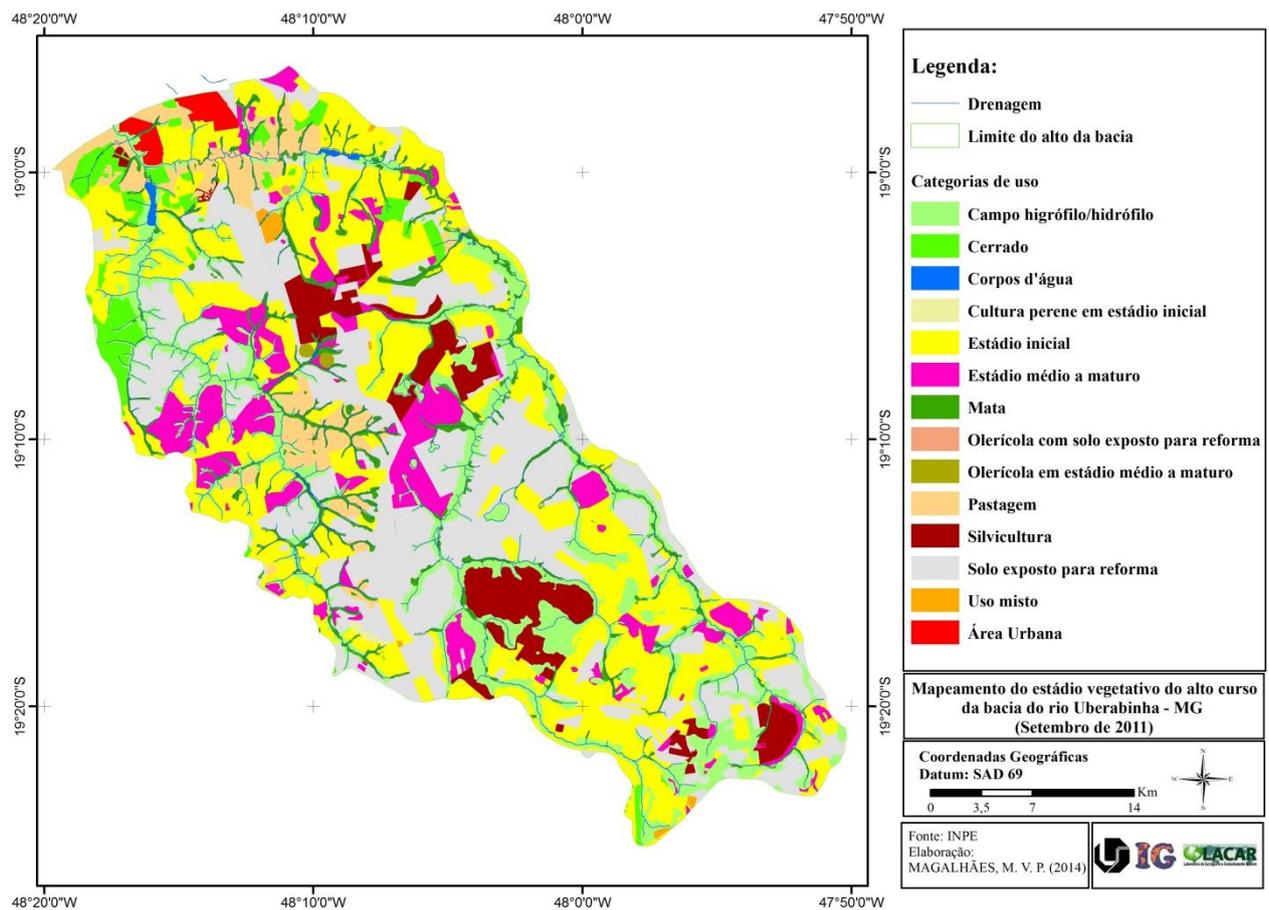


Figura 7. Mapa do estágio vegetativo de setembro/2011

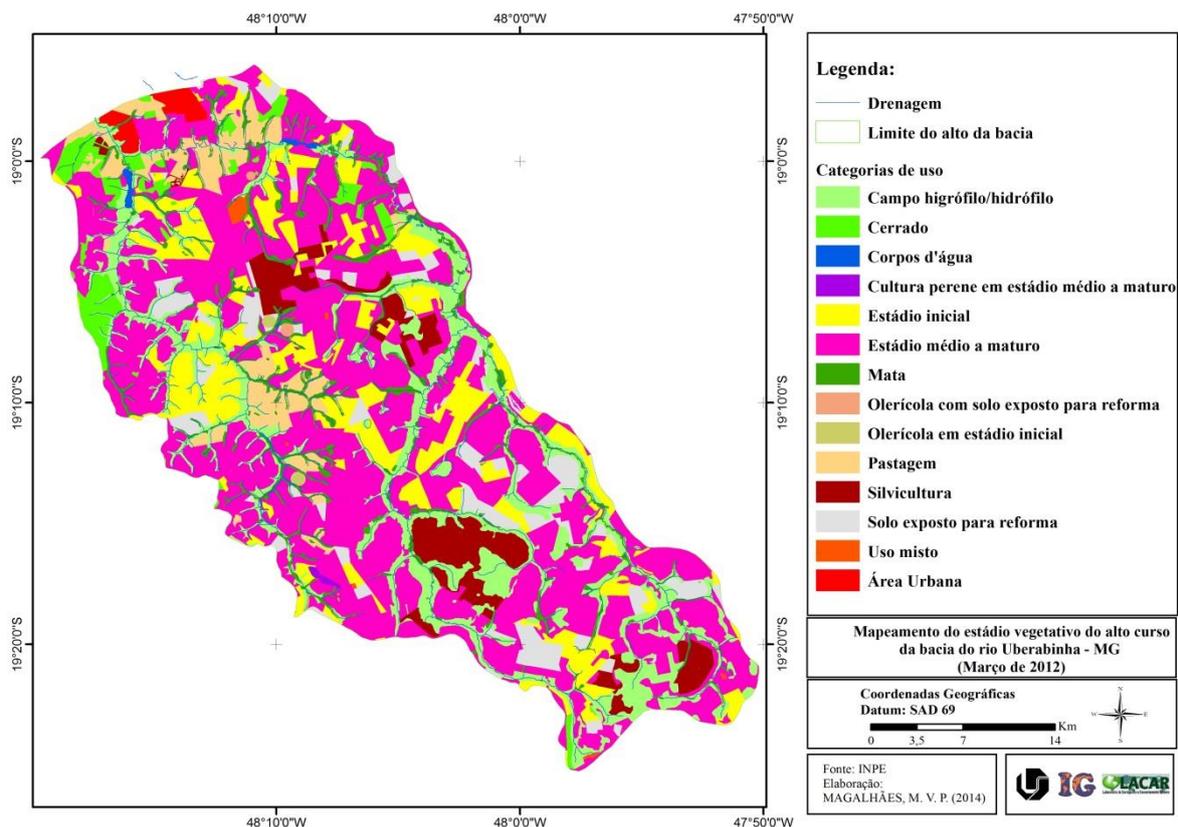
Quadro 3. Categorias do uso do solo do mapeamento de setembro/2011

Categoria	Área (km²)
Área Urbana	11,49
Campo higrófilo/hidrófilo	198,21
Cerrado	38,08
Corpos d'água	2,33
Cultura perene em estágio inicial	1,20
Estádio médio a maturo	104,58
Estádio inicial	377,84
Mata	60,84
Olerícola com solo exposto para reforma	0,36
Olerícola em estágio médio a maturo	1,57
Pastagem	62,20
Solo exposto para reforma	325,26
Uso misto	3,95
Silvicultura	77,65
Total	1265,56

Org.: MAGALHÃES, M. V. P. (2014)

MARÇO/2012

A figura 8 mostra que no mês de março/2012 a categoria de maior abrangência era do estágio médio a maturo das culturas anuais, que ocupavam 576,25 km². Nesse mês ocorre a colheita da soja e milho, que são os tipos de cultura que mais se produz na bacia. A segunda categoria que ocupava maior área neste mês é a do campo higrófilo/hidrófilo com 198,11 km², vegetação bastante encontrada na chapada da bacia do rio Uberabinha. E em terceiro lugar, destacou-se a categoria de estágio inicial das culturas anuais, com 164,10 km², conforme mostra o quadro 4.

