

Proposta de um sistema hierárquico de classificação de cobertura da terra baseado na análise de imagens de satélite

Milton da Costa Araújo Filho^{1,*}, Paulo Roberto Meneses¹, Edson Eyji Sano²

¹ Universidade de Brasília – UnB
Campus Universitário Darcy Ribeiro – Asa Norte CEP: 70910-900 Brasília, DF
E-mail: miltonfilho@caesb.df.gov.br; pmeneses@unb.br
* atualmente, funcionário da CAESB/DF

² Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa
BR-020 km 18 Caixa Postal 08223 CEP: 73301-970 Planaltina, DF
E-mail: sano@cpac.embrapa.br

Abstract. Land cover maps are essential to conduct programs of environmental monitoring, biodiversity conservation and land occupation. In Brazil, there are no specific rules to guide the development of such maps. Consequently, there is a tendency of each institution to create its own system to attend its specific needs. This study presents a new land cover classification system based on a single date, multispectral Landsat image and suitable for scales varying from 1:1,000,000 to 1:100,000. Visual image interpretation and field inspection allowed the identification of four spectral land cover classes at the 1:1,000,000 scale: water bodies, natural vegetation covers, planted vegetation covers, constructed surfaces and others. At the 1:500,000, 1:250,000 and 1:100,000 scales, these classes were split into 10, 19 and 22 subclasses, respectively. Results showed that the Landsat imagery is useful for land cover mapping proposals in the exploratory, surveying and semidetached levels.

Palavras-chave: cobertura da terra, sensoriamento remoto, Landsat, sistema de classificação.

1. Introdução

A obtenção de informações detalhadas sobre o espaço geográfico é imprescindível para as atividades de planejamento e tomada de decisões. Nesse aspecto, os mapas de cobertura da terra são indispensáveis para o planejamento regional ou local do terreno. Apesar da sua importância, não há, no Brasil, um referencial formal para o desenvolvimento de sistemas de classificação de cobertura da terra. Como consequência, cada instituição tende a desenvolver ou utilizar um sistema de classificação que melhor atende aos seus interesses, criando uma diversidade de categorias, classes e métodos de coleta e interpretação de dados que dificultam a compatibilização e a integração regional das informações espaciais da terra.

Esse trabalho visa contribuir com uma proposta para se formalizar um sistema de classificação do uso da terra a partir de parâmetros determinados por imageamento orbital de sensores remotos, e que não tenha a rigidez de impedir adaptações às necessidades dos usuários.

A oportunidade para a criação de sistemas de classificação mais compatíveis entre si surgiu com o advento do sensoriamento remoto orbital no início da década de 1970. Segundo Goward et al. (2001), as imagens TM e ETM+ do satélite Landsat constituem-se num dos produtos mais adequados para o desenvolvimento desse tipo de sistema, devido à sua resolução espacial de 30 metros, à resolução temporal de 16 dias, à cobertura sinóptica do terreno e à eficiência na identificação das principais feições de cobertura da superfície terrestre, por meio de diferentes bandas nas regiões espectrais do visível ao infravermelho de ondas curtas. No Brasil, o uso de imagens é favorecido pelo conhecimento razoável que os usuários possuem sobre sensoriamento remoto e pelas múltiplas aplicações que essas imagens têm tido em todo o território nacional. Adicionalmente, os sistemas sensores orbitais como o

do satélite Landsat cobrem todo o território nacional de forma contínua e repetitiva. O objetivo desse estudo é apresentar os principais resultados de uma proposta de sistema de classificação hierárquica de cobertura da terra baseada na análise de imagens multiespectrais do satélite Landsat ETM+, tendo o Distrito Federal (DF) como área de estudo.

