

Potencial das imagens WFI-CBERS-2 para a Classificação de Biomas Brasileiros

Eduardo Tavares da Silva¹
Oscar Ricardo Vergara²

¹Threetek Soluções em Geomática
Rua México 41 – 17 andar – Centro – Rio de Janeiro – RJ – Brasil - Cep: 20031-144
eduardo@threetek.com.br

²Instituto Militar de Engenharia – IME
Seção de Ensino de Engenharia Cartográfica – SE/6
Praça General Tibúrcio, 80 – Urca – Rio de Janeiro – RJ – Cep: 22290-270
oscarricardo.vergara@gmail.com

Abstract. Brazil presents a natural patrimony congregating 20% of the vegetal and animal species of the world, which is expressed by diversity, endemism of biological species, genetic patrimony and the ecosystemic variety of the six brazilian biomes: *Amazônia* (Tropical Forest); *Cerrado* (Woodland), *Mata-Atlântica* (Tropical Forest), *Caatinga* (Tropical Thornwood), *Pantanal* (Tropical Sazonal Forest), *Pampa* (Temperate Grassland). The purpose of this paper is to evaluate the potential of WFI-CBERS-2 images for biomes classification. For every biome, three types of areas of interest were defined: a) “characteristic vegetation”; b) “areas with natural or anthropic alterations”; c) “ecótonos” (defined as transition areas between two adjacent ecological communities - biomes). In the first step of the methodology the six WFI-CBERS-2 images were georeferenced. After that, band ratio technique was applied to generate the third band of the color composite to be classified. The multi-resolution segmentation was done by defining two levels, the former distinguishing the peculiar vegetation typologies of every biome and the latter having the purpose of separating vegetation, modified areas and ecotones. For the object oriented classification was used the (eCognition's) Nearest Neighbor classifier. The evaluations of the six classifications showed the global accuracy varying between 87% and 90% and the Kappa index with values from 83% to 88%, revealing that WFI-CBERS-2 images allowed to achieve the proposed aim.

Palavras-chave: Brazilian Biomes, WFI-CBERS-2 images, object-oriented classification, Biomas brasileiros, imagens WFI-CBERS-2, classificação orientada a objeto.

1. Introdução

Conforme Arruda (2001) o Brasil apresenta um patrimônio natural reconhecido como o mais significativo do planeta, que reúne cerca de 20% das espécies vegetais e animais do mundo. Essa riqueza natural é expressa pela sua diversidade, endemismo de espécies biológicas e seu patrimônio genético, além da variedade ecossistêmica dos biomas. O termo bioma deve ser entendido como a unidade biológica de maior extensão geográfica, compreendendo várias comunidades em diferentes estágios de evolução, porém denominadas de acordo com o tipo de vegetação predominante, segundo a definição de FEEMA (1990).

Com a intensificação dos problemas ambientais em nível global existe uma crise de biomas, sendo mais ampla do que a crise de extinção das espécies, pois resulta da destruição dos ambientes naturais, onde aquelas surgiram e se desenvolvem. Com a destruição dos biomas, seus habitats naturais, as espécies devem desaparecer.

No intuito de mapear e monitorar a diversidade dos biomas no país, o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA) e o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) elaboraram os seus respectivos mapas dos biomas brasileiros, com base no mapa de vegetação do território do País realizado pelo IBGE em 1993, na escala 1:5.000.000. O estudo realizado pelo IBAMA (2001) apresenta 7 biomas e 3 ecótonos (áreas de transição entre biomas), enquanto no levantamento feito pelo IBGE (2004a) com parceria do Ministério do Meio Ambiente são criados 6 biomas: Amazônia; Cerrado, Mata-Atlântica, Caatinga, Pantanal, Pampa, sendo esta a classificação utilizada para a realização do presente estudo.

