

MAPEAMENTO E AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS PASTAGENS CULTIVADAS NO TRIÂNGULO MINEIRO A PARTIR DE IMAGENS OLI/LANDSAT-8

Jorge Luís Silva Brito

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, MG, Brasil
jbrito@ufu.br

Roberto Rosa

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, MG, Brasil
rrosa@ufu.br

Vanderlei de Oliveira Ferreira

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, MG, Brasil
vanderlei.ferreira@ufu.br

Eleusa Fátima de Lima

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Uberlândia, MG, Brasil
eleusa@ufu.br

Mirna Karla Amorim da Silva

Universidade Federal de Uberlândia, Instituto de Geografia, Monte Carmelo, MG, Brasil
mirkarla@ufu.br

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi mapear e avaliar a qualidade das pastagens na região do Triângulo Mineiro, oeste de Minas Gerais, utilizando as imagens do sensor *OLI* do satélite *Landsat-8*, bandas 3, 4 e 5. O processamento digital das imagens foi realizado no software ENVI 5.0. As áreas de pastagens foram delimitadas pelo método de edição vetorial em tela do computador atualizando os dados do mapa de uso da terra do projeto TerraClass, utilizando a composição colorida 5R4G3B. A qualidade das pastagens foi mapeada por meio do índice de vegetação EVI2, derivado das imagens *OLI/Landsat-8*, com apoio de trabalho de campo. Os resultados indicaram que as pastagens ocupavam, em 2015, uma área de 24.184,65 km², correspondendo a 45,02% das terras do Triângulo Mineiro. A classificação dos tipos de pastagem, a partir do índice de vegetação EVI2, indicou que 30,78% das pastagens do Triângulo Mineiro são de boa qualidade, portanto, não degradadas, enquanto 69,22% apresentam algum grau de degradação, sendo que 34,61% foram classificadas como levemente degradadas, 21,83% como moderadamente degradadas e 12,78% como fortemente degradadas.

Palavras-chave: Monitoramento de pastagens. Imagens biofísicas. Classificação de imagens. Uso da terra. EVI2.

MAPPING AND EVALUATION OF THE QUALITY OF PASTURES CULTIVATED IN THE TRIANGULO MINEIRO USING OLI/LANDSAT-8 IMAGES

ABSTRACT

The goal of this paper was to mapping and evaluate the quality of the pastures in the Triangulo Mineiro region, western of Minas Gerais State, using OLI sensor images from the Landsat-8 satellite, bands 3, 4 and 5. The digital image processing was performed with the software ENVI, version 5.0. Grassland areas were delimited by the on-screen vector edition method updating the land use map of TerraClass project, using the 5R4G3B color composition. The grasslands quality was mapped using the EVI2 vegetation index, derived from OLI / Landsat-8 images. The results indicated that pastures occupied, in 2015, an area

of 24,184.65 km², corresponding to 45.02% of the lands of the Triangulo Mineiro. The classification of pastures types, based on the EVI2 vegetation index, indicated that 30.78% of the pastures of the Triangulo Mineiro have good quality and therefore not degraded, while 69.22% have some degree of degradation, with 34,61% were classified as mildly degraded, 21.83% as moderately degraded and 12.78% as heavily degraded.

Keywords: Pasture monitoring; biohysical images; image classification; land use; EVI2.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui o maior rebanho bovino no mundo e é o segundo maior exportador e o segundo maior produtor de carne bovina do mundo (IBGE, 2015). Segundo Peron e Evangelista (2004), 80% dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil Central encontram-se em algum estado de degradação, ou seja, em processo evolutivo de perda de vigor, sem possibilidade de recuperação natural e incapazes de sustentar os níveis de produção e qualidade exigidos pelos animais, bem como de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras. As perdas econômicas e ambientais oriundas de pastagens degradadas indicam a necessidade de se identificar e monitorar condições de produtividade das pastagens ao longo do tempo.

O uso indiscriminado das áreas de pastagens com elevada carga animal e a falta de correção e fertilização dos solos impôs um processo de extrativismo, pela exportação do produto animal, condicionado a perda da capacidade produtiva das pastagens. A degradação de pastagens é entendida como um processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural, tornando-as susceptíveis aos efeitos nocivos de pragas, doenças e plantas invasoras, culminando com a degradação avançada dos recursos naturais em razão de manejos inadequados (MACEDO e ZIMMER, 1993).

A definição de critérios para a avaliação do estágio de degradação das pastagens cultivadas é tarefa difícil, tanto em vista da diversidade das espécies, quanto em relação das características morfológicas e dos ecossistemas em que são cultivadas.

Estudos têm demonstrado o potencial do uso de imagens de satélite associadas aos índices de vegetação para a caracterização, discriminação e estudo da porcentagem de cobertura verde e biomassa de pastagens cultivadas no bioma Cerrado (SANO et al., 2010; FERREIRA et al., 2013; ANJOS et al., 2013).

Na região do Triângulo Mineiro, oeste de Minas Gerais, as pastagens cultivadas são a classe de cobertura de terras mais representativa, de acordo com o mapeamento de cobertura vegetal natural e antrópica dos biomas brasileiros de 2002 (BRITO e PRUDENTE, 2005; SANO et al., 2010; BRASIL, 2015; BRITO e REIS, 2012).

O objetivo geral da pesquisa foi mapear e definir critérios de níveis de degradação das pastagens na região do Triângulo Mineiro a partir de dados de campo e imagens de satélite. Para alcançar esse objetivo, foram definidos os seguintes objetivos específicos:

- 1) Obter imagens das áreas amostrais: imagens do sensor *OLI* do satélite *Landsat-8*, com resolução espacial de 25 metros;
- 2) Visitar em campo um conjunto de polígonos de pastagem com variados níveis de degradação;
- 3) Classificar as pastagens de acordo com o nível de degradação a partir dos dados de campo e do índice de vegetação EVI2, derivado das imagens *OLI/Landsat-8*.

