

Imagens do sensor CCD/CBERS-2 como subsídio na distinção entre fitofisionomias florestais, savânicas e campestres do bioma Cerrado

Anderson Ribeiro Santiago ¹
Alfredo Pereira ²

¹Instituto Natureza do Tocantins - NATURATINS
302 Norte, Alameda 02, Lote 03, CEP.: 77.006-336 - Palmas, Tocantins, Brasil
asantiago@naturatins.to.gov.br

²Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Av. dos Astronautas, 1758, 12.227-010 - São José dos Campos, SP, Brasil
alfredo@dsr.inpe.br

Abstract. Recent research on mapping of Brazilian savanna, through satellite imagery, have shown that restrictions on the discrimination of some physiognomies. Studies with the use of images of recent design of sensors such as CCD/CBERS-2, are still scarce. Thus, in this work, aims to evaluate the possibility of spectral differentiation between woodlands, scrublands and grassland the Brazilian savanna from images CCD/CBERS-2. Therefore, in a scene in Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins (MNAFTO), has been the conversion of digital numbers to Bidirecional Reflectance Factors (BRF) and applied to be a Spectral Linear Mixing Model (SLMM), in the bands 2, 3 and 4 of CCD sensor. From the results presented was conclude the characterization of physiognomies in the MNAFTO, could not be made, probably due to problems of relative calibration on the sensor. However, when applied SLMM in the images, has the potential to map the physiognomies in the Brazilian savanna, tested through a satisfactory validation, corresponding Kappa index.

Palavras-chave: cerrado, savana, CCD/CBERS, Modelo Linear de Mistura Espectral, sensoriamento remoto.

1. Introdução

O bioma Cerrado, está localizado predominantemente no Planalto Central do Brasil, ocupando cerca de 22 % do território nacional. Possui uma grande variabilidade de fisionomias vegetais, diretamente associadas às diferentes condições ambientais a que estão sujeitas (Aguiar e Camargo, 2004). Segundo Ribeiro e Walter (1998) existem onze fisionomias dentro deste bioma, variando desde fitofisionomias campestres (campo limpo) até florestais (cerradão).

O Estado do Tocantins possui 87,8% de seus 277.620 km² de território ocupado por vegetação característica do bioma Cerrado e vem utilizando técnicas de sensoriamento remoto para subsidiar o seu planejamento territorial (Dias *et. al.*, 2008). Considerado um dos biomas mais importantes para conservação da biodiversidade do planeta, as unidades de conservação presentes neste ambiente têm papel fundamental nesta manutenção. No Tocantins, as unidades de conservação representam 14,9% do seu território, algo em torno de 41.310,6 km² de área protegida por lei. Para subsidiar a gestão de áreas tão extensas, o Sensoriamento Remoto em nível orbital torna-se imprescindível, já que possui como principal característica o imageamento de grandes áreas com relativa rapidez de repetição de imagens, sendo possível assim, monitorar e planejar de maneira mais rápida e eficiente a ocupação e o uso do solo de extensas áreas.

O órgão estadual do Tocantins responsável pela sua gestão ambiental vem encontrando dificuldades quanto à caracterização das diferentes formas de uso do solo e da vegetação natural, mais notadamente na identificação do grau de antropização que as mesmas estão sujeitas. Várias técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo utilizadas em ambiente de Cerrado para distinção de tipologias vegetais, forma de uso da terra e grau de antropização das áreas naturais. Modelo de mistura espectral, segmentação e classificação de imagens digitais são alguns dos exemplos.

A versatilidade de aplicações do MLME é largamente conhecida, ao menos em ambiente florestal e com dados dos sensores TM e ETM. Entretanto, no bioma Cerrado ainda existem poucos trabalhos utilizando esta técnica e, mais ainda, com dados do satélite sino-brasileiro CBERS (*China-Brazil Earth Resources Satellite*).