**Figura 8.** Mapa do estágio vegetativo de março/2012

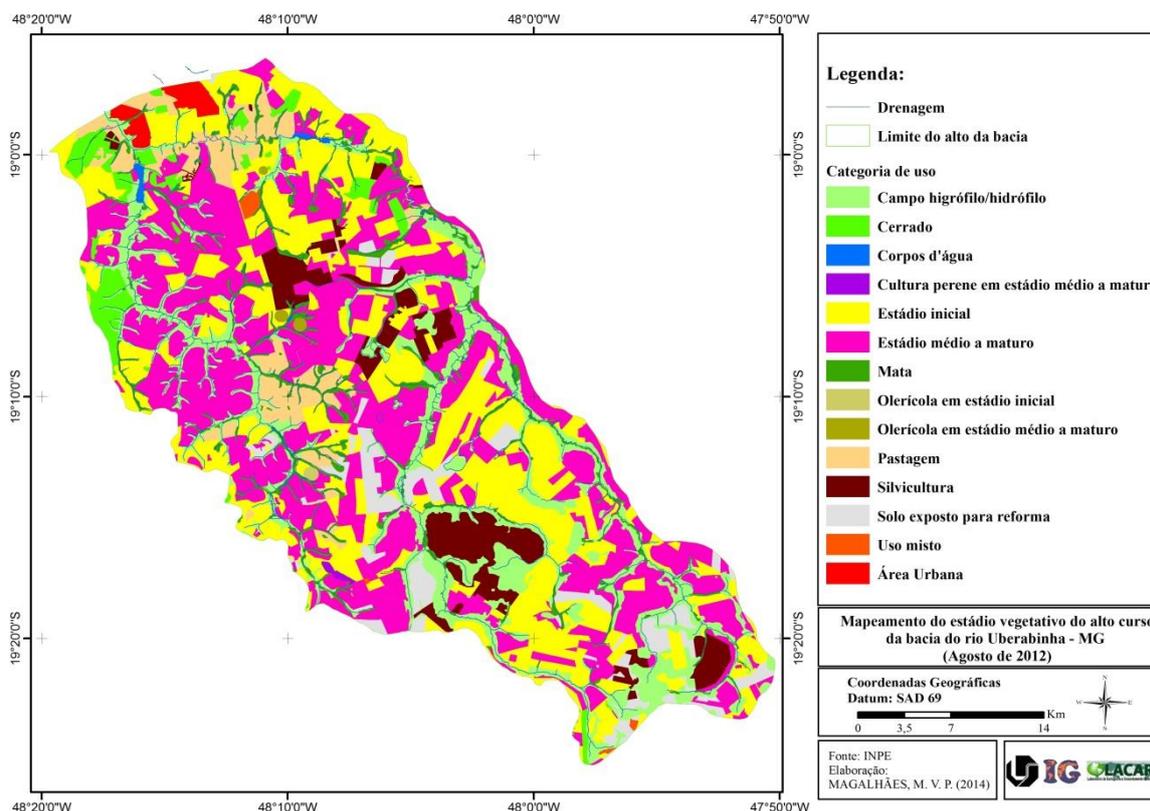
Quadro 4. Categorias do uso do solo do mapeamento de março/2012

Categoria	Área (km²)
Área Urbana	11,49
Campo higrófilo/hidrófilo	198,11
Cerrado	38,02
Corpos d'água	2,28
Cultura perene em estágio médio a maturo	1,20
Estádio médio a maturo	576,25
Estádio inicial	164,10
Mata	60,80
Olerícola com solo exposto para reforma	1,16
Olerícola em estágio inicial	1,69
Pastagem	60,03
Solo exposto para reforma	75,54
Uso misto	3,00
Silvicultura	71,89
Total	1265,56

Org.: MAGALHÃES, M. V. P. (2014)

AGOSTO DE 2012

O mapeamento de agosto/2012 mostra que a categoria que ocupava maior área é a do estágio médio a maturo das culturas anuais, com área de 422,69 km² (quadro 4). As culturas que estavam em estágio vegetativo mais avançado nesta época são a cana-de-açúcar e o algodão. Na figura 9, pode-se notar que a categoria do estágio médio a maturo está quase equiparada com a de estágio inicial, que abrange 331,67 km².

**Figura 9.** Mapa do estágio vegetativo de agosto/2012

Quadro 5. Categorias do uso do solo do mapeamento de agosto/2012

Categoria	Área (km²)
Área Urbana	11,49
Campo higrófilo/hidrófilo	198,13
Cerrado	38,08
Corpos d'água	2,33
Cultura perene em estágio médio a maturo	1,20
Estádio médio a maturo	422,69
Estádio inicial	331,67
Mata	60,84
Olerícola em estágio médio a maturo	1,93
Olerícola em estágio inicial	0,92
Pastagem	60,08
Solo exposto para reforma	59,16
Uso misto	3,00
Silvicultura	74,04
Total	1265,56

Org.: MAGALHÃES, M. V. P. (2014)

DEZEMBRO/2012

O quadro 5 e a figura 10 mostram que a categoria de maior ocupação em dezembro é novamente a de estágio médio a maturo das culturas anuais, com 666,16 km². Os outros estádios vegetativos quase não aparecem, prevalecendo a abrangência do estágio médio/maturo. Dentre estes baixos índices destaca-se a categoria do solo exposto que ocupa a menor área considerando todo o tempo do mapeamento, com 40,58 km². Em setembro/2011 havia atingido 325,26 km². Este fato ocorre possivelmente devido a não utilização de áreas expressivas em pousio.