Pela alta frequência na obtenção de dados atualizados, o sensoriamento remoto orbital se apresenta como importante fonte de informação para o monitoramento de grandes áreas com vegetação, existindo atualmente vários sensores adequados para essa finalidade, como o Vegetation dos satélites Spot 4 e 5, o Modis do Terra e o WFI dos satélites sino-brasileiros da série CBERS. O objetivo principal deste trabalho consiste em avaliar o potencial das imagens WFI-CBERS-2 para classificar biomas brasileiros, as áreas de transição entre biomas (ecótonos) e as áreas com alterações (por ação antrópica ou por causas naturais) na configuração original do bioma. A inclusão destas duas últimas classes (ecótonos e áreas alteradas), não representadas nos mapas de biomas do IBAMA (2001) e do IBGE (2004a), responde a uma observação presente na nota técnica do IBGE (2004b) referente ao mapeamento citado, que indica a necessidade de uma análise mais detalhada das informações referentes aos biomas, suas áreas de transição e as áreas alteradas.

1.1 Caracterização das Áreas de Estudo

Como o objetivo do trabalho não visava fazer mapear os biomas brasileiros mas avaliar o potencial das imagens WFI-CBERS-2 para classificá-los, a área de estudo foi definida escolhendo-se áreas representativas, com a vegetação característica principal do bioma estudado em cada caso, mostrando o estado ambiental “puro” do mesmo. Também se selecionaram regiões de transição gradual entre os tipos de vegetação predominantes em cada bioma, bem como áreas com algum tipo de alteração (antrópica ou natural) da configuração original do bioma (expansão da fronteira agrícola; desmatamentos; queimadas; ilhas de ecossistemas próprios de um bioma presentes em outro).

2. Materiais e Métodos

O trabalho foi desenvolvido através das etapas descritas a seguir:

2.1 Seleção dos Insumos Utilizados

Os sensores WFI (*Wilde Field Image*) dos satélites da série CBERS possuem características consideradas adequadas, em princípio, ao objetivo deste trabalho: 2 bandas multiespectrais, uma na faixa do vermelho (Banda 1: de 0,63 μm a 0,69 μm) e a outra no infravermelho próximo (Banda 2: de 0,77 μm a 0,89 μm); área imageada de 960 km de largura e resolução espacial de 260m, segundo INPE (2006). A tabela 1 apresenta as cenas escolhidas para classificar os biomas; na seleção procurou-se que todas as cenas fossem do mesmo período sazonal (junho e julho), requisito que não pôde ser cumprido apenas para a órbita/ponto 151/108, por falta de disponibilidade de imagens nesse período.

Tabela 1 – Biomas abrangidos pelas Cenas WFI-CBERS-2 utilizadas na pesquisa.

Biomas	Cenas	
	Órbita/Ponto	Data da Passagem
Amazônia / Cerrado	165/108	24/06/2004
Mata-Atlântica / Cerrado	155/124	24/07/2004
Caatinga / Mata-Atlântica / Cerrado	151/108	17/11/2004
Cerrado / Amazônia / Pantanal	160/116	30/06/2004
Pantanal / Cerrado / Mata-Atlântica	163/124	30/06/2004
Mata-Atlântica / Pampa	161/132	06/07/2004

Como dados de referência foram utilizados as seguintes bases cartográficas: Malha hidrográfica da Agência Nacional de Águas (ANA) e Mapa de Vegetação IBGE (2004),

ambos na escala 1:5.000.000; Mapa da Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros da PROBIO/MMA, na escala 1:250.000. Os *softwares* utilizados foram o ENVI 4.3 e o *eCognition* 4.0.

2.2 Processamento Digital das Imagens

Nesta etapa foram aplicadas as seguintes técnicas:

2.2.2 Georreferenciamento

Ao sobrepor as cenas com o Mapa de Vegetação do IBGE (2004) verificou-se a existência de um deslocamento médio de 7.500 m, o que iria inviabilizar a correta sobreposição das cenas com a base de referência da PROBIO/MMA, escala 1:250.000, na etapa de avaliação da classificação. Isto demandou georreferenciar as cenas, no programa ENVI 4.3, utilizando como pontos de controle os cruzamentos da rede hidrográfica de todo o território nacional representados na base cartográfica da Agência Nacional de Águas (ANA), na escala de 1:5.000.000. O erro médio quadrático do registro das cenas variou entre um mínimo de 555m e um máximo de 800m.

