

Identificação e mapeamento de pastagens degradadas nos municípios de Corguinho e Rio Negro, MS, utilizando fusão de imagens CBERS-2B (CCD e HRC)

Myrian de Moura Abdon¹
Marianne Silva Oliveira²
Ana Cláudia dos Santos Luciano²
João dos Santos Vila da Silva²

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758 - Caixa Postal 515
12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
myrian@dsr.inpe.br

²Embrapa Informática Agropecuária - CNPTIA
Av. André Toselo, 209 - Caixa Postal 6041
13083-886 - Campinas - SP, Brasil
{marianne, ana, jvilla}@cnptia.embrapa.br

Resumo. A degradação das pastagens pode ser definida como um processo evolutivo de perda de vigor, produtividade e capacidade de recuperação natural constituindo atualmente um dos maiores problemas para a pecuária brasileira. Estudos recentes apontam resultados promissores para identificar e mapear diferentes níveis de degradação em pastagens através de imagens de satélites, além de permitir o monitoramento do processo de degradação no âmbito local ou regional. O objetivo do presente estudo consiste em avaliar o uso de imagens fusionadas dos sensores CCD e HRC do satélite CBERS-2B, para identificação e caracterização de áreas com pastagens degradadas nos municípios de Corguinho e Rio Negro no Estado de Mato Grosso do Sul. Imagens CCD das bandas 2, 3 e 4 e HRC foram processados no aplicativo SPRING e por meio da classificação MAXVER, da segmentação e da classificação Bhattacharya foi elaborado um mapa na escala de 1:50.000 das áreas de pastagens degradadas.

Palavras-chave: Bhattacharya, pecuária, MAXVER, segmentação de imagem.

Abstract. The degradation of pastures can be defined as an evolutionary process in the loss of vigor, productivity and resilience of natural pastures currently constitute a major problem for Brazilian cattle raising. Recent studies show promising results to identify and map different levels of pasture degradation through satellite images, and allows monitoring of the degradation process at the local or regional. The aim of this study is to evaluate the use of fused images of HRC CCD sensors of the CBERS-2B satellite, to identify and characterize areas with degraded pastures in Corguinho and Rio Negro Counties, Mato Grosso do Sul State. CCD images of bands 2, 3 and 4 and HRC were processed using SPRING and through MAXVER classification, segmentation and classification Bhattacharya draw up a map at 1:50,000 scale of degraded pastures.

Key-words: Bhattacharya, cattle raising, MAXVER, image segmentation.

1. Introdução

A degradação das pastagens constitui um dos maiores problemas para a pecuária brasileira na atualidade. Estima-se que 80% dos 50 a 60 milhões de hectares de pastagens cultivadas no Brasil Central encontram-se em degradação desde estágios iniciais de deterioração até a ocorrência de erosões de grandes magnitudes, como voçorocas (Macedo et al 2000).

Segundo Macedo et al (1993) a degradação de pastagens é definida como um processo evolutivo na perda do vigor, de produtividade e da capacidade de recuperação natural das pastagens, que ficam suscetíveis aos efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras. Spain & Gualdrón (1991) definem degradação como sendo a diminuição considerável na produtividade potencial para as condições edafoclimáticas e bióticas a que a pastagem está submetida.

O estabelecimento de critérios para a degradação das pastagens é tarefa bastante difícil, tendo em vista a diversidade das espécies com relação às suas características morfológicas e aos ecossistemas em que são cultivadas (Nascimento Júnior et al 1994). No entanto, alguns estágios de degradação podem ser facilmente identificados e são próprios da maioria das pastagens degradadas, que são: distúrbio fisiológico da espécie dominante, mudança na composição botânica e invasão por novas espécies, que levam a uma redução na qualidade e na quantidade da pastagem e, em estágios mais avançados, ao desaparecimento da espécie dominante e também das invasoras, comprometendo as condições de estabilidade do solo.

Estudos recentes apontam resultados promissores no mapeamento e identificação de níveis de degradação em pastagens. Moreira & Assad (2000) através do uso de imagens Landsat –TM conseguiram identificar cinco níveis de degradação em pastagens da região do Distrito Federal. Utilizando imagens do sensor Aster do satélite Terra foi possível identificar três níveis de degradação (moderado, forte e muito forte) em pastagens da Zona da Mata em Minas Gerais (Nascimento et al 2006).