Quadro 6. Categorias do uso do solo do mapeamento de dezembro/2012

Categoria	Área (km²)
Área Urbana	11,49
Campo higrófilo/hidrófilo	197,85
Cerrado	38,03
Corpos d'água	2,33
Cultura perene em estágio médio a maturo	1,20
Estádio médio a maturo	666,16
Estádio inicial	112,52
Mata	60,93
Olerícola em estágio inicial	57
Olerícola em estágio médio a maturo	1,28
Pastagem	60,08
Solo exposto para reforma	40,58
Uso misto	3,31
Silvicultura	68,23
Total	1265,56

Org.: MAGALHÃES, M. V. P. (2014)

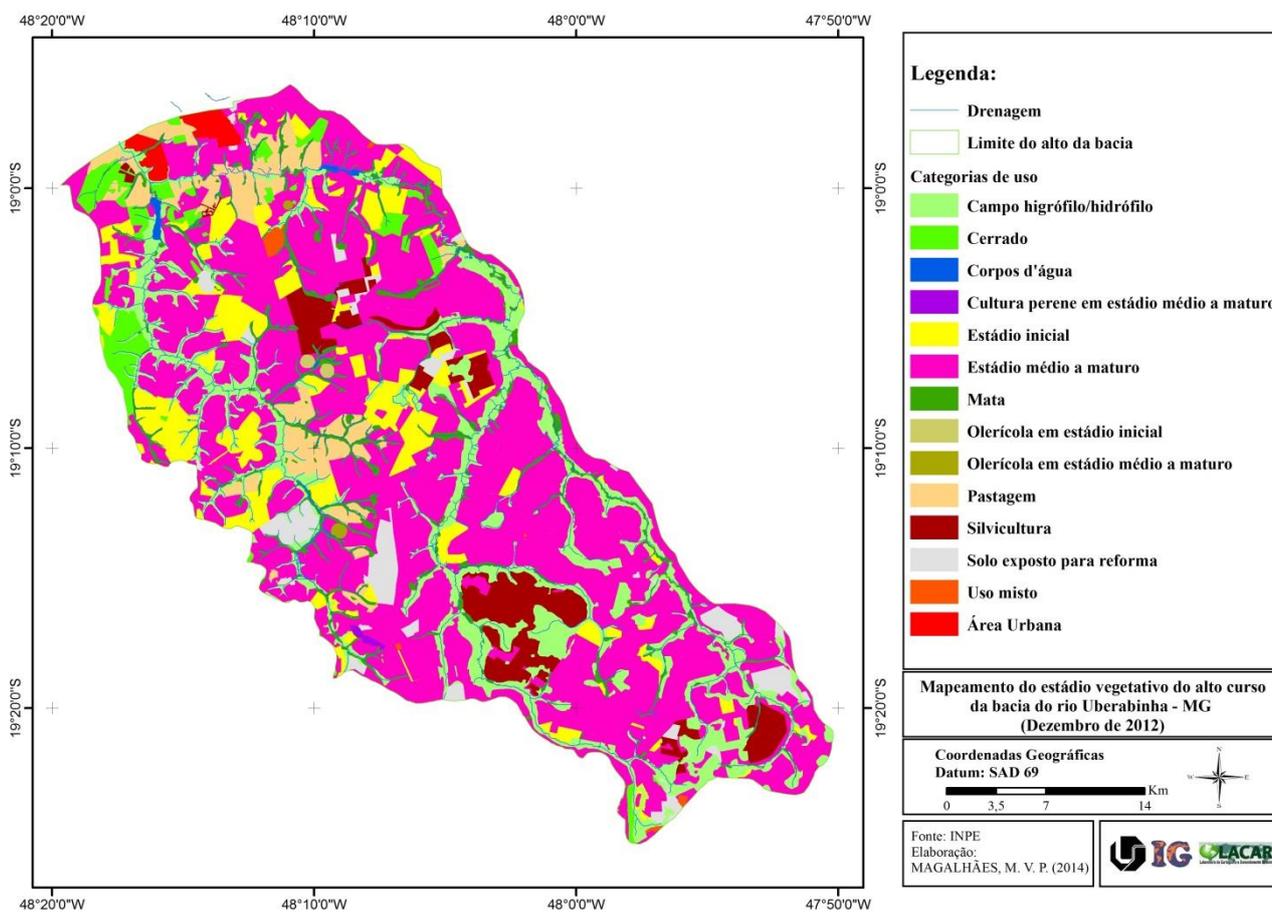


Figura 10. Mapa do estágio vegetativo de dezembro/2012

JULHO/2013

Por último, o quadro 7 e a figura 11 mostram que prevalece a maior extensão da categoria de estágio médio a maturo, com 469,38 km² no mês de julho/2013. As culturas em estágio avançado deste mês são a soja, o sorgo e a cana-de-açúcar. O estágio inicial ocupa a segunda maior área abrangendo 280,68 km².

Quadro 7. Categorias do uso do mapeamento de julho/2013

Categoria	Área (km ²)
Área Urbana	11,49
Campo higrófilo/hidrófilo	198,17
Cerrado	38,29
Corpos d'água	2,33
Cultura perene em estágio médio a maturo	1,20
Estádio médio a maturo	469,38
Estádio inicial	280,68
Mata	60,90
Olerícola em estágio inicial	0,23
Olerícola em estágio médio a maturo	2,85
Pastagem	62,48
Solo exposto para reforma	67,78
Uso misto	3,49
Silvicultura	66,29
Total	1265,56

Org.: MAGALHÃES, M. V. P. (2014)

