Classificação sazonal de fragmentos florestais com monodominância de aroeira no município de Tumiritinga, MG.

Felipe Pinho de Oliveira [1]
Elpídio Inácio Fernades Filho [1]

[1] Universidade Federal de Viçosa - UFV
Campus Universitário s/nº Departamento de Solos – 36570-000 - Viçosa - MG, Brasil
pinhofelipe@hotmail.com; elpidio@ufv.br

Abstract. *M. urundeuva* (Fr. All.) is a tree currently listed as endangered species of Brazilian Flora since 1992, nevertheless, it manifest monodominance in some regions of Minas Gerais state, especially in middle Rio Doce. The aim of this work is to evaluate the maximum likelihood (Maxlike) performances to classify forest fragments monodominated by *M. urundeuva* at Tumiritinga, Minas Gerais, using RapidEye images in different seasons. The accuracy assessment of thematic maps derived from image classification was made by Kappa and conditional Kappa coefficients and analysis of confusion matrix. Dry and rainy season images produced good performances getting Kappa index between 80 and 85 and conditional Kappa index between 82 and 94. The greatest errors of rainy season image classification for "aroeira monominant" class were related to the "native forest" and "managed pasture". The greatest errors of dry season image classification for "aroeira monominant" class were related to the "rock outcrop" class. The accuracy for "aroeira monodominant" classification can be improved if you have images by different seasons. However, if it's not possible, the dry season image provides the best data to classify forest fragments monodominated by *M. urundeuva*. The thematic map produced show that 20% of the town is under occupation of *M. urundeuva* in monodominance and this specie is not endangered in Tumiritinga, Minas Gerais.
Palavras-chave: supervised classification, *Myracrodruon urundeuva*, Rapideye image, deciduous trees, classificação supervisionada, *Myracrodruon urundeuva*, espécie florestal decídua, imagem Rapideye.

1. Introdução

A espécie florestal aroeira, (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) pertence à família Anacardiaceae e é também conhecida por aroeira-do-sertão, aroeira-do-campo, aroeira-preta, dentre outros. É uma árvore decídua, heliófita, característica de terrenos secos e rochosos, que floresce durante os meses de julho a setembro, geralmente com a copa totalmente sem folhas (LORENZI, 2002).

A aroeira tem sua ocorrência registrada em diferentes fitofisionomias como Floresta Estacional Semidecidual, Floresta Estacional Decidual, Formações Submontana, Terras Baixas, Cerradão e também no bioma Pantanal (CARVALHO, 2003). No entanto, paralelo a sua amplitude de abrangência em diferentes regiões do Brasil, ela figura desde 1992 até o presente como espécie ameaçada de extinção (MMA, 2008).

Embora geralmente citada na literatura como espécie clímax ou secundária tardia ameaçada (LORENZI, 2002; CARVALHO, 2003), estudos recentes relatam o comportamento da espécie como pioneira ou secundária inicial, formando povoamentos puros, homogêneos ou monodominantes (VIEIRA, 2008; OLIVEIRA, 2011) que não raro ocupam toda a toposequencia de determinados sítios (VALENTE, 2005).

Analisando a contradição no enquadramento jurídico da espécie, Murta et al. (2010) sugerem que a falta de conhecimento sobre esses fragmentos acarreta insegurança aos operadores do direito no que tange a autorização de intervenção nesses ambientes, seja visando a recuperação de áreas degradadas ou o manejo sustentável desses fragmentos.

Frente à necessidade de obtenção e processamento de informações atualizadas e detalhadas a respeito da distribuição espacial dos "aroeirais", a utilização de técnicas de classificação supervisionada de imagens, aliadas aos produtos do Sensoriamento Remoto, podem contribuir ao estudo de áreas monodominadas por aroeira, permitindo identificar, mensurar e monitorar esses povoamentos.