As fitofisionomias do Cerrado são constituídas por estratos herbáceo, arbustivo e arbóreo, podendo a resposta espectral ser muito similar a de uma área campestre. Ferreira *et. al.* (2007), aplicou o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) em imagens do sensor ETM⁺/Landsat-7 e verificaram que a metodologia utilizada foi mais eficiente na discriminação de fisionomias florestais, ao contrário do ocorrido quando se tratava de tipos de vegetação de baixa biomassa, tais como campo limpo e campo sujo. Shimabukuro *et. al.* (1998), utilizando imagens do sensor TM/Landsat-5, avaliaram o potencial do MLME no monitoramento da dinâmica da cobertura do solo em uma região do Pantanal, comparando-o com o índice de vegetação conhecido por NDVI, concluindo que o MLME foi mais sensível na detecção de mudanças na cobertura vegetal.

Assim, o objetivo do trabalho é avaliar a possibilidade de diferenciação espectral entre fitofisionomias florestais, savânicas e campestres do bioma Cerrado com dados obtidos do sensor CCD/CBERS-2, possibilitando uma análise preliminar do potencial deste sensor como ferramenta na gestão de recursos naturais. Os objetivos específicos são:

- obter os valores de reflectância, das três classes de fitofisionomias, a partir dos números digitais dos sensores CCD/CBERS-2 e TM/Landsat-5, a fim de comparar os resultados obtidos de um sensor de concepção recente (CCD) com um de uso consagrado (TM);
- analisar a eficiência de um Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME), obtido de imagem CCD/CBERS-2, em mapear as fitofisionomias florestais, savânicas e campestres do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins (MNAFTO).

2. Materiais e Método

2.1. Área de estudo

A área de estudo é denominada Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins, MNAFTO (Lei estadual n^o. 1.179, de 04/10/2000), unidade de Proteção Integral onde é apenas admitido o uso indireto dos recursos naturais. Assim, atualmente encontram-se propriedades particulares dentro do MNAFTO, cujas atividades presentes são a criação de bovinos e a agricultura de subsistência, com a utilização da queima como uma forma de manejo. Além disso, existe um alto fluxo de veículos circulando em seus limites, o que significa atropelamentos de fauna, fragmentação de ambientes, isolamentos de populações silvestres e distúrbios antrópicos, pois em seu perímetro encontram-se as rodovias TO-010 (não pavimentada) e TO-222 (pavimentada) (Seplan, 2005).

O MNAFTO tem área total de 29.290 ha e está localizado no bioma Cerrado onde podem ser identificadas as fitofisionomias Cerradão, Mata de galeria e Cerrado sentido restrito. Localizada no município de Filadélfia, a unidade dista a 513 km ao norte da capital Palmas, entre os paralelos 7°23'04''S e 7°33'10''S e os meridianos 47°37'41''O e 47°55'43''O. O clima da região é úmido com moderada deficiência hídrica no inverno, a precipitação média anual varia de 1.700 a 1.800 mm e a temperatura média anual ultrapassa os 28 °C. Os solos descritos de maior ocorrência são os Neossolos Quartzarênicos e Litossolos, apesar de também serem encontrados os Argissolos Vermelhos-Amarelos, Chernossolos Argilúvicos, Neossolos Flúvicos e Latossolos Vermelhos-Amarelos. A altitude média da região é de 200 m.

2.2. Obtenção dos dados

As imagens CCD/CBERS-2 foram adquiridas no endereço eletrônico <http://www.dgi.inpe.br/CDSR>. Já as do TM/Landsat-5 foram obtidas do acervo da Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

Utilizaram-se imagens referentes às datas 05/08/2006 e 18/08/2006, das órbitas-ponto 159/108 e 222/65, para os sensores CCD e TM, respectivamente. Imagens de alta resolução espacial obtidas do aplicativo Google Earth (<http://earth.google.com/intl/pt/>) também foram utilizadas como auxílio na identificação das classes temáticas de interesse.

O polígono que delimita o MNAFTO foi obtido do banco de dados Geotocantins, do Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS). O mesmo foi elaborado em projeção UTM (*Universal Transverse Mercator*), Datum SAD 69, na escala 1:100.000. Para o processamento e a interpretação das imagens foi utilizado o aplicativo SPRING 4.3.3 (Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas), desenvolvido pelo INPE.