O uso de imagens de satélite para o mapeamento das áreas de pastagens degradadas pode constituir uma ferramenta eficiente no monitoramento dos processos de degradação no âmbito local ou regional. O reconhecimento de estágios de degradação e tendências no desenvolvimento deste processo pode auxiliar na implantação de medidas preventivas e/ou corretivas.

2. Objetivo

Identificar e caracterizar áreas com pastagens degradadas em parte dos municípios de Corguinho e Rio Negro, MS, utilizando fusão de imagens CBERS-2B, sensores CCD e HRC.

3. Material e Métodos

A área de estudo está localizada no Estado do Mato Grosso do Sul abrangendo parte dos municípios de Corguinho e Rio Negro, situada entre as latitudes 19°50'28''S e 19°34'28''S e as longitudes 55°14'06''O e 55°01'08''O.

Foram selecionados pontos amostrais para coleta de informações em campo referentes à fitofisionomia e caracterização de áreas com pastagens degradadas com base em trabalhos de campo realizados no projeto “Sistema de Informação Georreferenciada como apoio à tomada de decisão - estudo de caso: Estado de Mato Grosso do Sul” (GeoMS). Em maio de 2009 na região de estudo, foram levantados 28 pontos com informações sobre o estado das pastagens, todos com localização por GPS e obtenção de fotos.

A **Tabela 1** foi utilizada como referência para a associação de classes de diferentes níveis de degradação de pastagens nos 28 pontos levantados em campo.

Foram utilizadas imagens de 2008 do sensor CCD, bandas 2, 3 e 4, com resolução espacial de 20 metros e, imagens de 2008 do sensor HRC com resolução espacial de 2,5 metros. A imagem do sensor CCD corresponde à órbita/ponto 164/122 de 27 de agosto de 2008. As imagens HRC correspondem às órbitas/pontos 164_D_122_2, 164_D_122_3, 164_D_122_4 de 27 de agosto de 2008. Ressalta-se que o período de março a setembro representa o período de menor pluviosidade na região.

A imagem CCD foi georreferenciada tomando-se como referência a imagem Landsat/Geocover, em seguida aplicado o realce linear para melhor diferenciação dos alvos. As imagens HRC foram georreferenciadas tomando-se como referência a imagem CCD, em seguida aplicado o realce linear e depois mosaicadas.

Para melhor identificação de áreas degradadas foi feita a fusão das imagens CCD com HRC. A técnica adotada para fazer a fusão foi a transformação IHS (Intensidade, Saturação e Matiz) em RGB descrita por Namikawa (2009). Este procedimento tem a finalidade de colorir a imagem pancromática do sensor HRC com as cores de uma composição colorida de imagens do sensor CCD. Para processamento e análise das imagens foi utilizado o aplicativo SPRING 4.3.3 (Câmara et al. 1996).

Tabela 1. Níveis de degradação de pastagens

Níveis de degradação de pastagens	Parâmetros limitantes	Deterioração
1	Bom vigor e boa qualidade	Leve
2	Baixo vigor, qualidade e baixa população	Moderado
3	Baixo vigor, qualidade e baixa população, associado com a presença de invasoras e/ou cupins.	Forte
4	Baixo vigor, qualidade e baixa população, associado com a presença de invasoras, cupins e solo descoberto.	Muito forte

Fonte: Adaptado de Spain & Gualdrón (1991) e Moreira e Assad (2000).

Para aplicação da fusão foi feita a restauração e a reamostragem das imagens CCD. A restauração corrige as distorções inseridas pelo sensor na geração das imagens e tem parâmetros de acordo com as características do sensor. O uso desta técnica permite gerar a partir da imagem de uma banda CCD com resolução espacial de 20 m uma nova imagem com resolução espacial de 10 m. A reamostragem reduz a resolução do pixel das bandas CCD restauradas de 10 para 2,5 m. Para isso as bandas foram recortadas com o mesmo retângulo envolvente da imagem HRC e, em seguida, utilizado o interpolador bilinear para garantir uma transição suave de cores entre pixels.