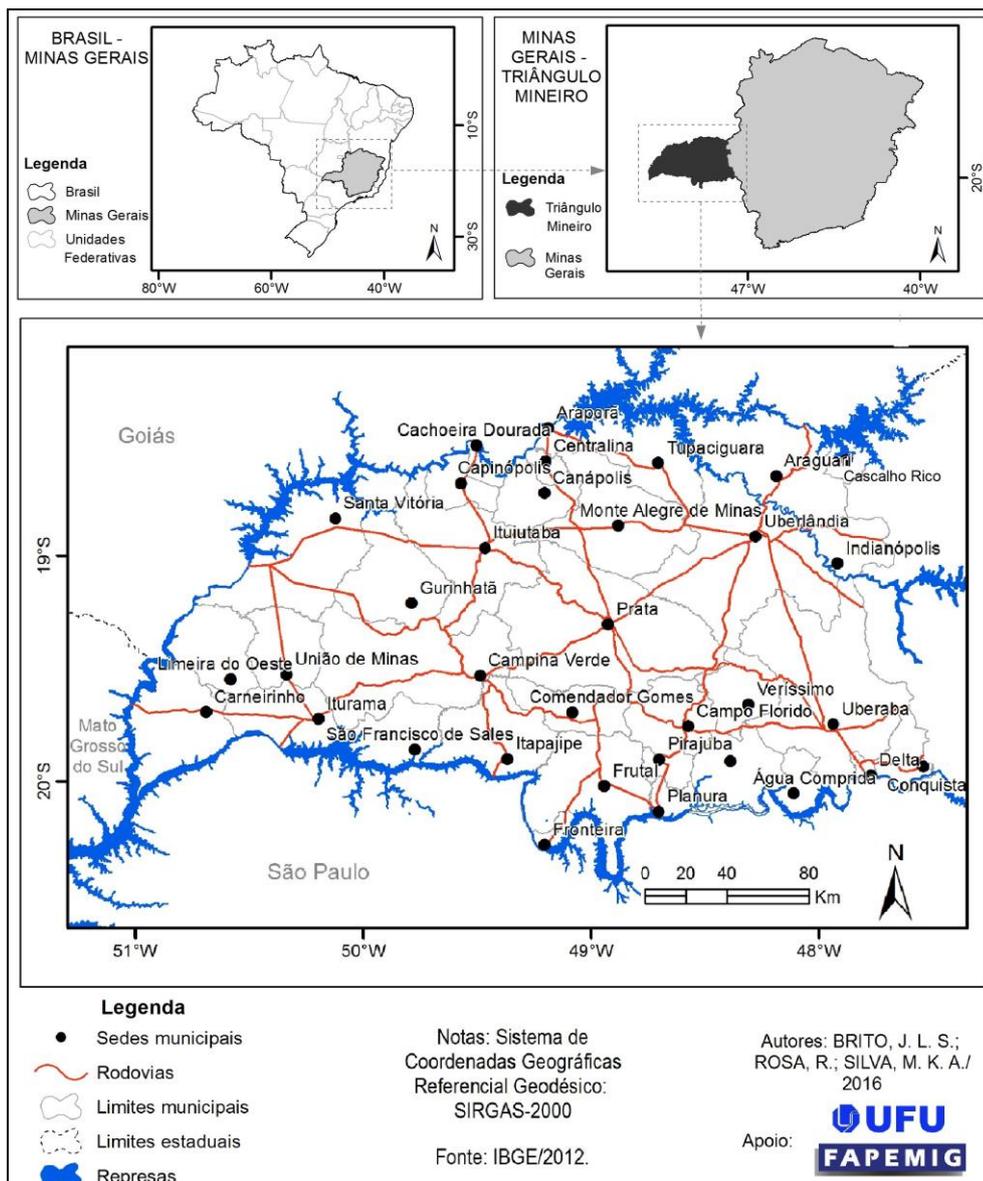
MATERIAIS E MÉTODOS

CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

A área da pesquisa está localizada no Triângulo Mineiro, oeste de Minas Gerais, composta por 35 municípios (Figura 1), situada entre as coordenadas geográficas 20° 18' e 18° 28' de latitude Sul e 51° 12' e 47° 30' de longitude a Oeste de *Greenwich*, ocupando uma área de 53.722,20 km² (IBGE, 2016).

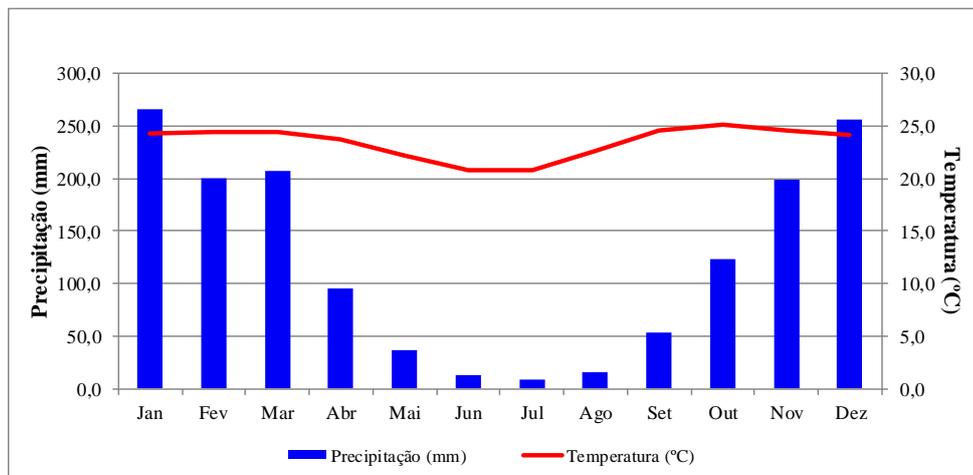
A região do Triângulo Mineiro está inserida no Bioma Cerrado, abrangendo terras das bacias dos rios Paranaíba e Grande, na Região Hidrográfica do Paraná. Os solos, em sua grande maioria, são formados por Latossolos, bem profundos e bem drenados, com relevo plano a suave ondulado. Trata-se de uma área de cobertura magmático-sedimentar pertencente à Bacia Sedimentar do Paraná, abrigando especialmente as unidades superiores correspondentes aos grupos São Bento e Bauru. Há, também, afloramentos de rochas proterozóicas e amplas coberturas terciárias da Formação Nova Ponte e unidades correlatas.

Figura 1: Mapa de localização dos municípios do Triângulo Mineiro, estado de Minas Gerais



O Triângulo Mineiro está submetido a um regime climático tipicamente tropical, com duas estações bem definidas do ponto de vista pluviométrico: uma chuvosa, com reposição de água no solo e excedente hídrico e outra seca com deficiência hídrica. A precipitação média anual gira em torno dos 1.500mm. Observa-se no climograma da região (Figura 2) que o período de maior precipitação ocorre nos meses de outubro a março, concentrando, aproximadamente, 85% da chuva total anual (MENDES SILVA e FERREIRA, 2015). O mês mais seco do ano é julho com, aproximadamente, 8mm precipitados e o mês mais chuvoso é janeiro com cerca de 260mm. A temperatura da região possui uma média mensal que varia entre 21°C, nos meses de junho e julho, e 26°C, no mês de outubro.