2.3. Correção geométrica da imagem

Como etapa inicial, procedeu-se a correção geométrica das imagens CCD/CBERS-2 e TM/Landsat-5. Este procedimento visou minimizar o erro residual causado pela correção de posicionamento destes sensores orbitais. Assim, após a correção geométrica, foi possível relacionar as coordenadas da imagem (linha, coluna) com coordenadas de um sistema de referência. Como referência, utilizou-se mosaicos georeferenciados de imagens Landsat-TM ortorretificadas disponíveis gratuitamente no endereço eletrônico: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid>.

2.4. Conversão dos números digitais em reflectância

Com vistas a caracterizar cada fitofisionomia (florestal, savânica e campestre), bem como aferir os resultados obtidos no sensor CCD/CBERS-2 com os do TM/Landsat-5, optou-se por converter os números digitais, obtidos diretamente nas imagens, para Fator de Reflectância Bidirecional de Superfície (FRB-superfície).

No caso dos números digitais (ND) das imagens do sensor TM, a conversão foi realizada da seguinte forma: primeiro fez-se à transformação de ND para radiância e posteriormente para FRB aparente. Objetivando minimizar os efeitos atmosféricos nos valores de FRB aparente, aplicou-se um modelo de transferência radiativa, denominado 6S (*Second Simulation Satellite Signal in the Solar Spectrum*) para se obter o FRB de superfície (Markham e Barker, 1986).

Para as imagens CCD, a conversão foi feita diretamente de ND's a FRB de superfície utilizando uma adaptação do aplicativo SCORADIS desenvolvido pelo Centro de Estudos Meteorológicos e Climáticos Aplicados à Agricultura da Universidade Estadual de Campinas (CEPAGRI/UNICAMPI). Informações adicionais podem ser obtidas em Ponzoni *et. al.* (2006)

2.5. Geração das imagens-fração

Para facilitar a discriminação das classes denominadas de fitofisionomia florestal, savânica e campestre aplicou-se o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) nas bandas 2, 3 e 4 do sensor CCD. Assim, foram geradas as imagens-fração: vegetação, solo e sombra. A estimativa das proporções de cada componente foi baseada aplicando-se o método dos Mínimos Quadrados Ponderado (MQP).

Após a obtenção das imagens-fração, foi gerada uma banda sintética, visando auxiliar na interpretação visual das feições presentes na área de estudo. Utilizou-se a composição com as cores vermelho, verde e o azul para as imagens-fração vegetação, solo e sombra, respectivamente.

2.6. Mapeamento das classes

O mapeamento das fitofisionomias florestal, savânica e campestre foi feito diretamente no monitor da tela do computador, interpretando-se visualmente as feições. Os polígonos de cada feição foram delimitados por meio da edição matricial. Esta etapa foi possível através da sobreposição da banda sintética das imagens-fração com a composição das bandas 4, 3 e 2, nas cores vermelho, verde e azul, respectivamente utilizando-se uma escala de visualização de

aproximadamente 1:50.000. Neste mapeamento consideraram-se elementos fotointerpretativos tais como tonalidade, textura e forma das classes de mapeamento.

2.7. Trabalho de campo

No caso da obtenção dos dados de campo, realizados em Novembro de 2007, optou-se por 21 pontos amostrais dentro do perímetro do MNAFTO alocados ao acaso. Nestes, foram anotadas as coordenadas geográficas, obtidas com receptores de navegação GPS (*Global Positioning System*), as características básicas da cobertura vegetal, como porte e estrutura, além da textura superficial do solo e condições topográficas da paisagem.

2.8. Análise estatística e validação do mapeamento

Objetivando validar o mapeamento, fez-se a comparação entre a classificação visual e os dados de referência obtidos em campo. Para isso, aplicou-se o índice de exatidão Kappa. A estatística Kappa é uma análise multivariada, aplicada aos dados de natureza discreta (não contínuos), que avalia a concordância entre resultados. Neste caso, os provenientes da classificação visual com os da verdade de campo (Lillesand e Kiefer, 1994).