2.2.3 Razão de Bandas

Considerando que as imagens WFI do CBERS-2 estão constituídas por 2 bandas, houve necessidade de decidir qual seria a terceira banda necessária para formar as composições coloridas a serem utilizadas no trabalho. Para tanto, tomou-se como base a pesquisa do *Centre for Remote Imaging, Sensing and Processing*, ligado à Universidade Nacional de Cingapura, que em seu sítio disponibiliza um estudo evidenciando o bom desempenho da seguinte composição de bandas SPOT: (RGB) banda XS3, banda NDVI, banda XS1 (CRISP, 2007). Os testes realizados no ENVI 4.3 para comparar as composições WFI-CBERS-2 (RGB) banda 2, banda NDVI, banda 1 e (RGB) banda 2, banda Razão de Bandas, banda 1, mostraram que esta última composição colorida destacou mais a biomassa, razão pela qual foi adotada para a classificação dos biomas. As diferenças observadas podem ser devidas às características espectrais dos insumos utilizados em cada caso: bandas SPOT XS3 (infravermelho próximo) e XS1 (verde) no procedimento de CRISP (2007) e, neste trabalho, bandas 2 (infravermelho próximo) e 1 (vermelho), por causa das cenas WFI não possuírem banda na faixa do verde. Considera-se conveniente a realização de mais testes para elucidar esta questão.

2.2.4 Segmentação e Classificação

No início desta etapa foram realizados testes para escolher a técnica de classificação digital mais adequada para diferenciar as classes de interesse em imagens com as características espaciais e espectrais das cenas WFI-CBERS-2. Com essa finalidade, foram realizadas classificações supervisionadas no software ENVI 4.3, utilizando o classificador Maxver e, a seguir, com as mesmas amostras representativas de cada classe, realizou-se a classificação orientada a objeto das mesmas cenas no software *eCognition*, utilizando o classificador Vizinho mais Próximo. Por último, foi realizada a avaliação de todas as cenas classificadas por ambos os métodos mencionados.

A comparação dos resultados mostrou que o classificador supervisionado encontrou maiores dificuldades para diferenciar as classes por utilizar apenas as características espectrais dos pixels, não levando em consideração outras informações em que se baseia a classificação orientada a objetos. Como consequência, decidiu-se aplicar esta última técnica, no software *eCognition*, definindo os seguintes temas de interesse: “tipologia vegetacional característica” (de cada bioma); “ecótonos”; “áreas alteradas”; “outras tipologias vegetacionais”.

Como passo prévio à classificação, foi realizada a segmentação multiresolução das composições coloridas WFI-CBERS-2 (RGB) banda 2, banda Razão de Bandas, banda 1. Definiram-se dos níveis de segmentação; no Nível 1, que destacou as diferenças entre tipologias vegetacionais, os parâmetros tiveram os seguintes valores, em todas as cenas: escala: 35; cor: 0.7; forma: 0.3; compacidade: 0.1; suavidade: 0.9; o Nível 2 diferenciou a vegetação de outros alvos, como hidrografia e áreas com alteração antrópica. Em decorrência de diferenças nas características da vegetação dos diferentes biomas, neste nível os pesos dos parâmetros não foram mantidos constantes para todas as imagens; assim, nas cenas 160/116 e 163/124 foram definidos os seguintes valores: escala: 110; cor: 0.9; forma: 0.1; compacidade: 0.7; suavidade: 0.3, enquanto para as cenas 165/108; 155/124; 161/132 e 151/108, os pesos correspondentes foram: escala: 110; cor: 0.7; forma: 0.3; compacidade: 0.5; suavidade: 0.5.

A partir da construção de uma rede hierárquica com os diferentes níveis selecionados na segmentação, foi realizada a classificação orientada a objeto dos temas de interesse utilizando o classificador Vizinheiro Mais Próximo que, como todos os baseados na lógica *Fuzzy*, utiliza descritores de classes com informações de forma, textura, contexto e valor espectral.