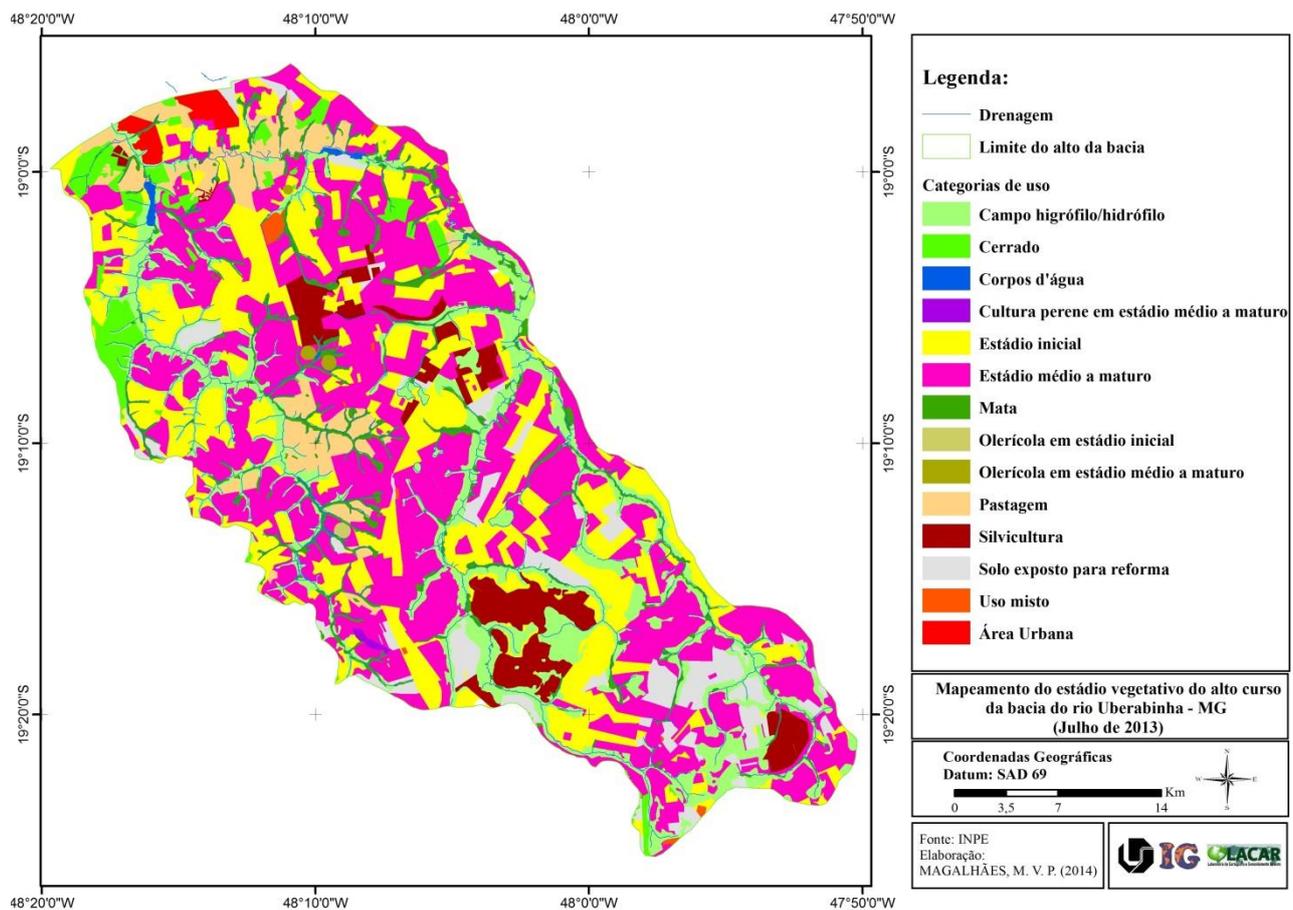


Figura 11. Mapa do estágio vegetativo de julho/2013

O mapeamento realizado demonstrou a baixa quantidade de solo exposto para reforma (Figura 12). Isso indica que a forma de uso da terra na bacia não se caracteriza pelo método de pousio, mas sim pelo plantio direto, recorrendo-se a técnicas de forrageiras e leguminosas para melhorar a qualidade nutricional do solo. A crotalária é uma planta leguminosa muito utilizada nessa técnica, apresentando vantagens com o propósito da adubação verde.



Figura 12. Gráfico do índice de solo exposto para reforma

Org.: MAGALHÃES, M. V. P. (2014)

4. CONCLUSÕES

Houve expansão da cultura anual na área de estudo na última década. O cruzamento das informações obtidas na pesquisa com dados disponibilizados pelo IBGE possibilita afirmar que o cultivo de grãos destaca-se na área estudada, sendo a soja o carro chefe da produção. Não há recorrência ao pousio da terra entre os ciclos de plantio e colheita. Recorre-se ao método de plantio direto, intercalando culturas, além de forrageiras e leguminosas para melhorar a qualidade nutricional do solo.

O NDVI, reconhecido como uma opção eficaz para análise de ciclos da vegetação, mostrou-se eficiente para estudos relacionados ao uso agrícola do solo na escala temporal intra-anual. Foi possível separar os estádios vegetativos por tipo de cultura, bem como comparação com a resposta espectral de cada alvo.

Importante salientar que nem sempre a captura de imagens do sensor é feita no intervalo temporal desejado em função de eventos climáticos. No período chuvoso foi percebida cobertura de nuvens acima de 50% para cada cena. É necessário trabalhos de campo mensais para acompanhar o estágio fenológico das culturas, comparando as informações com as imagens de sensor.