Figura 2: Climograma do Triângulo Mineiro

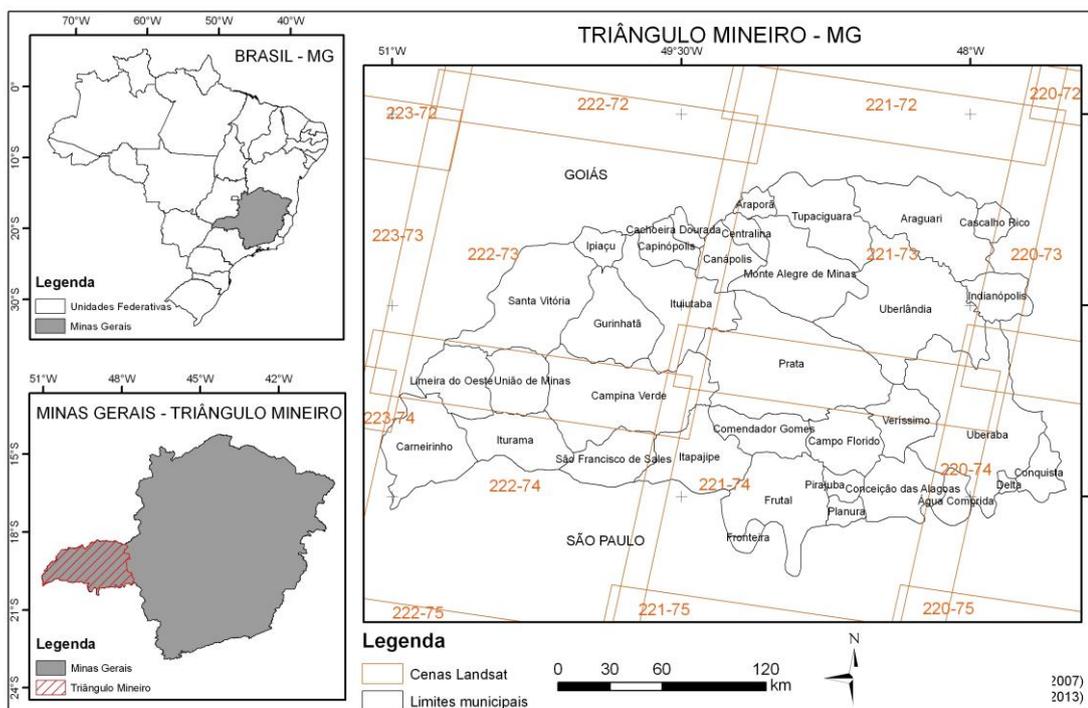


Fonte de dados de Precipitação: ANA,(2015) e de Temperatura: IINMET (1992)

MAPEAMENTO DAS ÁREAS OCUPADAS COM PASTAGEM NO TRIÂNGULO MINEIRO

Para o mapeamento da pastagem no Triângulo Mineiro foram utilizadas as imagens do sensor OLI, do satélite Landsat-8, bandas 3, 4 e 5, resolução espacial de 30 metros, cenas das órbitas 220 a 222 e pontos 073 e 074, do mês de setembro de 2015 (Figura 3). Essas imagens foram obtidas da interface earth explorer de busca e acesso às imagens do site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Figura 3: Cenas das imagens OLI/Landsat-8 utilizadas no mapeamento das áreas ocupadas com pastagens no Triângulo Mineiro, oeste do estado de Minas Gerais



Foram consideradas, no presente trabalho, quatro tipos de pastagens (Tabela 1), definidas em função dos níveis de degradação, adaptados de Spain e Gualdrón (1988) e do projeto “Estado da arte das pastagens de Minas Gerais” (BRASIL, 2015).

Tabela 1: Fases de degradação de pastagens, segundo os parâmetros limitantes e nível de degradação

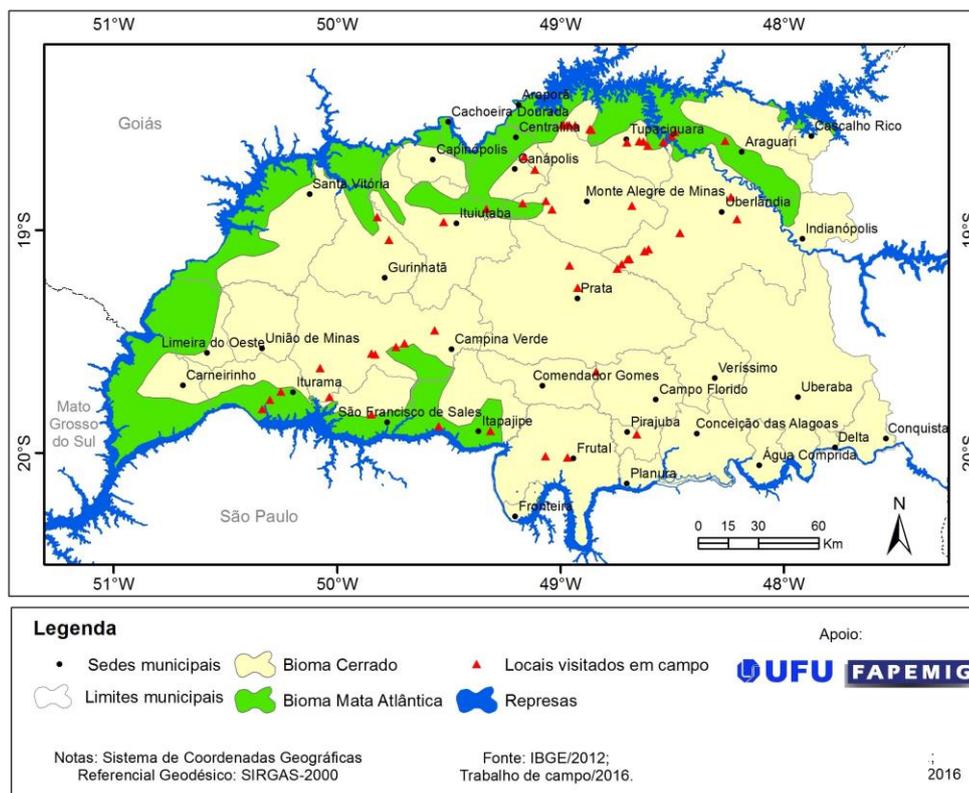
Níveis de degradação	Parâmetros Limitantes
Não degradada	Pastagens melhoradas com bom vigor e boa qualidade
Levemente degradada	Baixo vigor, qualidade e baixa população
Moderadamente degradada	Baixo vigor, qualidade e baixa população, associado com a presença de plantas invasoras e/ou cupins
Fortemente degradada	Baixo vigor, qualidade e baixa população, associado com a presença de plantas invasoras, cupins e solo descoberto

Fonte: Adaptado de Spain e Gualdrón (1988) e Brasil (2015)

Para a obtenção do mapa de pastagens, foram utilizados os seguintes procedimentos técnicos:

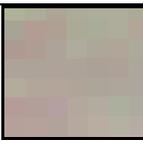
- Elaboração da base cartográfica do Triângulo Mineiro, a partir das cartas topográficas do IBGE, na escala 1:250.000, contendo a rede viária, a hidrografia, o limite e a sede dos municípios;
- Extração dos polígonos de pastagens do arquivo *shapefile*, do projeto TerraClass do Bioma Cerrado (Figura 4), correspondente a área do Triângulo Mineiro (ALMEIDA et al., 2016);
- Processamento digital das imagens *OLI/Landsat-8* no *software* ENVI;
- Atualização e edição dos polígonos de pastagens da área do bioma Cerrado e delimitação dos polígonos de pastagens do Bioma Mata Atlântica, em tela do computador, na composição colorida 5R4G3B, considerando quatro classes de pastagens (Tabela 1), que apresentavam elementos distintos na chave de interpretação (Tabela 2);
- Trabalho de campo para verificação da precisão do mapeamento;
- Elaboração do mapa final de áreas ocupadas com pastagens e cálculo de áreas.