Por último, foi avaliada a acurácia das classificações realizadas. O número de amostras necessárias para cada cena foi calculado pelo procedimento proposto por Congalton e Green (1999), com os seguintes valores para as diferentes variáveis: GL (graus de liberdade) = 1; NC (nível de confiança) = 85%; b (precisão desejada) = 0,5%; já Π_i (proporção de área da classe predominante) foi diferente para cada cena, ao igual que k (número de classes). As amostras, cujo número variou, para as diferentes cenas, entre um mínimo de 405 e um máximo de 541, foram sorteadas com a funcionalidade *Create Random Selection* do aplicativo *Hawth's Analysis Tools for ArcGIS*, versão 3,27; após compará-las com os dados de “verdade” representados pela base de vegetação da PROBIO/MMA (2007), foram construídas as matrizes de erros para cada cena e calcularam-se a acurácia global (GL) e o índice *Kappa* (K) correspondentes, que evidenciam a exatidão das classificações.

3. Resultados

A seguir, são mostradas as cenas classificadas, comentando as principais características encontradas em cada uma delas e apresentando os resultados da avaliação da qualidade das classificações. Além das classes de interesse antes mencionadas (“tipologia vegetacional característica” do bioma; “ecótonos”; “áreas alteradas”; “outras tipologias vegetacionais”), para realizar a classificação das cenas foi necessário definir as classes “sombras” e “nuvens” e, quando pertinente, a classe “Oceano Atlântico”. Nas cenas classificadas são representados, também, os limites entre biomas.

3.1 Cena WFI 165/108 – Biomas Amazônia x Cerrado

Na Figura 1 nota-se o avanço da ação antrópica sobre a Amazônia, além da existência, neste bioma, de áreas com vegetação característica do Cerrado. As “outras tipologias vegetacionais” do bioma Amazônia se distribuem, principalmente, no limite da classe “áreas alteradas”.

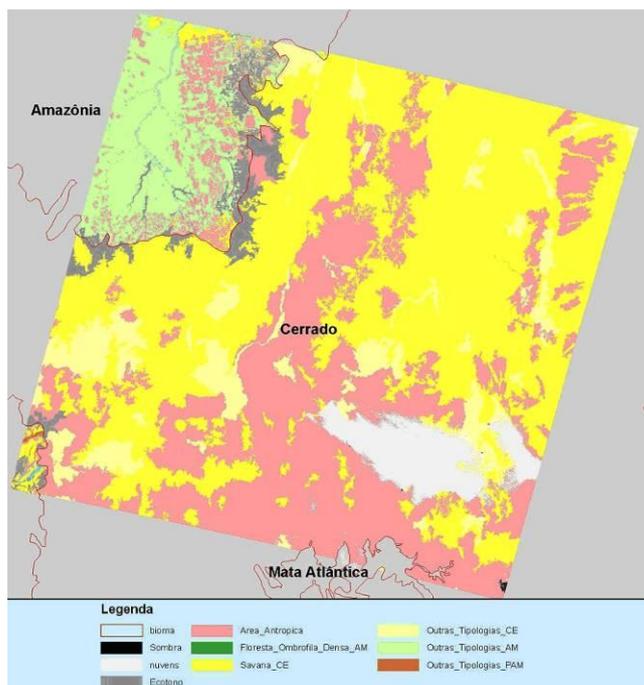


Figura 1 – Classificação da cena WFI_20040624_165_108

3.2 Cena WFI 155/124 – Biomas Mata-Atlântica x Cerrado

Há grande proporção de áreas alteradas em ambos os biomas; a “tipologia característica” da Mata-Atlântica se apresenta no litoral do bioma, com as “outras tipologias vegetacionais” no interior; no norte da cena, a savana do Cerrado revela um avanço da “área antrópica” (Figura 2).