3. Resultados e Discussão

3.1. Curvas espectrais das classes

Como pode ser observado nas figuras 1, 2 e 3, não foi possível caracterizar as fitofisionomias do MNAFTO com as imagens do sensor CCD, pois as curvas dos FRB-superfície divergem com as típicas de um local com cobertura vegetal. Isso fica evidente quando se observa os valores de FRB da banda 2 deste sensor. Esta banda é correspondente ao verde e o esperado seria um valor superior a banda 1, por se tratar de pontos com vegetação. Essa constatação é típica quando há problemas de calibração relativa de sensores orbitais, o que já foi verificado em diversas imagens CCD (Arenas-Toledo e Epiphanyo, 2007). Isso ocorre devido a diferenças radiométricas entre os arranjos de detectores deste sensor. Neste caso, é observado que a caracterização de um mesmo objeto varia em função do arranjo de detectores, o que não é desejável.

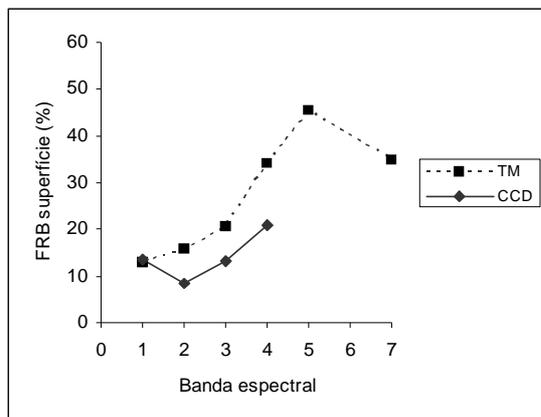


Figura 1: Curvas espectrais da fitofisionomia campestre do MNAFTO obtidas a partir dos sensores TM e CCD.

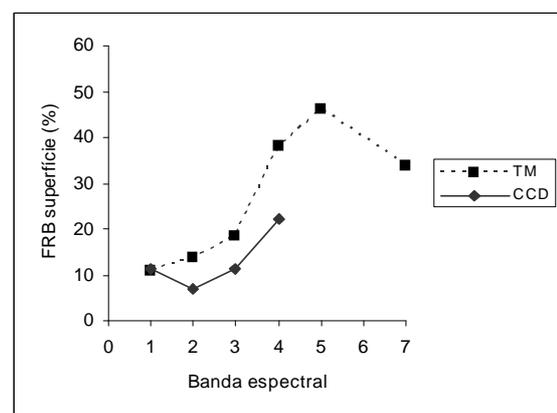


Figura 2: Curvas espectrais da fitofisionomia savânica do MNAFTO obtidas a partir dos sensores TM e CCD.

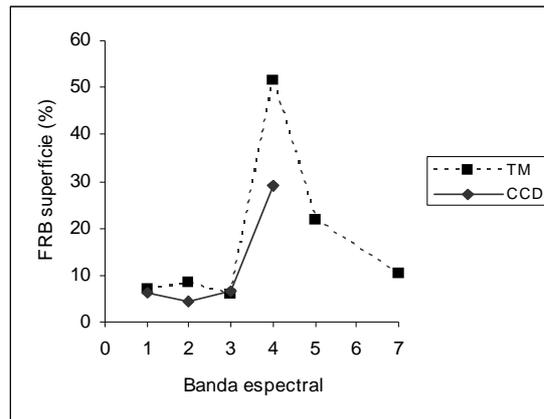


Figura 3: Curvas espectrais da fitofisionomia florestal do MNAFTO obtidas a partir dos sensores TM e CCD.

Por outro lado a observação dos dados do sensor TM mostra que as fitofisionomias vegetais foram bem caracterizadas com a aplicação dos fatores de calibração do sensor antes de seu lançamento e correção atmosférica por meio do modelo de transferência radiativa 6S.