Para fazer a fusão da imagem de alta resolução com a de média resolução espacial aplicou-se na imagem CCD, composição 3R4G2B, a transformação para as componentes IHS. Dessa forma foram geradas as componentes intensidade (I), matiz (H) e saturação (S). Em seguida, na transformação de volta para cores RGB a componente Intensidade foi substituída pela imagem HRC realçada, gerando imagens fusionadas com resolução espacial de 2,5 m.

A **Figura 1** representa o diagrama do processo metodológico utilizado para a elaboração do mapa de áreas degradadas na região estudada. Numa primeira etapa, áreas de pastagens foram diferenciadas utilizando-se o algoritmo MAXVER (classificação por máxima verossimilhança) do SPRING (Spring, 2009). Este algoritmo utiliza apenas a informação espectral isoladamente de cada pixel para reconhecer padrões e objetos homogêneos em toda a imagem e considera a ponderação das distâncias entre médias dos níveis digitais das classes, utilizando parâmetros estatísticos (Mather, 2004). O MAXVER foi aplicado no conjunto de imagens fusionadas geradas na etapa anterior deste trabalho e as amostras para o treinamento foram obtidas por aquisição com cursor retangular em áreas previamente visitadas em campo, considerando-se um limiar de aceitação igual a 99%.

A imagem classificada por MAXVER em toda a área de estudo resulta em muitos polígonos o que torna inviável o processo de poligonalização devido ao longo tempo de processamento gasto, visando uma futura edição e quantificação de áreas. No entanto, numa avaliação visual das áreas discriminadas com os dados de campo, observou-se que essa classificação resultou em excelente separabilidade entre os alvos estudados além de possibilitar a visualização dentro da mesma invernada, de áreas com predominância de alguma classe. Para otimizar o tempo de processamento e eliminar os polígonos pequenos que não tinham significado na interpretação dessa área, optou-se por uma nova classificação supervisionada, a qual seria subsidiada pela imagem raster classificada no MAXVER, mediante escolha de amostras nas áreas homogêneas diferenciadas.

A imagem da área de estudo foi então submetida a uma divisão em regiões espectralmente homogêneas a partir de um processo automático, conhecido por segmentação por crescimento de regiões (Spring, 2009), tendo-se por base o mesmo conjunto de imagens fusionadas. Na segmentação, o *limiar de similaridade* é o valor mínimo abaixo do qual duas classes são consideradas similares e agrupadas em uma única região. O limiar de similaridade toma como base a média dos valores de nível de cinza para diferenciação de regiões. O *limiar de área* define o número mínimo de pixels necessários para que uma área seja individualizada. Para segmentar a área de estudo deste trabalho, foram adotados os valores de 30 para limiar de similaridade e 1250 pixels para limiar de área.

Em seguida, aplicado às imagens fusionadas, foi utilizado o classificador Bhattacharya (limiar de aceitação 99%), que requer interação do usuário, através do treinamento, sendo, portanto, um classificador supervisionado. A medida da distância de Battacharya é usada neste classificador por regiões, para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais. Ou seja, mede a distância média entre as distribuições de probabilidades de classes espectrais (Mather, 2004). A seleção de amostras para nova classificação supervisionada teve então por base os polígonos da segmentação subsidiados pelas classes diferenciadas pelo MAXVER.

Em seguida foi realizada uma pós-classificação automática, com peso igual a 2 e limiar igual a 5, para eliminar pixels isolados e procedeu-se o mapeamento das classes. Finalmente foi elaborado o mapa de áreas de pastagens com quatro (4) classes relacionadas a diferentes estados de degradação, uma (1) classe de solo exposto relacionada às áreas com presença de erosão e uma (1) classe com áreas ocupadas por vegetação natural.