2. O Distrito Federal

O DF possui uma extensão de 5.814 km² e constitui-se em uma região de nascentes, não apresentando, portanto, grandes rios em seu território, apesar de possuir três grandes reservatórios artificiais, o Paranoá, o Descoberto e o Santa Maria, os quais são utilizados principalmente para captação de água para consumo doméstico e industrial. Na fronteira leste do DF, há ainda algumas dezenas de pequenos reservatórios destinados à irrigação. A sua cobertura vegetal natural é típica do bioma Cerrado e as suas áreas naturais mais representativas encontram-se no Parque Nacional de Brasília, na Reserva Ecológica de Águas Emendadas, na Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília e na Reserva Ecológica do IBGE. Em termos de uso antrópico, destacam-se as zonas urbanas consolidadas, dezenas de condomínios e assentamentos urbanos irregulares em acelerada expansão, além de um imenso platô destinado à produção agropecuária, conhecido como PAD-DF (Plano de Assentamento Dirigido do Distrito Federal). A maior parte das culturas agrícolas é de sequeiro e são desenvolvidas durante o período chuvoso. Predominam as culturas de soja e milho, embora, ultimamente, alguns produtores estão investindo em algodão, devido ao seu elevado valor comercial, e em sorgo, utilizado como adubo verde. Durante a seca, entram em funcionamento os sistemas de irrigação por pivô-central e por aspersão. Sano et al. (2005) identificaram 104 pivôs-centrais no DF em 2002. As áreas reflorestadas com *Pinus* e *Eucalyptus* aparecem distribuídas de forma esparsa no DF. Em termos de pastagens, existiam cerca de 60.000 hectares de pastagens cultivadas e 30.000 hectares de pastagens nativas nessa unidade federativa do Brasil em 1995/96 (IBGE, 1997).

Quanto à vegetação natural, ocorrem as formações florestais, savânicas e campestres do Cerrado. Nas formações florestais, estão inclusos quatro tipos fisionômicos (Ribeiro e Walter, 1998): Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão. A Mata Ciliar e a Mata de Galeria são fisionomias dispostas ao longo dos cursos d'água e cabeceiras de nascentes. O Cerradão ocorre principalmente nos interflúvios e a Mata Seca é uma formação típica dos afloramentos rochosos de calcário. As formações savânicas englobam quatro tipos fisionômicos principais: Cerrado sentido restrito, subdividido em Cerrado Denso, Cerrado Típico, Cerrado Ralo e Cerrado Rupestre; Parque de Cerrado; Palmeiral e Vereda. O Cerrado sentido restrito caracteriza-se por apresentar, sobre um estrato herbáceo contínuo, árvores e arbustos tortuosos, com ramificações irregulares e retorcidas. As formações campestres são compostas por três tipos fitofisionômicos principais: o Campo Limpo, o Campo Sujo e o Campo Rupestre. O Campo Limpo corresponde à fitofisionomia herbácea, com ausência de arbustos e árvores, enquanto o Campo Sujo possui estrato herbáceo-arbustivo. O Campo Rupestre é um tipo fisionômico predominantemente herbáceo-arbustivo que ocorre em relevos íngremes, ao longo de afloramentos rochosos.

A distribuição espacial da população e de áreas residenciais no DF é diferente da maioria das outras cidades brasileiras. No DF, as áreas mais densas, ao invés de estarem localizadas no centro das cidades, são encontradas nos “novos assentamentos”, construídos nos últimos dez anos e ocupados pela população de renda mais baixa. As áreas de baixa densidade residencial estão relacionadas com os assentamentos mais antigos e os seus habitantes possuem poder aquisitivo relativamente elevado.

3. Método

Abordagem hierárquica

Nessa pesquisa, foi adotada uma abordagem da classificação *hierárquica* de cobertura da terra, com quatro níveis de detalhamento. Um sistema de classificação em vários níveis possibilita a manipulação e a organização de dados em níveis mais generalizados ou a junção de dados em classes já existentes. Em outras palavras, o usuário não precisa ficar limitado às categorias que foram propostas.

O processo inicial da construção do sistema envolveu a interpretação da imagem na escala de 1:100.000. Esse é o nível hierárquico mais superior de definição das classes de cobertura da terra para imagens com resoluções similares às do sensor ETM+, o que correspondeu ao nível 4 desse estudo. O exercício seguinte foi agrupar tais classes nos níveis inferiores subsequentes 3, 2 e 1, correspondentes, respectivamente, às escalas de 1:250.000, 1:500.000 e 1:1.000.000. Para cada nível, criou-se uma nova terminologia para qualificar as denominações das classes.