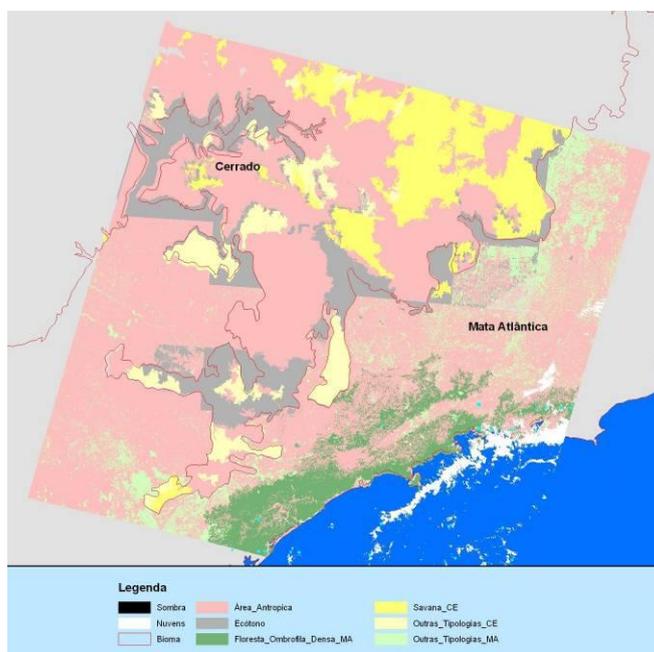


Figura 2 – Classificação da cena WFI_20040724_155_124

3.3 Cena WFI 151/108 – Biomas Caatinga x Mata-Atlântica x Cerrado

A “tipologia característica” da Caatinga (savana estépica) ocupa grande área, ultrapassando o limite do seu bioma e avançando sobre a Mata-Atlântica, que mostra grande

redução da sua “tipologia vegetacional característica”, originalmente distribuída pelo litoral até o nordeste do país; os “ecótonos” têm sua maior área numa inserção da Caatinga ao leste do Cerrado (Figura 3).

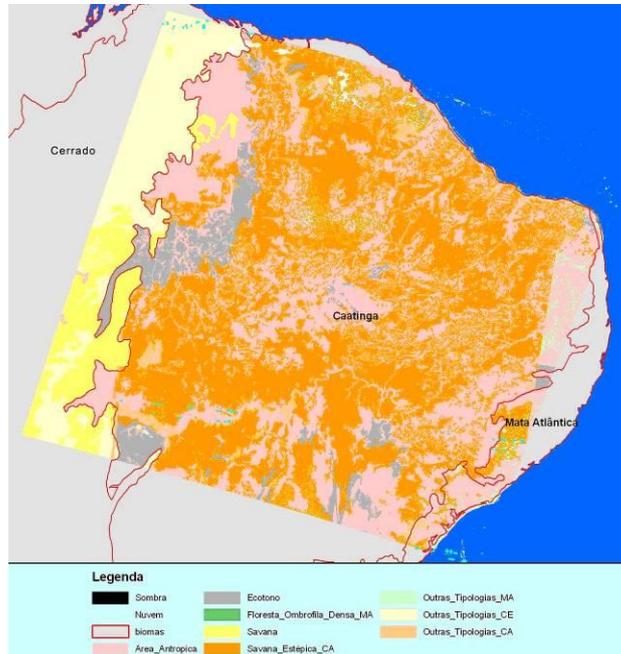


Figura 3 – Classificação da cena WFI_20040706_151_108

3.4 Cena WFI 160/116 – Biomas Cerrado x Amazônia x Pantanal

A grande “área antrópica” no meio do Cerrado revela a expansão da fronteira agrícola em direção à Amazônia; o “ecótono” entre esses biomas se distribui ao longo do seu limite. A cena abrange pequena área do Pantanal, revelando “tipologia característica” do Cerrado (savana) na região de contato entre ambos (Figura 4).