Figura 4: Áreas ocupadas pelos biomas Cerrado e Mata Atlântica no Triângulo Mineiro, oeste do estado de Minas Gerais.



Fonte: Adaptado de IBGE (2004).

Tabela 2: Exemplo de chave de interpretação utilizada para a edição em tela do computador dos polígonos de pastagem, de acordo com a qualidade da pastagem na imagem *OLI/Landsat8*, composição colorida 5R4G3B, de outubro de 2015

Tipo de pastagem	Padrão característico de interpretação	Exemplo na imagem	Foto
Não degradada	Padrão de cor: Vermelho com textura média e forma geométrica regular.		
Levemente degradada	Padrão de cor: Vermelho esverdeado com textura média e forma geométrica regular		
Moderadamente degradada	Padrão de cor: verde com textura média e forma geométrica regular		
Fortemente degradada	Padrão de cor: ciano com textura média e forma geométrica regular.		

AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS PASTAGENS DO TRIÂNGULO MINEIRO

A avaliação da qualidade das pastagens foi obtida a partir dos trabalhos de campo (Figura 5) e do índice de vegetação EVI2, calculado a partir das imagens do satélite *OLI/Landsat-8* de abril e maio de 2016, obtidas da interface *Earth Explorer* de busca e acesso às imagens do Serviço Geológico dos Estados Unidos (USGS). Para a correção radiométrica das bandas 3, 4 e 5 do sensor *OLI* do satélite *Landsat-8*, os valores de Número Digital (ND) foram convertidos em valores de reflectância, utilizando os coeficientes radiométricos fornecidos no arquivo de metadados das imagens, de acordo com os parâmetros disponíveis no sítio da UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS), acesso em agosto de 2016.

A reflectância planetária do topo da atmosfera ($\rho\lambda'$) foi calculada com a Equação 1.

$$\rho\lambda' = M_p * Q_{cal} + A_p \quad (1)$$

Onde, M_p é o fator multiplicativo de reescalonamento para cada banda, disponível no metadados da imagem, Q_{cal} é o ND para cada pixel e A_p é o fator aditivo de reescalonamento para cada banda que é obtido no metadados da imagem.

Como a reflectância planetária no topo da atmosfera não apresenta correção para o ângulo solar foi necessário corrigi-la em função do ângulo solar e da distância astronômica Terra-Sol através da Equação 2.

$$\rho\lambda = \frac{\rho\lambda'}{\sin(\theta_{SE})} \quad (2)$$

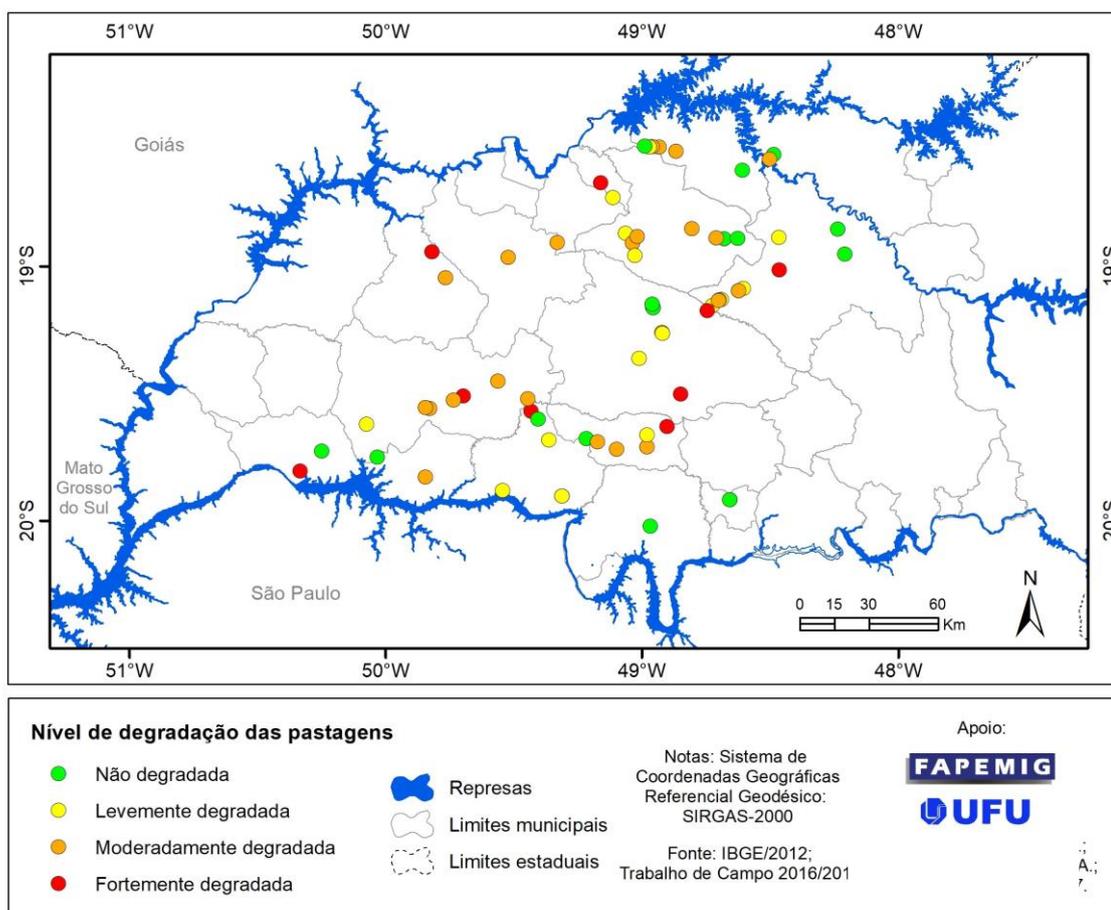
Onde θ_{SE} corresponde ao ângulo de elevação solar, contido no arquivo de metadados.

Para o cálculo do índice de vegetação EVI2, utilizou-se a equação 3, proposta por Jiang et al., (2008):

$$EVI2 = (2,5 (\rho_{nir} - \rho_{red})) / (\rho_{nir} + 2,4\rho_{red}+1) \quad (3)$$

Onde ρ_{red} é a reflectância na banda do vermelho (Banda 4 do sensor OLI/Landsat8) e ρ_{nir} é a banda do infravermelho próximo (Banda 5 do sensor OLI/Landsat8).