Abordagem baseada na fonte

O sistema proposto foi ainda orientado *na fonte*, ou seja, o elemento principal de trabalho foi uma imagem de sensoriamento remoto. Desta forma, as categorias foram definidas usando o revestimento da terra como o principal indicador, em adição às habituais referências do intérprete ao padrão, à localização geográfica e a outras características mostradas nas imagens. Esse tipo de enfoque exclui a possibilidade da informação gerada identificar, por exemplo, o manejo das unidades mapeadas, tais como fazendas de criação ou reservatórios de água para lazer. Foi selecionado um conjunto de três bandas espectrais do sensor ETM+ que produzissem uma composição colorida com alto contraste espectral entre as classes de cobertura da terra (Tabela 1). A associação das três cores primárias, vermelho (R - *Red*), verde (G - *Green*) e azul (B - *Blue*), às três bandas espectrais foi definida atribuindo-se, sucessivamente, a cor de maior percepção visual do olho humano à banda de maior variância espectral.

Tabela 1. Seleção de bandas espectrais do satélite Landsat ETM+ para a elaboração de mapa de uso e cobertura da terra do Distrito Federal.

| Banda | Comprimento de onda (nm) | Aplicações |
|---|--|---|
| 3 (cor primária associada: azul) | 525 – 605 (região espectral do vermelho) | Diferença de cobertura vegetal verde e seca, identificação de estradas, solos expostos, áreas urbanas |
| 4 (cor primária associada: vermelha) | 750 – 960 (região espectral do infravermelho próximo) | Densidade de biomassa; realce do relevo, da rede de drenagem, e de corpos d'água |
| 5 (cor primária associada: verde) | 1550 – 1750 (região espectral do infravermelho de ondas curtas) | Banda de maior variância espectral (melhor contraste) |

A identificação nas imagens das classes de cobertura da terra foi fundamentada em critérios de interpretação espectral, que são baseados no comportamento de reflectância dos alvos (Meneses e Madeira Netto, 2001). O conhecimento do comportamento espectral de alvos é fundamental para o usuário identificar, nas composições coloridas, não somente as classes de alvos puros, mas também os alvos que apresentam misturas de reflectância de dois ou mais objetos. Exemplos de alvos com mistura espectral são áreas de Cerrado Típico ou de Campo Limpo, onde os solos contribuem significativamente para a formação do padrão de reflectância dessas classes. A análise dos elementos texturais e estruturais que caracterizam a forma dos objetos também foi utilizada como um critério interpretativo auxiliar. Trabalhos de campo foram realizados em áreas que ou apresentaram dúvidas de interpretação ou agregaram múltiplos tipos de cobertura ou uso.

A base para a identificação e discriminação das classes de uso e cobertura da terra em imagens multiespectrais é o padrão da reflectância espectral dos materiais. Há dois tipos de interação da radiação eletromagnética com os diferentes alvos: macroscópica, cujas características mais relevantes são as estruturas de dossel da vegetação e a geometria de imageamento entre a fonte, o alvo e o sensor, a qual é dependente da data de tomada das imagens; e microscópica, que depende dos tipos de átomos e moléculas que compõem os materiais. As interações microscópicas é as que mais determinam o padrão de reflectância dos materiais. Esse tipo de interação segue os princípios das trocas de energia discreta contida nas ondas eletromagnéticas com a energia quântica contida nos átomos e nas moléculas. Ela ocorre para os comprimentos de onda de alta energia, compreendidos entre 400 a 2.500 nm. Os sensores imageadores multiespectrais medem o resultado dessa interação, o que corresponde à intensidade da energia eletromagnética refletida nos diferentes comprimentos de onda e convertida na forma de imagem.