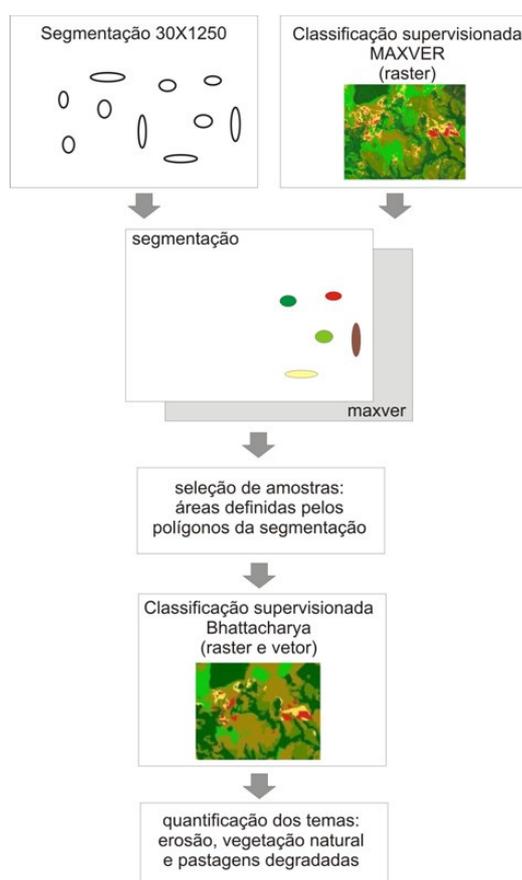


Figura 1. Diagrama da metodologia para a elaboração do mapa de áreas degradadas.

4. Resultados e discussões

Na **Tabela 2** pode ser verificada a classificação dos pontos observados em campo de acordo com as classes de pastagens descritas na **Tabela 1**. Os pontos de 1 a 23 foram verificados dia 23/05/2009 no percurso Rochedo - Taboco - Rio Negro e os pontos de 24 a 28 foram verificados dia 24/05/2009 no percurso Rio Negro - Encruzilhada do Taboco - Fazenda Altamira. As letras “D” e “E” significam respectivamente lado direito e esquerdo da estrada de acordo com a direção do percurso da tomada de pontos. Com essas indicações foram identificados 55 polígonos os quais subsidiaram a classificação MAXVER da imagem.

Tabela 2. Informações obtidas em trabalhos de campo na área de estudo, no período de 23/05/2009 à 24/05/2009.

Ponto	Coordenadas Lat/Long	Estado da pastagem observada	Classe da área observada
1	19°48'41.8"S 55°01'28.2"O	D: Pastagem com invasoras E: Pastagem com invasoras e solo exposto	4 4
2	19°47'39.0"S 55°02'58.2"O	D: Pastagem E: Pastagem com cupins esparsos	2 2
3	19°47'40.8"S 55°03'21.4"O	D: Pastagem E: Pastagem com cupins esparsos	2 2
4	19°47'47.2"S 55°03'37.7"O	D: Pastagem super pastejada E: Pastagem	2 3
5	19°47'54.4"S 55°05'22.2"O	D: Pastagem com solo exposto E: Pastagem	1 1
6	19°47'55.7"S	D: Pastagem com invasora e cupins	3

	55°07'02.8''O	E: Pastagem	1
7	19°47'57.6''S 55°07'10.6''O	D: Pastagem com cupins E: Pastagem	3 3
8	19°48'35.5''S 55°08'13.1''O	D: Pastagem com invasoras E: Pastagem	3 2
9	19°49'17.7''S 55°08'59.9''O	E: Pastagem	1
10	19°49'54.3''S 55°09'48.9''O	D: Pastagem E: Pastagem com solo exposto e invasoras	1 3
11	19°46'14.7''S 55°06'32.0''O	D: Pastagem com invasoras E: Pastagem com invasoras e manchas de solo exposto. E: (400 m a frente) Pastagem com invasoras e manchas de solo exposto	3 4 4
12	19°44'52.7''S 55°08'20.9''O	D: Pastagem com invasoras E: Pastagem	3 1
13	19°43'59.9''S 55°10'08.0''O	D: Pastagem E: Pastagem	2 2
14	19°44'38.4''S 55°11'46.9''O	D: Pastagem com invasoras E: Pastagem em bom estado	3 1
15	19°44'00.8''S 55°09'32.5''O	D: Pastagem com cupins E: Pastagem com cupins	3 3
16	19°42'36.7''S 55°08'31.5''O	D: Pastagem com invasoras E: Pastagem com invasoras	3 3
17	19°41'10.6''S 55°08'28.4''O	D: Pastagem com cerrado E: Pastagem com invasoras	3 3
18	19°39'08.8''S 55°09'21.7''O	D: Pastagem E: Pastagem	1 2
19	19°35'51.8''S 55°07'42.7''O	D: Pastagem E: Pastagem	2 2
20	19°35'19.6''S 55°06'00.7''O	D: Pastagem em bom estado E: Pastagem	1 1
21	19°35'08.9''S 55°03'42.9''O	D: Pastagem com poucas invasoras E: Pastagem com poucas invasoras	2 2
22	19°35'01.6''S 55°01'54.6''O	D: Pastagem com invasoras e poucos cupins E: Pastagem em bom estado	2 1
23	19°36'54.2''S 55°10'06.1''O	D: Pastagem E: Pastagem com poucas invasoras	2 3
24	19°36'00.1''S 55°12'00.8''O	E: Pastagem com invasoras	3
25	19°35'36.1''S 55°12'41.8''O	D: Pastagem com invasoras e solo exposto E: Pastagem com invasoras	4 3
26	19°35'12.3''S 55°13'21.3''O	D: Pastagem com invasoras E: Pastagem com mata ciliar ao fundo	3 2
27	19°34'53.4''S 55°13'53.4''O	D: Pastagem E: Pastagem com invasoras	2 3
28	19°35'32.1''S 55°07'30.8''O	D: Pastagem ao redor de vereda de buritis E: Pastagem ao redor de vereda de buritis	2 2