Figura 5: Localização e classificação das áreas de pastagens visitadas em campo



Para cada imagem EVI2 foi calculada a média dos valores inseridos em cada um dos polígonos de pastagem visitados no campo. Esses valores foram então correlacionados com o tipo de pastagem definido em campo para obtenção dos intervalos de EVI2 para os quatro níveis de degradação das pastagens descritos na Tabela 2.

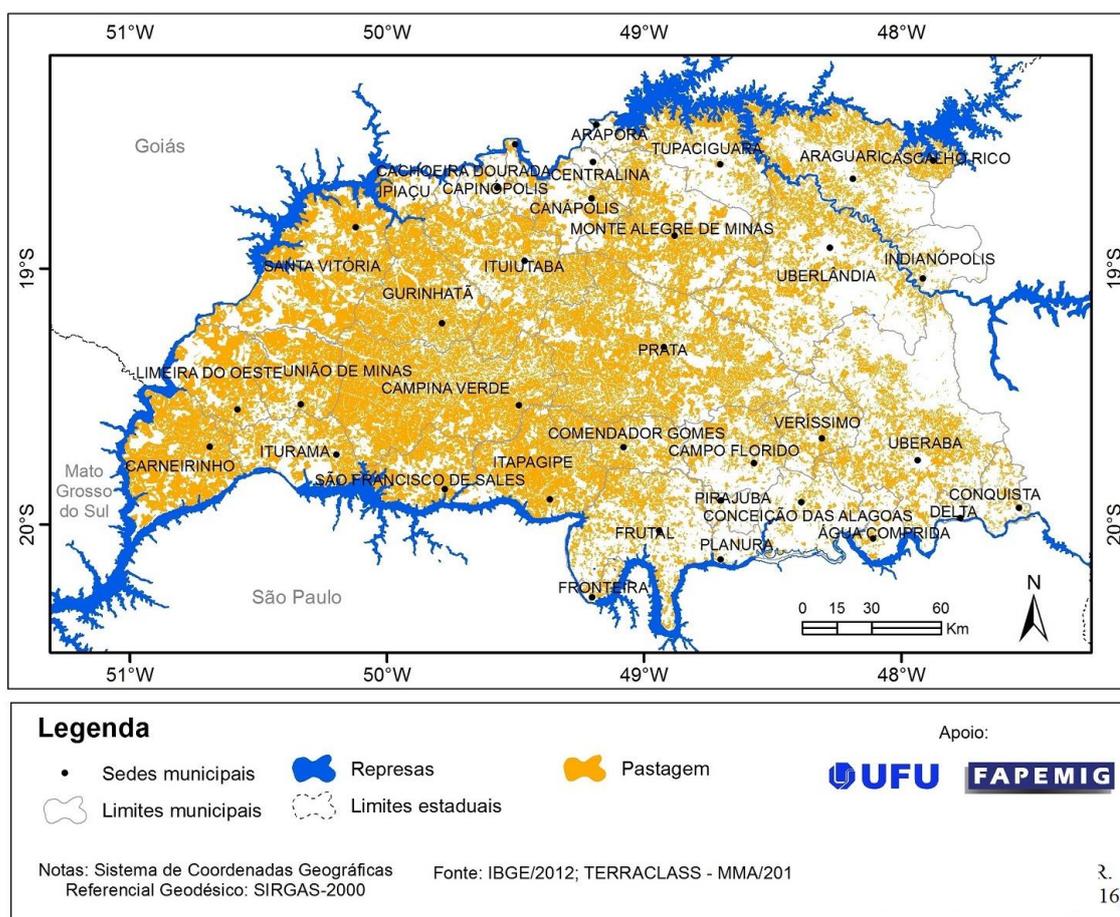
RESULTADOS E DISCUSSÕES

MAPEAMENTO DAS ÁREAS OCUPADAS COM PASTAGEM NO TRIÂNGULO MINEIRO

A Figura 6 apresenta o mapa de distribuição das pastagens no Triângulo Mineiro, em 2015. A partir da verificação de campo, foi possível confirmar que, das cinquenta e quatro amostras

identificadas como pastagens, dez não foram mapeadas, obtendo assim, um grau de concordância do mapeamento de 81%.

Figura 6: Distribuição espacial das áreas ocupadas com pastagens, em 2015, nos municípios do Triângulo Mineiro, estado de Minas Gerais



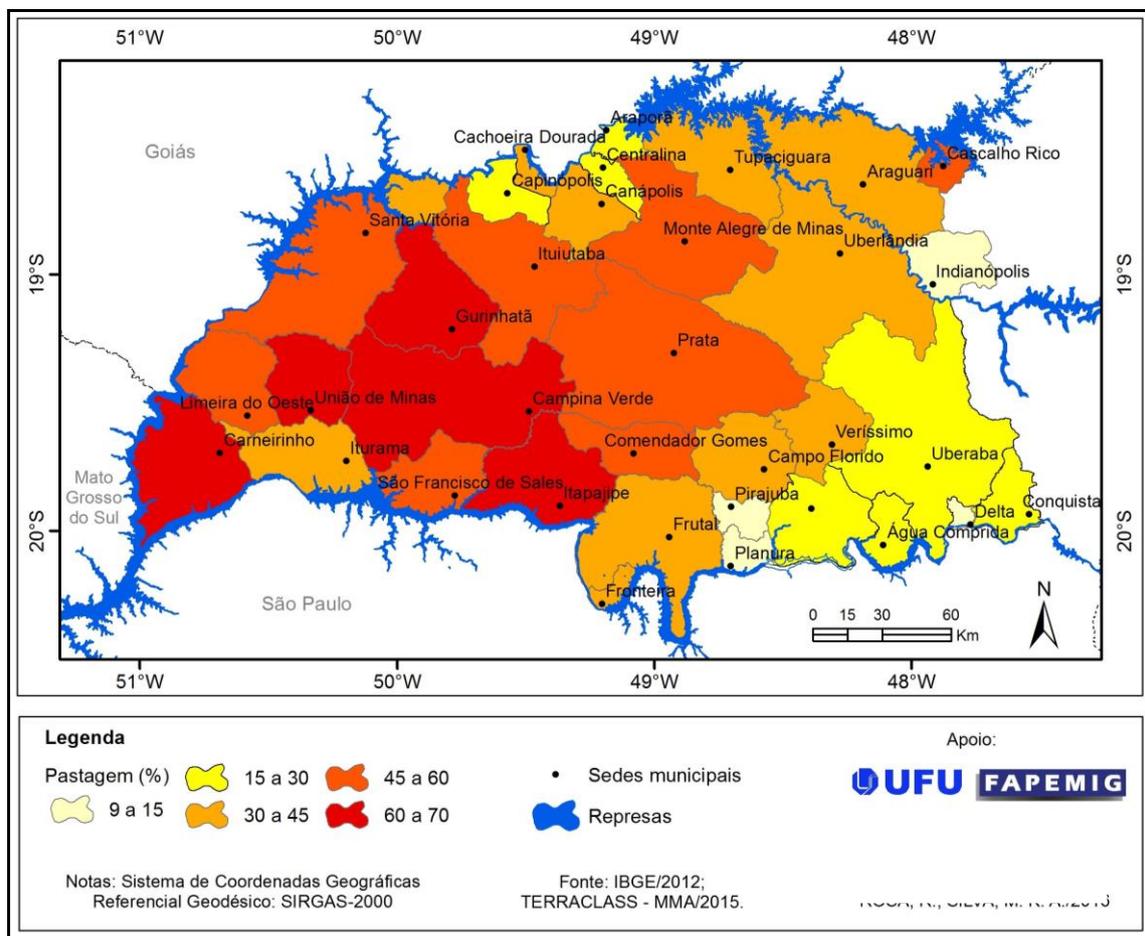
A Tabela 3 indica o percentual de áreas ocupadas com pastagens nos municípios do Triângulo Mineiro. A área total ocupada é de 24.184,65 km², correspondendo a 45,02% das terras do Triângulo Mineiro. O município com a maior área ocupada com pastagem é Campina Verde (69,7%) e o município com a menor área ocupada com pastagens é Planura (9,1%).