As curvas do TM/Landsat das figuras 1 e 2 possuem dados com respostas espectrais similares e que se assemelham à curva típica de reflectância de solos arenosos (Ponzoni *et al.*, 2006). Isso é facilmente entendido quando se considera o alvo em questão e as características ambientais na época de aquisição das imagens. Nesse local predominam os Neossolos Quartzarênicos, que possuem percentual de areia acima de 85%, nos primeiros 150 cm de profundidade. As fitofisionomias predominantes no MNAFTO com componente arbóreo recobrem no máximo 50% do solo no período chuvoso, sendo as imagens do período de estiagem. Portanto, a resposta espectral semelhante à de um solo arenoso é esperado, pois na época do ano em que as imagens foram adquiridas (agosto) a vegetação encontrava-se com um menor vigor vegetativo, favorecendo a maior participação do solo na resposta espectral detectada pelo sensor em nível orbital.

Observando a curva pontilhada referente à resposta espectral de uma fitofisionomia florestal (Figura 3), percebe-se que a mesma é similar à de uma folha isolada (Balbino, 2004). Essa similaridade é atribuída ao maior vigor vegetacional desta fitofisionomia em relação às demais do bioma Cerrado. No caso do MNAFTO, nesta classe, há predominância das fitofisionomias Cerradão e Mata de Galeria, que em geral são representadas por espécies arbóreas perenifólias.

3.2. Classificação da imagem CCD/CBERS-2

A seguir são apresentadas as imagens-fração vegetação, solo, sombra (Figuras 4 a 6) e sua respectiva composição colorida (Figura 7) resultantes da aplicação do Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) às imagens do sensor CCD na área do MNAFTO. Essas imagens foram fundamentais para diferenciação espectral entre as fitofisionomias savânica e campestre.

O componente arbóreo e arbustivo da fitofisionomia savânica foi mais facilmente identificado quando da utilização da composição colorida nas imagens-fração (Figura 7). Neste caso, a savana foi associada a locais com a presença de pontos avermelhados sobre um fundo verde, demonstrando a predominância de um estrato herbáceo, sem vigor vegetativo (associado à cor verde), com presença de algumas árvores e arbustos (pontos avermelhados). Já a fitofisionomia campestre foi associada às cores verde e azul, em função da inexistência do componente arbóreo que seria detectado se a cor vermelha estivesse presente nesses locais. A fitofisionomia florestal foi identificada em locais com predominância da cor vermelha em função de a vegetação de porte florestal ocupar a maior parte desses locais, formando um dossel.

Como resultado final desta classificação temática no MNAFTO, contido na Figura 8, percebe-se uma predominância das fitofisionomias savânica e campestre. Outra constatação é a maior ocorrência da fitofisionomia florestal ao longo dos corpos hídricos, ou seja, Mata de Galeria.

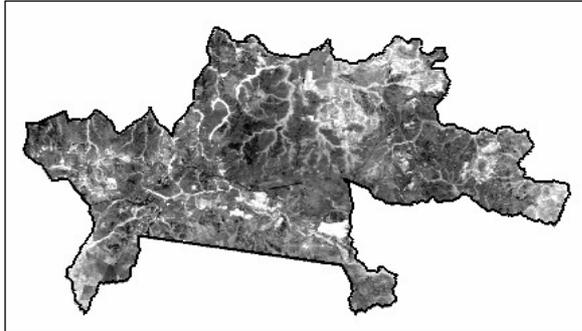


Figura 4: Imagem-fração vegetação do MNAFTO.

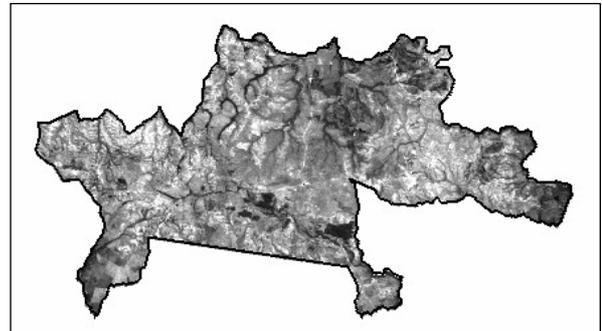


Figura 5: Imagem-fração solo do MNAFTO.