O usuário deve selecionar o conjunto de bandas que possui o melhor potencial para discriminar o maior número de classes de uso e cobertura da terra. O principal critério para se fazer essa seleção é identificar as bandas onde ocorrem os níveis mais altos de contraste de reflectância entre os materiais. Conforme mostra a Figura 1, os comprimentos de onda correspondentes ao final do visível, ao infravermelho próximo e ao início do infravermelho de ondas curtas, equivalentes, respectivamente às bandas 3, 4 e 5 do sensor ETM+, são as mais apropriadas para os tipos de classes de materiais que geralmente compõem os mapas de uso e cobertura da terra. O intervalo de comprimento de onda que vai de 630 nm a 690 nm, equivalente à banda 3 do ETM+, é sensível aos pigmentos encontrados nos cloroplastos das folhas. A luz vermelha (645 nm) é absorvida seletivamente pela clorofila e é convertida em calor e em energia que é estocada na forma de componentes orgânicos através da fotossíntese (Ponzoni, 2001). A intensa absorção da radiação pelas folhas da vegetação sadia nesse comprimento de onda cria um alto contraste entre áreas com cobertura vegetal e áreas desprovidas de vegetação. Portanto, a banda 3 é favorável para discriminar áreas de solos expostos, áreas preparadas para cultivo ou parceladas para múltiplos usos (assentamentos residenciais, chácaras ou propriedades rurais menores), áreas desflorestadas, áreas impactadas por desmatamentos, áreas urbanas e estradas de terra. Essa banda também é apropriada para diferenciar vegetação sadia de vegetação em senescência ou morta. A vegetação em senescência apresenta uma capacidade reduzida de realizar fotossíntese, deixando de absorver radiação eletromagnética nessa região do vermelho.

Na região do infravermelho próximo (760 a 900 nm; banda 4 do sensor ETM+), a vegetação sadia exibe um alto nível de reflectância ($\pm 50\%$), resultado da interação da energia eletromagnética com a estrutura do mesófilo. A seleção dessa banda é importante porque realça as formas dos alvos devido às propriedades texturais. Em áreas com cobertura vegetal, as variações do relevo, do sombreamento e da reflectância da cobertura vegetal determinam a

textura da área. O princípio é o mesmo do olho humano para a percepção visual tridimensional dos objetos. O olho humano, no processo de formação neural da imagem observada, obtém a visão em 3-D dos objetos se houver contraste de iluminação entre as faces opostas, tal como acontece no esquema da Figura 2. Nessas condições, a topografia do relevo passa a ser representada pela rugosidade criada pela copas das árvores. Variações texturais das formas de superfícies também são utilizadas para, por exemplo, diferenciar áreas de reflorestamento de *Pinus* e *Eucalyptus*. Diferenças nas estruturas dos dosséis dessas duas espécies causam um maior sombreamento nos reflorestamentos de *Pinus* em relação às áreas de *Eucalyptus*, diminuindo o albedo, embora o padrão da curva de reflectância não seja alterado.

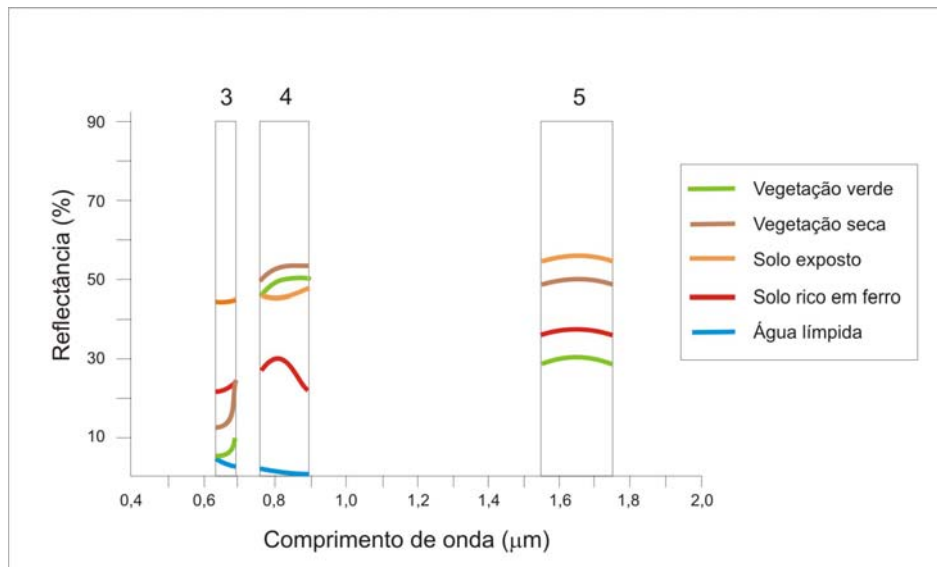


Fig. 1. Comportamento espectral de vegetação verde, vegetação seca, solo exposto, solo rico em óxido de ferro e água límpida, nas bandas 3, 4 e 5 do Landsat ETM+.