A Figura 7 mostra a estratificação da área de estudo em função do percentual de área dos municípios ocupada com pastagem no ano de 2015, indicando que os municípios situados no oeste do Triângulo mineiro ainda utilizam 60 a 70% de suas terras com pastagens. Já os municípios situados na porção Sudeste da região (Delta, Uberaba, Planura, Conquista e Água Comprida, Frutal e Pirajuba) utilizam menos de 30% de suas terras com pastagens. Esses municípios apresentam um uso intenso com a cultura de cana-de açúcar.

Tabela 3: Cálculo da área ocupada pelas pastagens, no ano de 2015 nos municípios do Triângulo Mineiro, estado de Minas Gerais.

MUNICÍPIOS	ÁREA DO MUNICÍPIO (km ²)	ÁREA DO MUNICÍPIO OCUPADA COM PASTAGEM	
		(km ²)	%
Água Comprida	492,22	89,17	18,12
Araguari	2.729,51	1.059,06	38,8
Araporã	295,84	61,48	20,78
Cachoeira Dourada	200,93	63,6	31,65
Campina Verde	3.650,75	2.542,95	69,66
Campo Florido	1.264,25	386,46	30,57
Canápolis	839,74	306,57	36,51
Capinópolis	620,72	160,19	25,81
Carneirinho	2.063,32	1.325,57	64,24
Cascalho Rico	367,31	197,41	53,74
Centralina	327,19	84,96	25,97
Comendador Gomes	1.041,05	533,77	51,27
Conceição das Alagoas	1.340,25	205,9	15,36
Conquista	618,36	135,56	21,92
Delta	102,84	14,71	14,3
Fronteira	199,99	69,32	34,66
Frutal	2.426,97	765,2	31,53
Gurinhata	1.849,14	1259	68,09
Indianópolis	830,03	107,63	12,97
Ipiacú	466,02	169,83	36,44
Itapagipe	1.802,44	1.138,97	63,19
Ituiutaba	2.598,05	1.500,27	57,75
Iturama	1.404,66	614,89	43,78
Limeira do Oeste	1.319,04	718,38	54,46
Monte Alegre de Minas	2.595,96	1.169,86	45,06
Pirajuba	337,98	33,85	10,02
Planura	317,52	28,92	9,11
Prata	4.847,54	2.799,19	57,74
Santa Vitória	3.001,36	1.666,33	55,52
São Francisco de Sales	1.128,86	627,51	55,59
Tupaciguara	1.823,96	638,27	34,99
Uberaba	4.523,96	1.247,13	27,57
Uberlândia	4.115,21	1.330,77	32,34
União de Minas	1.147,41	733,14	63,9
Veríssimo	1.031,82	398,8	38,65
Total	53.722,20	24.184,65	45,02

Figura 7: Distribuição espacial das classes de área ocupada com pastagens, em 2015, nos municípios do Triângulo mineiro, estado de Minas Gerais



AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS PASTAGENS NO TRIÂNGULO MINEIRO

Os valores médios do índice de vegetação EVI2 dos polígonos visitados em campo e classificados de acordo com o nível de degradação, obtidos das imagens *OLI/Landsat* nos meses de abril e maio de 2016, são apresentados na Tabela 4.

A Figura 8 indica que houve uma forte correlação ($R= 0,82$) entre o nível de degradação das pastagens e os valores de EVI2, evidenciando assim que, quanto menor o valor do EVI2, maior será o grau de degradação da pastagem. Esses resultados indicam que o EVI2 pode ser utilizado como um indicador do nível de degradação das pastagens. A partir disso, definiu-se quatro intervalos de classe de EVI2 para os quatro níveis de degradação das pastagens (Tabela 5).

Tabela 4: Classificação das pastagens de acordo com o nível de degradação e valores vegetação EVI2 dos polígonos visitados em campo, obtidos das imagens *OLI/Landsat* dos meses de abril e maio de 2016

16/11/2016			26/05/2017			03/06/2017		
AMOSTRA	TIPO*	EVI2	AMOSTRA	TIPO*	EVI2	AMOSTRA	TIPO*	EVI2
1	3	0,30	35	1	0,37	57	1	0,31
5	3	0,36	37	1	0,41	68	1	0,28
6	1	0,37	38	3	0,36	59	1	0,38
7	3	0,19	45	3	0,28	60	4	0,15
9	2	0,33	47	2	0,37	61	3	0,28
10	2	0,33	48	3	0,29	62	1	0,41
11	1	0,34	49	1	0,48	63	3	0,30
12	1	0,37	50	3	0,16	64	3	0,24
13	1	0,36	51	2	0,19	65	3	0,28
14	2	0,34	52	3	0,22	66	4	0,07
15	3	0,28	53	3	0,24	67	2	0,32
18	3	0,22	54	2	0,34	68	2	0,32
19	3	0,19	55	3	0,31	69	2	0,34
20	1	0,36	56	1	0,19	70	4	0,08
21	4	0,18				71	4	0,16
24	2	0,17				72	2	0,35
25	3	0,19				73	3	0,27
27	2	0,33				74	2	0,33
28	2	0,35						
31	1	0,41						
32	4	0,17						
17	2	0,36						
33	3	0,28						
34	1	0,57						
40	4	0,16						

*Tipos de Pastagem: 1: Não degradada; 2: Levemente degradada; 3: Moderadamente degradada; 4: Fortemente degradada.

Figura 8: Regressão linear entre os níveis de degradação das pastagens e os valores médios de EVI2 dos polígonos de pastagem visitados em campo.