D e E: Observações obtidas nos lados direito e esquerdo da estrada percorrida no campo.

Nas **Figuras 2 e 3** encontram-se exemplificadas os quatro estados de conservação das pastagens observadas na área durante os trabalhos de campo. Os dados de campo demonstraram que apenas 20% das 55 áreas observadas nos 28 pontos apresentaram

pastagens com bom vigor e boa qualidade enquadradas na classe 1, conforme exemplo da **Figura 2** (A). Na classe 2 foram incluídos 34,6% das áreas nas quais foram observadas pastagens com baixo vigor, qualidade e baixa população, com presença de poucas invasoras ou poucos cupins conforme exemplo da **Figura 2** (B).

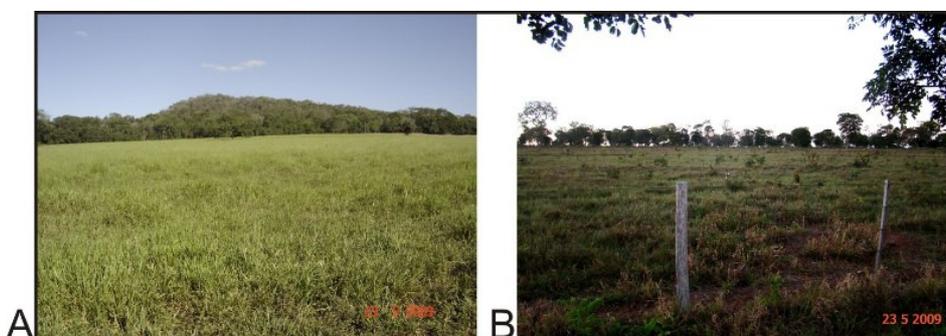


Figura 2. Exemplos de pastagens em boa condição de conservação das classes 1(A) e 2 (B).

Na classe 3 foram incluídas as pastagens com baixo vigor, qualidade e baixa população, associadas com a presença significativa de invasoras e/ou cupins, estado este observado em 36,4% das áreas. As áreas de pastagem degradadas com baixo vigor, qualidade e baixa população, associadas com a presença de invasoras, cupins e solo descoberto, muitas vezes em grandes manchas, foram incluídas na classe 4 e observadas em 9% das áreas nos pontos de campo. Exemplos das classes 3 e 4 podem ser observados na **Figura 3** (A e B), respectivamente.



Figura 3. Exemplos de pastagens degradadas enquadradas nas classes 3 (A) e 4 (B).

A fusão de imagens CCD e HRC possibilitou a elaboração da composição colorida de imagens fusionadas como pode ser observada na **Figura 4**, juntamente com a distribuição dos 28 pontos observados nos trabalhos de campo.