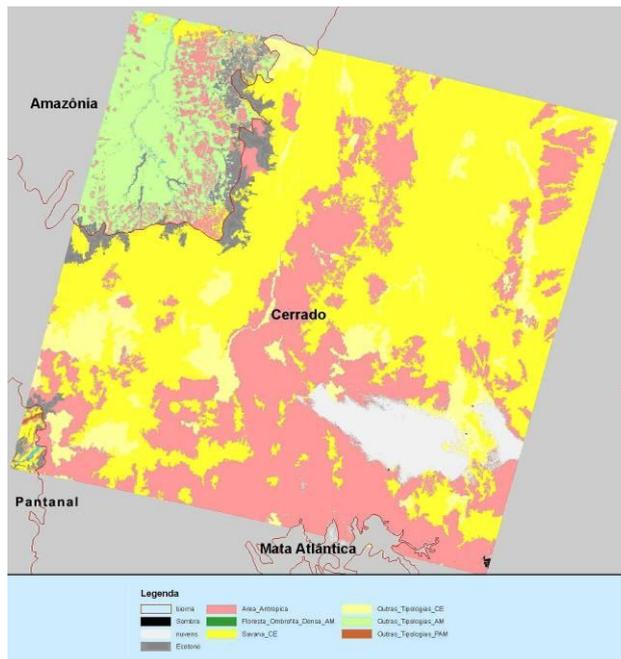


Figura 4 – Classificação da cena WFI_20040613_160_116

3.5 Cena WFI 163/124 – Biomas Pantanal x Cerrado x Mata-Atlântica

Na Figura 5, evidencia-se a fragmentação da vegetação no Cerrado e na Mata-Atlântica, ao contrário do bioma Pantanal, que tem uma grande área concentrada da sua “tipologia vegetal característica”.

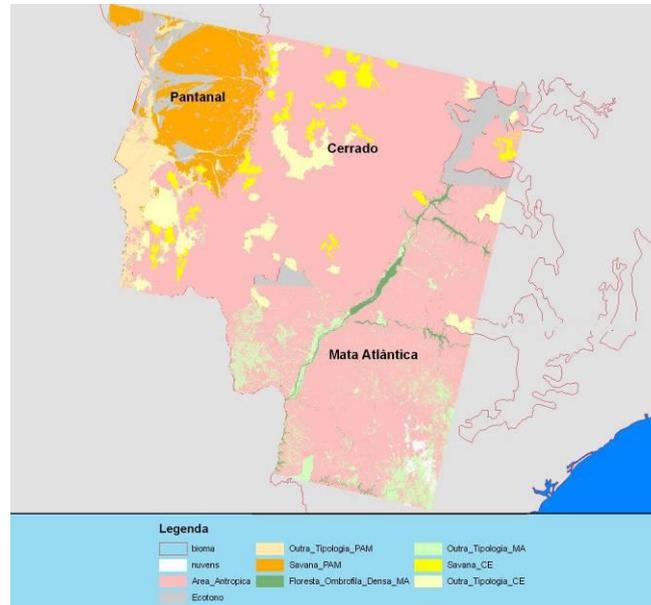


Figura 5 – Classificação da cena WFI_20040630_163_124

3.6 Cena WFI 161/132 – Biomas Mata-Atlântica x Pampa

A classe de maior área foi a de “outras tipologias vegetacionais” da Mata-Atlântica (28% do total). A maior parte do “ecótono” entre os biomas se encontra no setor correspondente ao Pampa, enquanto a Mata-Atlântica apresenta maior quantidade de “áreas alteradas” (Figura 6).