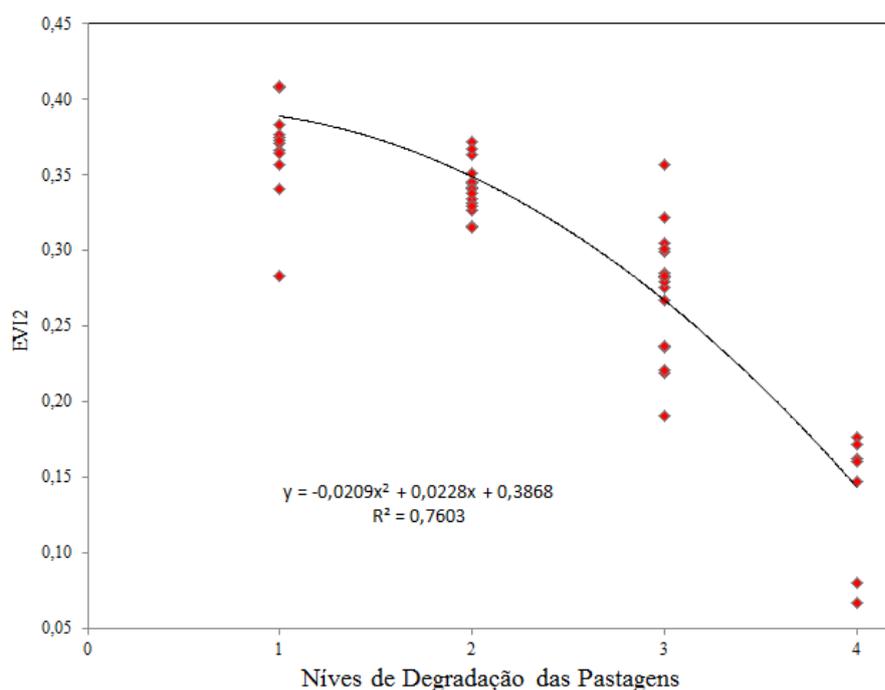
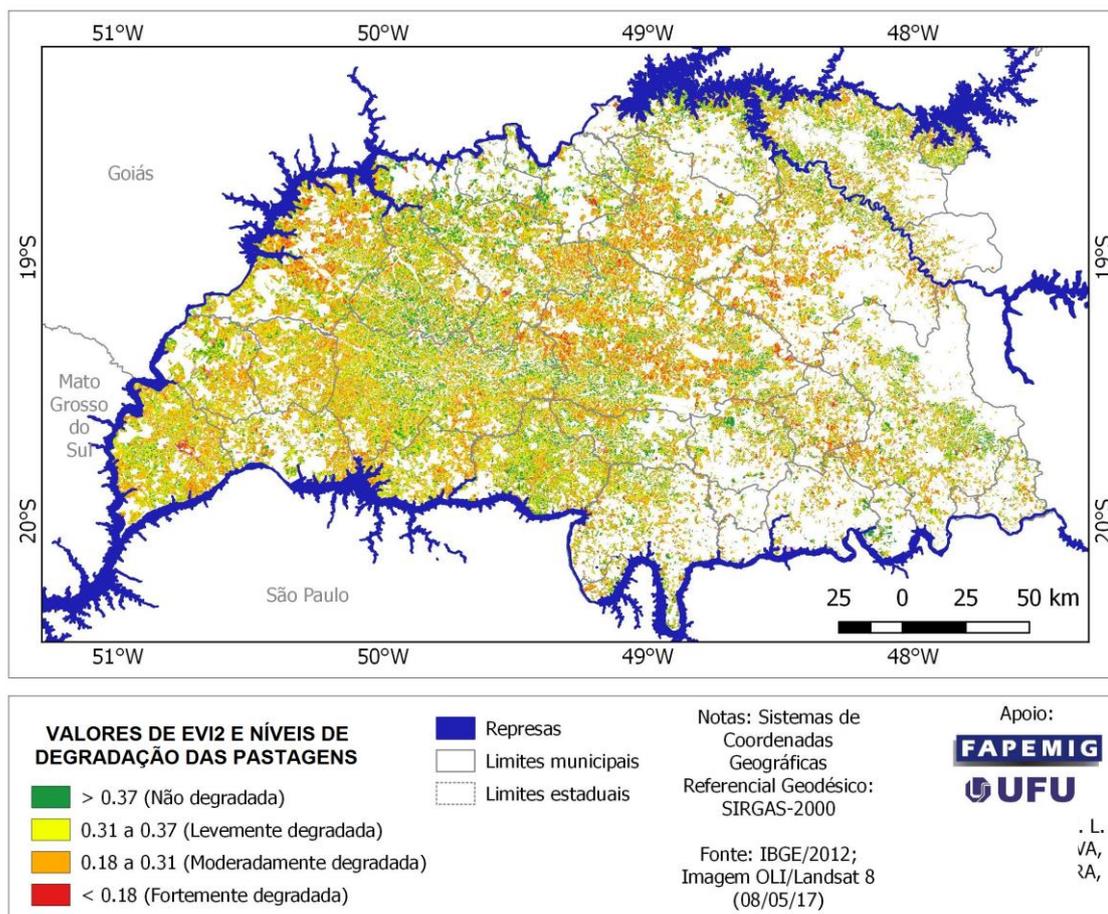


Tabela 5: Níveis de degradação das pastagens e intervalos de classes dos valores de EVI2 dos polígonos de pastagem visitados em campo

Classe	Nível de Degradação	Valores de EVI2
1	Fortemente degradadas	< 0,18
2	Moderadamente degradadas	0,18 a 0,31
3	Levemente degradadas	0,31 a 0,37
4	Não degradadas	>0,37

A imagem contendo os valores de EVI2 para o Triângulo mineiro foi classificada de acordo com os intervalos de valores de EVI2 descritos na tabela 4, resultando assim, no mapa temático de níveis de degradação das pastagens (Figura 9). As pastagens moderadamente a fortemente degradadas estão concentradas principalmente nos municípios de Prata, Monte Alegre de Minas, Campo Florido e parte sudoeste de Uberlândia, onde predominam solos de textura arenosa. No entanto, as áreas de pastagens não degradadas a levemente degradadas ocorrem, principalmente, no município de Araguari, Uberaba, porção norte do município de Uberlândia, onde predominam os solos de textura argilosa.

Figura 9: Distribuição espacial dos tipos de pastagem do Triangulo Mineiro, classificadas de acordo com os valores do índice de vegetação EVI2 e o níveis de degradação



Os valores de área ocupada pelas casses de nível de degradação das pastagens são apresentados na Tabela 6. Esses resultados indicam que 30,78% pastagens do Triângulo Mineiro não estão degradadas e que 69,22% apresentam algum grau de degradação.

Tabela 6: Área ocupada por classe de nível de degradação das pastagens do Triângulo mineiro em 2016.