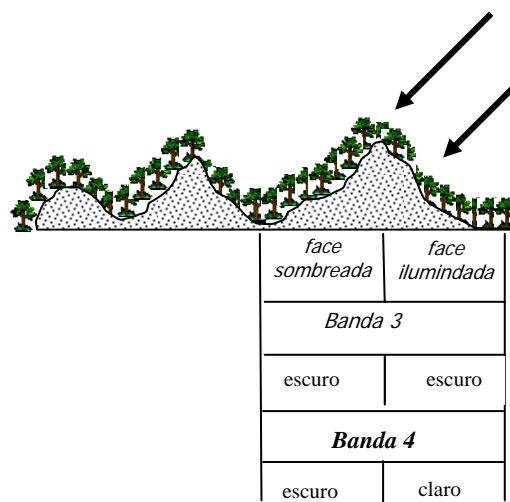


Fig. 2. Ilustração mostrando a formação de contraste de relevo na banda 4 em relação à banda 3 decorrente de diferenças na iluminação de faces opostas do terreno cobertas por vegetação.

A região espectral da banda 4 também é ideal para identificação e delimitação dos perímetros dos corpos de água. A água praticamente absorve toda a radiação eletromagnética no infravermelho próximo, independente das suas condições de turbidez ou de composição, contrastando-se fortemente com as maiores reflectâncias das áreas circunvizinhas de solo e vegetação. Esse mesmo nível de contraste é observado ainda nas áreas que sofreram queimadas. No intervalo espectral do infravermelho de ondas curtas (1.550 a 1.750 nm; banda 5 do sensor ETM+), o padrão de reflectância dos materiais é influenciado pela presença de duas bandas intensas de absorção da água contida nas estruturas dos materiais (solo, rocha, vegetação), centradas em 1.400 nm e 1.900 nm. Por causa das bandas de absorção da água, a reflectância da vegetação assemelha-se à reflectância da banda do vermelho. Porém, essa é a região espectral onde a maioria dos materiais exibem os melhores padrões de contraste de reflectância. Histogramas dos valores digitais dessa banda sempre mostram uma variância maior do que as outras bandas espectrais, portanto, um maior contraste. Nessa região espectral, ocorrem altos contrastes entre as diferentes classes de cobertura de solos, vegetação e água. Adicionalmente a esses padrões de comportamento de reflectância dos materiais em função de suas composições, constituições e texturas, os contrastes espectrais de alguns alvos podem ser realçados ainda pelas suas formas. Padrões geométricos regulares (bordas retilíneas ou circulares) são característicos de culturas agrícolas, pastagens cultivadas e áreas urbanas.

4. Sistema de Classificação

Na Tabela 2 é apresentado o sistema de classificação hierárquico em quatro níveis proposto por esse estudo. No Nível I - escala de 1: 1.000.000, foram identificadas as seguintes classes: Corpos d'Água, Cobertura Vegetal Natural, Cobertura Vegetal Plantada e Superfície Construída, além de uma quinta classe denominada de "Outros". Essa última classe foi incluída em todos os níveis para englobar os elementos que não se enquadram em nenhuma das categorias do sistema proposto, mas que podem ser importantes para alguns usuários específicos. Exemplos desses elementos são os objetos que possuem elevada dinâmica, como são os casos das queimadas e culturas irrigadas, ou os objetos que só podem ser reconhecidos em campo ou por outros meios. No Nível II - escala de 1:500.000, foram obtidas as seguintes separações: Corpo d'Água em Reservatório e Lago e Rios de primeira, segunda, terceira e quarta ordem; Cobertura Vegetal Natural em Formações Florestais do Cerrado e Formações Savânicas e Campestres do Cerrado; Cobertura Vegetal Plantada em Área Agropastoril, Área Irrigada por Pivô-central e Reflorestamento; e a Superfície Construída do Nível I em Área Urbana Mista, Rodovia e Pista de Pouso.