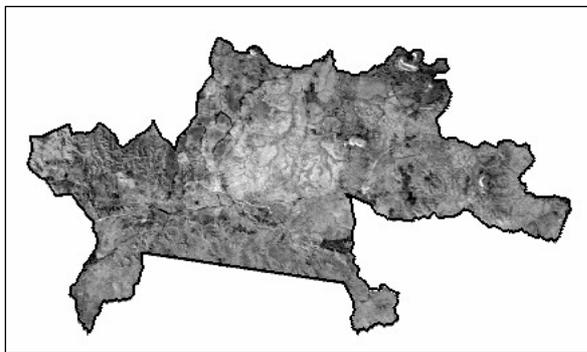


Figura 6: Imagem-fração sombra do MNAFTO.

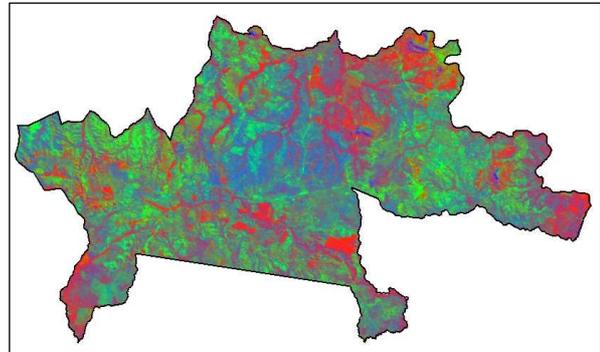


Figura 7: Composição colorida de imagens-fração (Vermelho-vegetação; Verde-solo e Azul-sombra) do MNAFTO.