Na classificação MAXVER dos temas de pastagem degradada obteve-se um desempenho médio de 67,17 %, uma abstenção média de 0,10 % e uma confusão média de 32,73 %. Esses dados foram considerados aceitáveis pelos autores em função da já esperada confusão observada entre as classes 3 e 2 (21% da classe 3 se confunde com a classe 2). A grande variabilidade de respostas espectrais advindas dos alvos agrupados na classe 3, tais como, pastagens com invasoras de tamanhos e densidades diferentes, pastagens com cupins de densidades diferentes e também pastagens com ocorrência de cupins e invasoras concomitante, justifica o nível de confusão entre essas duas classes citadas. A classe 4 apresentou uma porcentagem de confusão de 14% com a classe 3 o que também se justifica pelo baixo grau de cobertura do solo encontrado em algumas áreas de pastagens degradadas, classificadas no tema 3.

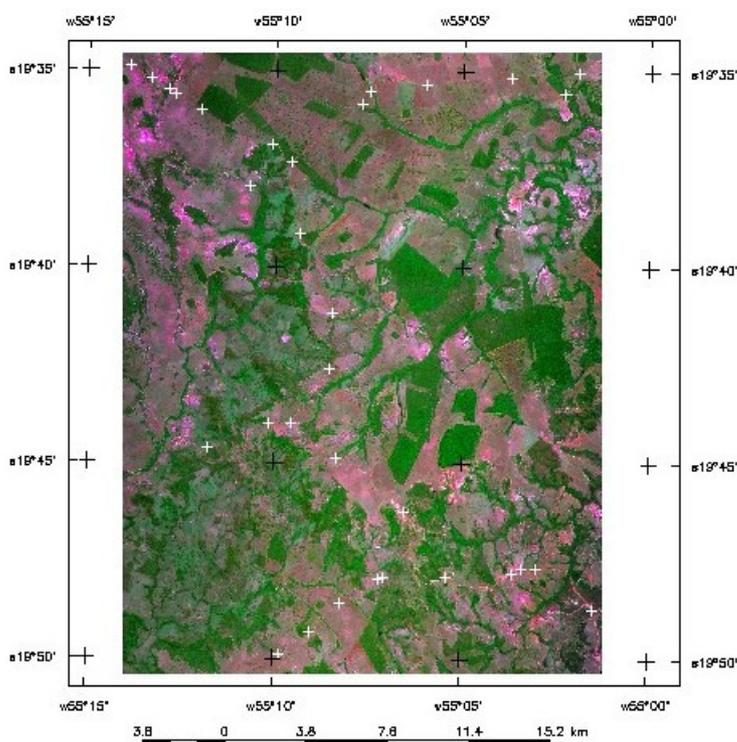


Figura 4. Área de estudo em composição colorida com imagens fusionadas com os pontos observados em campo, assinalados em cruzes brancas.

A imagem classificada no MAXVER subsidiou o treinamento para obtenção de amostras representativas das classes de pastagem para a classificação Bhattacharya. A seleção de cada polígono feito na imagem segmentada era concluída após verificação na imagem classificada por MAXVER das dominâncias em termos de ocupação por classe de pastagem.

Na **Tabela 3** encontram-se quantificados os 6 temas relacionados às áreas ocupadas predominantemente por cada classe diferenciada pelo método de classificação Bhattacharya. Na **Figura 5** pode ser observado o mapa elaborado com a diferenciação das seguintes classes: Solo exposto com erosão, vegetação natural e quatro classes de pastagem com diferentes níveis de conservação. A área de estudo total foi quantificada em 644,86 km² e as áreas não associadas à classe nenhuma abrangeram 0,65 km², correspondendo a 0,10% da área total.

Tabela 3. Quantificação das classes diferenciadas na área de estudo pela classificação supervisionada com o método Bhattacharya.