No Nível III - escala de 1:250.000, foram identificadas 19 classes. Não foi possível subdividir as classes Rio de primeira, segunda, terceira e quarta ordem, Pista de Pouso e Outros, pois essas classes continuaram exibindo as mesmas características do Nível II. As outras foram separadas em duas subclasses: Reservatório e Lago em uma composta só por Reservatório e a outra composta só por Lago; Formações Florestais do Cerrado em uma composta só por Mata de Galeria e/ou Mata Ciliar e a outra composta por Mata Indiferenciada; Formações Savânicas e Campestres do Cerrado em uma composta só por Formações Savânicas do Cerrado e a outra composta só por Formações Campestres do Cerrado; Área Agropastoril em Cultura Agrícola e Pastagem Cultivada; Área Irrigada por Pivô-central em Área Irrigada por Pivô-central com Cultura e Área Irrigada por Pivô-central sem Cultura; Reflorestamento em Reflorestamento de *Pinus* e Reflorestamento de *Eucalyptus*; Área Urbana Mista em Área Urbana Mista com Alta Densidade de Construção e Área Urbana Mista com Baixa Densidade de Construção; e Rodovia em Rodovia Principal e Rodovia Secundária.

No Nível IV - escala de 1:100.000, foram geradas 22 classes. Na definição das classes que compõem esse nível, é necessário lembrar que o mapeamento possui conotação regional, isto é, as classes devem ter representatividade para grandes extensões de área de mapeamento. Além disso, o tamanho mínimo de representação cartográfica dos objetos de cada classe tem de ser compatível com a escala de mapeamento. Neste nível, a classe Reservatório foi subdividida em Reservatório e

Tabela 2. Proposta do sistema de classificação de uso e cobertura da terra a partir da interpretação de imagens do satélite Landsat ETM+, tendo como área-teste, o Distrito Federal.

| 1:1.000.000 | 1:500.000 | 1:250.000 | 1:100.000 |
|-------------------------------|--|---|---|
| 1. Corpo d'Água | 1.1. Reservatório e Lago | 1.1.1. Reservatório 1.1.2. Lago | 1.1.1.1. Reservatório para Abastecimento Público 1.1.1.2. Reservatório para Estabilização de Esgotos 1.1.2.1. Lagoa 1.1.2.2. Lago |
| | 1.2. Rio de primeira, segunda, terceira e quarta ordem | 1.2.1. Rio de primeira, segunda, terceira e quarta ordem | 1.2.1.1. Rio de primeira, segunda, terceira, quarta e quinta ordem |
| 2. Cobertura Vegetal Natural | 2.1. Formações Florestais do Cerrado | 2.1.1. Mata de Galeria e/ou Mata Ciliar 2.1.2. Mata Indiferenciada | 2.1.1.0. Mata de Galeria e/ou Mata Ciliar 2.1.2.0. Mata Indiferenciada |
| | 2.2. Formações Savânicas e Campestres do Cerrado | 2.2.1. Formações Savânicas do Cerrado 2.2.2. Formações Campestres do Cerrado ^(a) | 2.2.1.0. Formações Savânicas do Cerrado 2.2.2.0. Formações Campestres do Cerrado |
| 3. Cobertura Vegetal Plantada | 3.1. Área Agropastoril | 3.1.1. Cultura | 3.1.1.0. Cultura |
| | | 3.1.2. Pastagem | 3.1.2.0. Pastagem |
| | 3.2. Área Irrigada por Pivô-central | 3.2.1. Área Irrigada por Pivô-central com Cultura 3.2.2. Área Irrigada por Pivô-central sem Cultura | 3.2.1.0. Área Irrigada por Pivô-central com Cultura 3.2.2.0. Área Irrigada por Pivô-central sem Cultura |
| | 3.3. Reflorestamento | 3.3.1. Reflorestamento de <i>Pinus</i> 3.3.2. Reflorestamento de <i>Eucalyptus</i> | 3.3.1.0. Reflorestamento de <i>Pinus</i> 3.3.2.0. Reflorestamento de <i>Eucalyptus</i> |
| 4. Superfície Constituída | 4.1. Área Urbana Mista | 4.1.1. Área Urbana Mista com Alta Densidade de Construção 4.1.2. Área Urbana Mista com Baixa Densidade de Construção | 4.1.1.0. Área Urbana Mista com Alta Densidade de Construção 4.1.2.0. Área Urbana Mista com Baixa Densidade de Construção |
| | 4.2. Rodovia | 4.2.1. Rodovia Principal 4.2.2. Rodovia Secundária 4.2.3. Pista de Pouso (Aeroporto) | 4.2.1.1. Rodovia Principal Pavimentada 4.2.1.2. Rodovia Principal não Pavimentada 4.2.2.0. Rodovia Secundária. 4.2.3.0. Pista de Pouso (Aeroporto) |
| 5. Outros | 5.0. Outros | 5.0.0. Outros | 5.0.0.0. Outros |