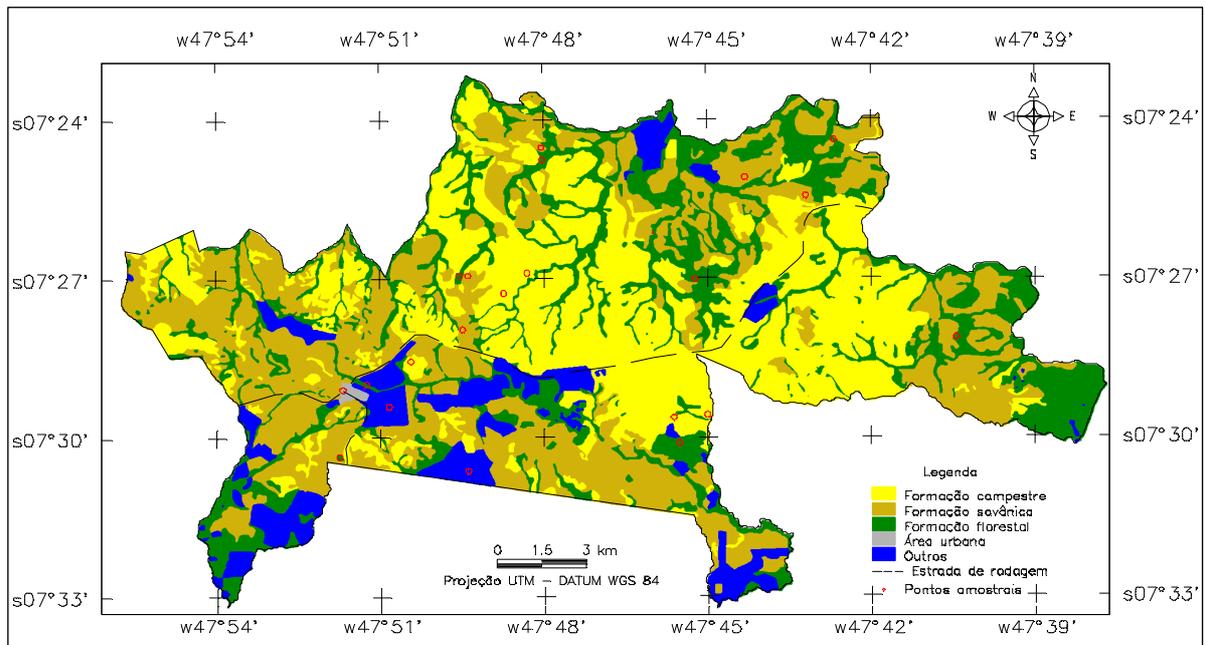


Figura 8: Resultado final da classificação temática a partir da imagem do sensor CCD/CBERS-2 no MNAFTO, com a espacialização das áreas amostradas em campo.

Na tabela 1, estão as áreas das classes temáticas identificadas no MNAFTO e seus respectivos percentuais de cobertura. Como percebido visualmente na Figura 8, há

predominância das fitofisionomias campestre (34,9%) e savânica (33,6%) dentro do perímetro da unidade de conservação. Uma pequena área urbana foi detectada (0,2%) e a classe denominada “Outros” foi adicionada ao mapa temático em função de diferir espectralmente das demais e ocorrer em 8,1% da área total. Em geral, esta classe, apresentou, na análise das imagens, uma forma geométrica regular e uma textura lisa, o que pode estar associado ao uso do solo para fins agropecuários, como pastagens e cultivos agrícolas.

Tabela 1: Áreas ocupadas pelas classes temáticas identificadas no Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Tocantins (MNAFTO) e seu respectivo percentual de cobertura

Classe	Área (ha)	Cobertura (%)
Fitofisionomia florestal	6.806,36	23,2
Fitofisionomia savânica	9.845,80	33,6
Fitofisionomia campestre	10.222,88	34,9
Área urbana	44,20	0,2
Outros*	2.371,32	8,1
Total	29.290,56	100

* Classe associada a locais com indícios de antropização, em geral para fins agropecuários.

Como resultado da validação do mapeamento, obteve-se o valor de 0,75 para o índice de exatidão Kappa (k) e uma Exatidão Total (Po) de 0,81 (Tabela 2). Na escala de valor desse índice, este resultado pode ser considerado como muito bom ($0,6 < k \leq 0,8$), o que demonstra que o mapeamento feito para as fitofisionomias presentes no MNAFTO foi satisfatório. Entretanto, constata-se que, para as classes Florestal e Campestre, houve uma maior discordância entre a classificação digital e a verdade de campo. Três locais utilizados para fins agropecuários (pecuária extensiva), inseridos na classe Outros, foram erroneamente classificados como Campestre e Florestal, sendo que a última foi também “confundida” com a classe Savânica em um dos locais analisados.

Tabela 2: Matriz de confusão resultante da comparação entre a classificação visual e os dados de campo (verdade de campo), para as classes temáticas florestal, savânica, campestre, área urbana e outros

		Classificação visual					
Classe		Florestal	Savânica	Campestre	Área urbana	Outros	Total
Verdade de campo	Florestal	5	0	0	0	0	5
	Savânica	1	6	0	0	0	7
	Campestre	0	0	4	0	0	4
	Área urbana	0	0	0	1	0	1
	Outros	1	0	2	0	1	4
	Total	7	6	6	1	1	21
		Índice de exatidão Kappa ¹ (k)					0,75
		Exatidão total (Po)					0,81

¹ Índice de exatidão Kappa: $0 < k \leq 0,2$ – ruim; $0,2 < k \leq 0,4$ – razoável; $0,4 < k \leq 0,6$ – bom; $0,6 < k \leq 0,8$ – muito bom; $0,8 < k \leq 1$ – excelente.