Classe	Conteúdo da classe	Área em km ²	Área em %
Erosão	Áreas de solo exposto com erosão	4,14	0,64
Pastagem1	Bom vigor e boa qualidade	49,83	7,73
Pastagem2	Baixo vigor, qualidade e baixa população	327,11	50,73
Pastagem3	Baixo vigor, qualidade e baixa população, associado com a presença de invasoras e/ou cupins.	48,48	7,52
Pastagem4	Baixo vigor, qualidade e baixa população, associado com a presença de invasoras, cupins e solo descoberto.	43,19	6,69
Vegetação natural	Cobertura vegetal predominante de Savana e Florestas Aluviais.	171,46	26,59

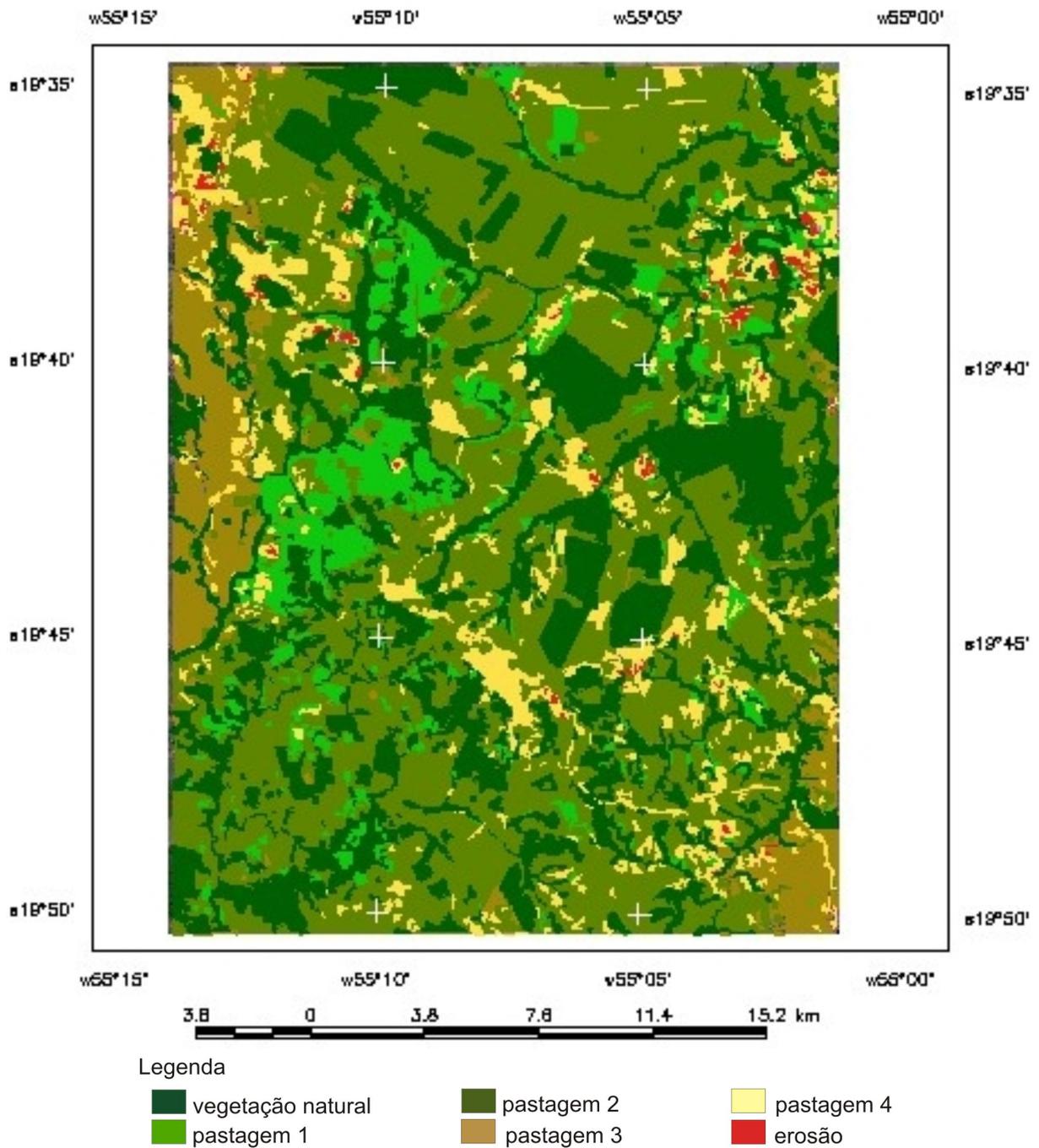


Figura 5. Mapa de classes de degradação de pastagem.