Os resultados aqui apresentados complementam outros trabalhos sobre temática semelhante. A compreensão do manejo das culturas agrícolas confirma a influência do ritmo climático regional sobre as práticas agrícolas, bem como diferenciações pedológicas internas à área estudada.

REFERÊNCIAS

BORGES, F. A. **Caracterização temporal das áreas úmidas e de preservação permanente da porção de alto e médio curso da bacia hidrográfica do rio Uberabinha-MG, com a aplicação de técnicas de geoprocessamento.** 2012. 135p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia: 2012.

BRITO, J. L. S.; PRUDENTE, T. D. Mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal do município de Uberlândia-MG, utilizando imagens CCD/CBERS 2. **Caminhos de Geografia.** v.13, n.15, p. 144-153, 2005.

GÜRTLER, S. **Estimativa de área agrícola a partir de sensoriamento remoto e banco de pixels amostrais.** 2003. 179p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos: 2003.

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e metodologias de aplicação.** 4. ed. Viçosa: Editora UFV, 2011.

REIS, L. N. G. **Mapeamento da expansão da cana-de-açúcar na mesorregião do Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba-MG por meio de Imagens TM/Landsat.** 53p. Monografia (Bacharel em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia: 2010.

SCHNEIDER, M. de O. **Bacia do Rio Uberabinha: uso agrícola do solo e meio ambiente.** Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia Letras e Ciências Humanas/USP, São Paulo: 1996.