Com isso, é possível perceber que, apesar do estado de conservação das fitofisionomias do MNAFTO não estar sendo avaliado, os 8,1% da classe Outros, com indícios de antropização (Tabela 1) poderia ser aumentado, em função dos erros advindos da classificação digital (Tabela 2). Além disso, mesmo com as limitações deste método, percebe-se o elevado percentual de antropização dentro do perímetro do MNAFTO. Outra consideração é que, devido a análise das imagens ter sido restrita ao período de baixa precipitação pluviométrica, a dinâmica sazonal da vegetação do Cerrado não foi incluída na

avaliação. Assim, algumas fitofisionomias florestais podem ter sido enquadradas equivocadamente na classe savânica. Um exemplo é a Mata seca, que possui espécies arbóreas caducifólias, com resposta espectral contrastante em função da ocorrência de chuvas.

4. Conclusões

Os resultados indicam que:

- Não foi possível caracterizar espectralmente as fitofisionomias presentes no MNAFTO, a partir de imagens do sensor CCD/CBERS-2, provavelmente devido a problemas de calibração relativa deste sensor;

- As imagens produzidas pelo sensor CCD/CBERS-2, quando transformadas a imagens-fração, por meio de Modelo Linear de Mistura Espectral, tem potencial para mapear as fitofisionomias do bioma Cerrado, visto que o resultado da classificação digital foi validado satisfatoriamente.

5. Referências Bibliográficas

Aguiar, L. M. S., Camargo, A. J. A., **Cerrado: ecologia e caracterização**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1ª edição, 2004, 249p.

Arenas-Toledo, J. M.; Epiphanyo, J. C. N. Comportamento de Índices de Vegetação a partir de três sensores orbitais: estudo de caso no município de São Borja (RS). In: XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13, 2007, Florianópolis. **Anais...** Brasil, INPE, 2007. Artigos, p. 741-748. CD-ROM, On-line. ISBN 978-85-17-00031-7. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.14.19.27/doc/741-748.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2008.

Balbino, V. K. **Análise da separabilidade espectral entre mata de galeria e cerradão no distrito federal**. 2004. 55p. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade de Brasília. 2004.

Dias, R. R.; Pereira, E. Q.; Santos, L. F. (org.) **Atlas do Tocantins: subsídios ao planejamento da gestão territorial**. Palmas: Secretaria do Planejamento, Superintendência de Planejamento e Gestão Central de Políticas Públicas, Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico, 5ª. ed., 2008, 62p.

Ferreira, M. E.; Ferreira Júnior, L. G.; Sano, E. E.; Shimabukuro, Y. E. Spectral linear mixture modelling approaches for land cover mapping of tropical savanna areas in Brazil. **International Journal of Remote Sensing**, vol. 28, n. 2, p. 413-429, 2007.

Lillesand, T. M.; Kiefer, R. W. **Remote sensing and image interpretation**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1994, 750 p.

Markham, B.L.; Barker, J.L. **Landsat MSS and TM post-calibration dynamic ranges exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures**. Lanham, MD: EOSAT, 1986. (Landsat User Notes).

Ponzoni, F. J.; Zullo Júnior, J.; Lamparelli, R. A. C. Transformações radiométricas dos dados dos sensores do satélite CBERS-2. In: 1º. Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, 1, 2006, Campo Grande. **Anais...** Brasil, Embrapa Informática Agropecuária/INPE, 2006. Artigos, p. 912-921. CD-ROM, On-line.

Ribeiro, J. F. & Walter, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: SANO, S. M. & ALMEIDA, S. P. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina, DF: EMBRAPA-CPAC, 1998, Cap. 3, p. 89-166.

Secretaria de Planejamento e Meio Ambiente (SEPLAN), Instituto Natureza do Tocantins (NATURATINS) / OIKOS Pesquisa Aplicada Ltda / MRS Estudos Ambientais Ltda. **Plano de Manejo do Monumento Natural das Árvores Fossilizadas do Estado do Tocantins**. Palmas, 2005.

Shimabukuro, Y. E.; Novo, E. M.; Ponzoni, F. J. Índice de vegetação e modelo linear de mistura espectral no monitoramento da região do pantanal. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.33, Número Especial, p.1729-1737, out. 1998.