5. Conclusões e sugestões

As imagens fusionadas permitem uma discriminação visual boa dos temas vegetação natural, erosão, pastagem com bom vigor e boa qualidade com deterioração leve (pastagem 1) e pastagem com baixo vigor, qualidade e baixa população, associado com a presença de invasoras, cupins e solo descoberto, deterioração muito forte (pastagem 4) observados na área de estudo.

No entanto, avaliações e classificações digitais se fazem necessárias devido a grande variedade no estado de conservação das pastagens com baixo vigor, qualidade e baixa população com deterioração moderada (pastagem 2) e pastagens com baixo vigor, qualidade e

baixa população, associado com a presença de invasoras e/ou cupins com deterioração forte (pastagem 3). Visualmente torna-se difícil discriminar pastagens dessas classes devido à alta variabilidade na densidade de ocupação por invasoras, à densidade de indivíduos que ocupam o solo e, à densidade de ocupação da pastagem por cupins.

O classificador MAXVER, utilizado com amostras obtidas por cursor em áreas previamente conhecidas, diferencia muito bem as classes de áreas degradadas consideradas nesse trabalho. No entanto, ele gera um número muito grande de polígonos pequenos o que torna o produto desta classificação inviável para se trabalhar em áreas grandes. Já a classificação pelo método Bhattacharya, realizada com base nas amostras obtidas dos polígonos gerados na segmentação por crescimento de regiões, apesar de perder na definição de áreas pequenas, ganha em tempo de processamento.

O mapa gerado nesse trabalho não pode ainda ser considerado um produto final para planejamento e gestão ambiental. É um mapa indicativo de áreas ocupadas predominantemente pelas classes avaliadas.

Em futuros trabalhos de campo recomenda-se a obtenção de fotografias verticais a poucos metros do alvo. Isto permite obter dados de diferentes proporções de cobertura do solo pelas pastagens, o que contribuiria para estabelecer melhores padrões dos diferentes níveis de conservação das pastagens, na medida em que são obtidos dados sobre densidade da cobertura do solo.

6. Agradecimentos

Esta pesquisa foi financiada parcialmente com recursos do Governo do Estado de Mato Grosso do Sul, por meio do projeto GeoMS, convênio 008/2006 Embrapa/IMAP/Fundapam.

7. Referências

- Câmara, G. et al. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modeling. **Computers & Graphics**, 1996, 20 (3): 395-403.
- Macedo, M. C. M.; Euclides, V. P. B.; Oliveira, M. P. Seasonal changes in the chemical composition of cultivated tropical grasses in the savanas of Brazil. In: International Grassland Congress, 17., 1993, Palmerston North. **Proceedings...** Palmerston North: New Zealand Grassland Association, 1993. v. 3, p. 2000-2002.
- Macedo, M. C. M.; Kichel, A. N.; Zimmer, A. H. **Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens. Campo Grande**: EMBRAPA- CNPQC, 2000. 4 p. (Comunicado Técnico, 62).
- Mather, P.M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. 3 ed. Chichester: John Wiley&Sons, 2004. 324p.
- Moreira, L.; Assad, E. D. Segmentação e classificação supervisionada para identificar pastagens degradadas. Workshop Brasileiro de Geoinformática, 2, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo: SBC, 2000. 15p.
- Namikawa, L.M. **Fusão de Imagens do satélite CBERS-2B no SPRING**. Disponível em <http://wiki.dpi.inpe.br/doku.php?id=fusaohrcccdcbbers2b:exemplo>. Acesso em 21 ago. 2009
- Nascimento, M. C. et al. Uso de imagens do sensor ASTER na identificação de níveis de degradação em pastagens. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 2006 v.10 n.1 p196-202
- Nascimento Júnior, D.; Queiroz, D. S.; Santos, M. V. F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: Peixoto, A. M.; Moura, J. C.; Faria, V. P. (eds.). Simpósio Sobre Manejo de Pastagem, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. 325p.
- Spain, J. M.; Gualdrón, R. Degradación e rehabilitación de pasturas. In: Lascano, C.; Spain, J. M. (eds.). **Establecimiento y renovación de pasturas**. Cali: CIAT, 1991. 426p.
- SPRING. **Manual do Spring: Tutorial de Geoprocessamento/Segmentação**. Disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/segmentacao.html>. Acessado em: 21 ago. 2009.