reservatório para Estabilização de Esgotos; o Lago, em Lagoa e Lago; a Rodovia Principal, em Rodovia Principal Pavimentada e Rodovia Principal não Pavimentada. A classe Rio de primeira, segunda, terceira e quarta ordem permaneceu sem subdivisão. Contudo, em função da hierarquia fluvial, essa classe passou a ser composta por Rio de primeira, segunda, terceira, quarta e quinta ordem. As classes Mata de Galeria e/ou Mata Ciliar, Mata Indiferenciada, Formações Savânicas do Cerrado, Formações Campestres do Cerrado, Cultura, Pastagem, Área Irrigada por Pivô-central com Cultura, Área Irrigada por Pivô-central sem Cultura, Reflorestamento de *Pinus*, Reflorestamento de *Eucalyptus*, Área Urbana Mista com Alta Densidade de Construção, Área Urbana Mista com Baixa Densidade de Construção, Rodovia Secundária, Pista de Pouso e Outros também permaneceram sem subdivisão.

Uma vez que o nível III agrega classes similares às do nível IV, ele deve ser considerado como o nível mais apropriado para mapeamentos de áreas estaduais ou com dimensões equivalentes, por exemplo, às regiões do país (Norte, Sul, Centro-Oeste, Sudeste e Nordeste) ou aos biomas brasileiros (Amazônia, Cerrado, Caatinga, Mata Atlântica, Pantanal e Campos Sulinos). O nível IV deve ser utilizado para mapeamentos municipais, intermunicipais e de microbacias hidrográficas.

4. Conclusões

Os parâmetros definidos pelas resoluções espaciais, espectrais, radiométricas e temporais do sensor ETM+ mostraram-se ideais como ferramenta para a proposta de construção de uma legenda de classificação hierárquica de cobertura da terra do DF, proposto nos níveis de escala exploratória, de reconhecimento e semi-regional. Estudos complementares de aferição do sistema de classificação utilizando imagens de outras épocas do ano precisam ainda ser desenvolvidos principalmente em áreas que contêm classes de cobertura de solos com elevada sazonalidade. A classificação proposta pode ser estendida para muitas outras regiões brasileiras, desde que as especificidades de cada área de estudo sejam levadas em consideração. O modelo de classificação hierárquico tem a vantagem de não ser rígido, adaptando-se às necessidades do usuário. A série histórica que o país já possui em termos de imagens do Landsat é outra razão para justificar a sua utilização. Como alternativa para o uso do Landsat, têm-se os dados adquiridos pelo satélite sino-brasileiro de recursos terrestres – CBERS CCD, o qual opera com parâmetros de imageamento, em parte, similares ao sensor ETM+.

Referências

- Goward, S. N.; Masek, J. G.; Williams, D. L.; Irons, J. R.; Thompson, R. J. The Landsat 7 mission: terrestrial research and applications for the 21st century. **Remote Sensing of Environment**, v. 78, p. 3-12. 2001.
- IBGE. **Censo Agropecuário 1995-1996**. Rio de Janeiro: IBGE, n. 25 (Goiás), 1997. 264 p.
- Meneses, P. R.; Madeira Netto, J. S. **Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais** (org.). Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, 2001, 262 p.
- Ponzoni, F. J. Comportamento espectral da vegetação. *In*: Meneses, P. R.; Madeira Netto, J. S. (org.). **Sensoriamento Remoto: reflectância dos alvos naturais**. Brasília: UnB; Planaltina: Embrapa Cerrados, Cap. 5, p. 157-195. 2001.
- Ribeiro, J. F.; Walter, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa Cerrados, Cap. 3, 1998. p. 89-152.
- Sano, E. E.; Lima, J. E. W.; Silva, E. M.; Oliveira, E. C. Estimativa da variação na demanda de água por pivô-central no Distrito Federal entre 1992 e 2002. **Revista Engenharia Agrícola**, v. 25, p. 508-515. 2005.