Níveis de degradação da pastagem / Área	Area ocupada	
	Km ²	%
Não degradada	7444,26	30,78
Levemente degradada	8370,33	34,61
Moderadamente degradada	5278,40	21,83
Fortemente degradada	3091,65	12,78
Total	24.184,65	100,00

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados do mapeamento indicaram que, em 2015, as áreas de pastagens ocuparam 24.184,65 km², das terras do Triângulo Mineiro, correspondendo a 45,0% da área total, sendo que o município com a maior área ocupada com pastagem foi Campina Verde (69,7%) e o município com a menor área ocupada com pastagens foi Planura (9,1%). A metodologia utilizada mostrou-se satisfatória, pois produziu um mapa com uma confiabilidade de 81%.

A estratificação da área de estudo em função do percentual de área dos municípios ocupada com pastagem no ano de 2015, indicam que os municípios situados no oeste do Triângulo mineiro ainda utilizam 60 a 70% de suas terras com pastagens. Já os municípios situados na porção Sudeste da região (Delta, Uberaba, Planura, Conquista e Água Comprida, Frutal e Pirajuba) utilizam menos de 30% de suas terras com pastagens. Esses municípios apresentam um uso intenso com a cultura de cana-de açúcar.

A classificação dos tipos de pastagem a partir do índice de vegetação EVI2, indicaram que 30,78% das pastagens do Triângulo mineiro são de boa qualidade, portanto, não degradadas, enquanto 69,22% apresentam algum grau de degradação, sendo que 34,61% foram classificadas como levemente degradadas, 21,83% como moderadamente degradadas e 12,78% como fortemente degradadas.

A partir dos trabalhos de campo, verificou-se que áreas com nível de degradação moderado a forte estão concentradas principalmente nos municípios de Prata, Monte Alegre de Minas, Campo Florido e parte sudoeste de Uberlândia, onde predominam solos de textura arenosa. No entanto, as áreas de pastagens não degradadas a levemente degradadas ocorrem principalmente nos municípios de Araguari, Uberaba, porção norte do município de Uberlândia, onde predominam os solos de textura argilosa.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo auxílio na Pesquisa através do projeto nº CRA-APQ-01542-14. Ao Instituto de Geografia da Universidade Federal de Uberlândia pelo apoio de transporte para a realização dos trabalhos de campo, essenciais para a conclusão dessa pesquisa.

REFERÊNCIAS

- ANA . Agência Nacional De Águas. Sistema de Informações Hidrológicas: Disponível em Hidroweb: <http://hidroweb.ana.gov.br>. Brasília, 2015.
- ALMEIDA, C.A.; COUTINHO, A.C.; ESQUERDO, J.C.D.M.; ADAMI, M.; VENTURIERI, A.; DINIZ, C.G.; DESSAY, N.; DURIEUX, L.; GOMES, A.R. High spatial resolution land use and land cover mapping of the Brazilian Legal Amazon in 2008 using Landsat-5/TM and MODIS data. **Acta Amazonica**, Vol 46 (3) 2016: 291-302. <https://doi.org/10.1590/1809-4392201505504>
- ANJOS, V.S.; SANO, E.E.; BEZERRA, H.S.; ROSA, R. Caracterização espectro-temporal de pastagens do Triângulo Mineiro utilizando dados MODIS EVI2 (2000-2010). **Sociedade & Natureza**, v.25, n.1, p. 205-215, 2013. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132013000100016>
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Grupo Gestor do Plano Agricultura de Baixa Emissão de Carbono. Superintendência. **Estado da Arte das Pastagens em Minas Gerais**. Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <<http://www.sistemafaemg.org.br>>. Acesso em 20 de janeiro de 2017.
- BRITO, J.L.S.; PRUDENTE, T.D. Análise temporal do uso do solo e cobertura vegetal do município de Uberlândia-MG, utilizando imagens ETM+/Landsat 7. **Sociedade & Natureza**, v. 17, n. 32, p. 37-46, 2005.
- BRITO, J. L. S., REIS, L. N. G. Mapeamento das áreas de conversão do uso da terra para cana-de-açúcar na região do Triângulo mineiro/Alto Paranaíba-MG por meio de imagens TM/landsat. **Caminhos de Geografia**, v.13, p.170 -186, 2012.
- FERREIRA, L. G.; SANO, E. E.; FERNANDEZ, L.; ARAÚJO, F. M. Biophysical characteristics and fire occurrence of cultivated pastures in the Brazilian savanna observed by moderate resolution satellite data. **International Journal of Remote Sensing**, v. 34, n. 1, p. 154-167, 2013. <https://doi.org/10.1080/01431161.2012.712223>
- IBGE. **Área territorial dos Municípios do Brasil**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/geociencias/areaterritorial/area.shtm>. Acesso em: 03 nov. 2016.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal 2015**. Rio de Janeiro: IBGE, v. 43, p. 49, 2015.
- IBGE. **Mapa de biomas do Brasil**. Escala 1:5.000.000. Rio de Janeiro: IBGE, 2004. Disponível em: <www.mapas.ibge.gov.br/biomas2/viewer.htm>. Acesso em: 10 set. 2016.
- INMET. Instituto Nacional de Meteorologia do Brasil. **Normais Climatológicas (1961/1990)**. Brasília, 1992.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Imagens do sensor OLI do satélite Landsat8**. Disponível em: <www.dgi.inpe.br/catalogo>. Acesso em: 10 de novembro de 2015.
- INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. **Projeto TerraClass Cerrado Mapeamento do Uso e Cobertura Vegetal do Cerrado** Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/tccerrado/download.php>>. Acesso em 10 de novembro de 2015.
- JIANG, Z.; HUETE, A. R.; DIDAN, K.; MIURA, T. Development of a two-band Enhanced Vegetation Index without a blue band, **Remote Sensing of Environment**, 112(10), p 3833-3845. 2008. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2008.06.006>
- MACEDO, M.C.M.; ZIMMER, A.H. Sistema pasto-lavoura e seus efeitos na produtividade agropecuária. In: FAVORETTO, V.; RODRIQUES, L.R.A.; REIS, R.A. (eds.). Simpósio sobre ecossistemas de pastagens, 2, 1993, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, UNESP, 1993. p.216-245.
- MENDES SILVA, M; FERREIRA, V. O. Pluviometria e balanço hídrico da bacia do rio Paranaíba. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 8, p. 1335-1346, 2015.
- PERON, A. J.; EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de Cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 655-661, 2004. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000300023>

SANO, E. E.; ROSA, R.; BRITO, J. L. S.; FERREIRA, L. G. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 166, p. 113-124, 2010. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-0988-4>

SPAIN, J. M.; GUALDRÓN, R. Degradación y rehabilitación de pasturas. In: **IV reunión del comité asesor de la riept**. Memórias. Red internacional de evaluación de pastos tropicales. Veracruz, México 1988. Ciat. p. 269-283.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY (USGS). **Landsat Project Description**. Disponível em: <http://landsat.usgs.gov/about_project_descriptions.php>. Acesso em agosto de 2016.

Recebido em: 27/09/2017
Aceito para publicação em: 25/09/2018