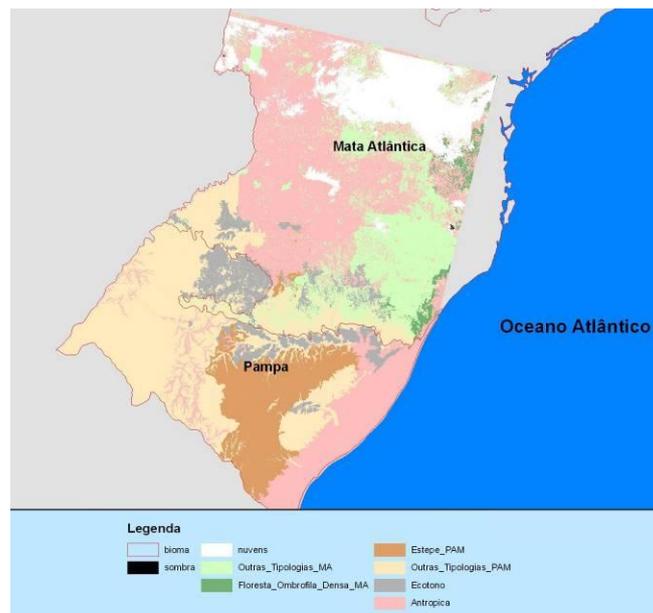


Figura 6 – Classificação da cena WFI_20040807_161-132

3.6 Avaliação da acurácia das classificações

Para controlar a qualidade do trabalho, para cada cena classificada foram calculados os seguintes índices de qualidade: a) Acurácia Global, que variou entre um mínimo de 0,87 e um máximo de 0,90; b) Índice *Kappa* cujos valores foram de 0,85 a 0,88. Conforme a escala de Landis e Koch (1977) *apud* Congalton e Green (1999) esses valores mostram uma concordância muito forte entre todas as cenas classificadas e os dados de “verdade”.

4. Conclusões

Apesar da classificação orientada a objetos ser uma técnica geralmente utilizada com imagens de alta resolução, mostrou-se muito eficiente para diferenciar as classes de interesse nas cenas WFI-CBERS-2, sem apresentar as confusões evidenciadas nos testes realizados com o classificador supervisionado.

Com base na exatidão evidenciada pelos valores de Acurácia Global e pelo Índice *Kappa* das 6 cenas classificadas, pode-se concluir que, através da metodologia desenvolvida, as cenas do sensor WFI-CBERS-2 mostraram-se adequadas para classificar biomas brasileiros, atingindo os objetivos desta pesquisa.

A alta resolução temporal dos dados de sensoriamento remoto permitiria que esta metodologia fosse utilizada para atualizar os mapas de biomas brasileiros com maior frequência que até o presente, pois a última atualização foi realizada em 2003, com base no Mapa de Vegetação do IBGE. A metodologia aqui aplicada pode apresentar a vantagem adicional de reduzir os custos da atualização, por permitir uma diminuição de levantamentos de campo; desse modo, a atualização do mapa de biomas seria independente do mapa de vegetação.

Destaca-se que através da metodologia utilizada neste trabalho e em resposta a recomendação do IBGE (2004b), conseguiu-se identificar mais classes que as abordadas nos mapeamentos dos biomas brasileiros realizados até o presente.

5. Referências Bibliográficas

- Arruda, Moacir. **Bueno. Ecossistemas Brasileiros**. Brasília: Edições IBAMA. 49 p, 2001.
- Congalton, R. G.; Green, K. **Assessing the Accuracy of Remote Sensed Data: Principle and Practices**. Lewis Publishers. New York, 123p, 1999.
- CRISP. Vegetation Indices. Disponível em: <http://www.crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/opt_int.htm#colour>. Acesso em: 13.nov.2007.
- FEEMA. **Vocabulário do Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: FEEMA, 1990.
- IBAMA. Caracterização dos Biomas, 2001a. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/ecossistemas.htm>>. Acesso em: 7.mai.2007.
- IBAMA. Mapa dos Biomas, 2001b. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/uc/biomas.htm>>. Acesso em: 27.jun.2006.
- IBGE. Mapa de Biomas do Brasil, 2004a. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/geop/reccat/biomas.html>>. Acesso em: 27.jun.2006.
- IBGE. **Nota Técnica – Mapa de Biomas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2004b.
- INPE. Descrição Técnica do Satélite CBERS-2. Disponível em: <<http://www.cbers.inpe.br/?content=descricao1e2e2b>>. Acesso em: 18.ago.2006.
- PROBRIO/MMA. 2007. Mapas de Cobertura Vegetal dos Biomas Brasileiros. Disponível em <<http://mapas.mma.gov.br/mapas/aplic/probio/datadownload.htm>>. Acesso em: 5.out.2007.