Dentre os métodos de classificação supervisionada de imagens, o algoritmo da maximaverossimilhança (Maxver) figura entre uma das metodologias mais aplicadas a estudos de caracterização, mensuração e monitoramento de áreas florestais (AMARAL et al., 2009). Novo (1992) chama a atenção para as mudanças sazonais e fenológicas que ocorrem na vegetação ao longo tempo. Segundo o autor, estas mudanças, somadas ao comportamento espectral de povoamentos florestais, facilitam o processo de classificação automática dos mesmos.

Oliveira (2011), elaborou por meio da classificação supervisionada de imagem Rapideye, imageada em período de chuva, um mapa de uso do solo do município de Tumiritinga. Em seu trabalho, o autor indica que 20% do município estavam ocupados por fragmentos monodominados por aroeira. Os maiores erros de classificação relatados pelo autor foram atribuídos às omissões e comissões entre as classes temáticas "Aroeira Monodominante" e "Mata Nativa".

Embora fragmentos de mata nativa se assemelhem espectralmente com fragmentos monodominados por aroeira, contribuindo assim para a ocorrência de erros em procedimentos de classificação de imagens multiespectrais, tais feições são completamente distintas nos aspectos ecológicos (OLIVEIRA, 2011), sendo necessário o desenvolvimento de metodologia capaz de distingui-los na paisagem.

O uso do solo e os estágios fitofisionômicos dos aroeirais sofrem profundas transformações sazonais e, portanto, apresentam características espectrais diferenciadas ao longo do ano. Já as Florestas Estacionais Semideciduais, características da região do vale do Rio Doce, permanecem com pelo menos 50% das espécies com folhas durante todo o ano.

Neste contexto, o presente estudo tem por objetivo, avaliar por meio da classificação supervisionada de imagens Rapideye, utilizando o algoritmo Maxver, qual o melhor período para aquisição de imagens visando o mapeamento de povoamentos florestais monodominados por aroeira, levando em consideração o estágio fenológico dos mesmos.

2. Metodologia de Trabalho

2.1 Caracterização regional do local de estudo.

O presente estudo foi desenvolvido no município de Tumiritinga, MG (Figura 1). O município ocupa uma área de 500 km² e pertence à mesorregião do Vale do Rio Doce, microrregião de Governador Valadares (IBGE, 2010). A região está inserida no domínio dos Argissolos Vermelho Eutrófico, distribuídos desde o terço inferior até o topo dos morros. Entretanto, ocorrem Neossolos Flúvicos Eutrófico nas baixadas e em alguns topos planos é comum a ocorrência de Latossolos (BARUQUI, 1982).

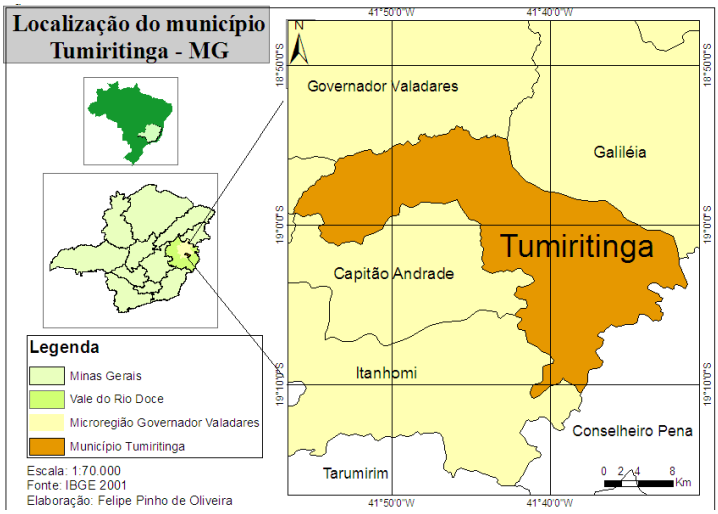

Figura 1. Localização do município de estudo. Tumiritinga, MG.

As unidades geomorfológicas presentes são caracterizadas por dissecação fluvial atuante em rochas granito-gnaissicas do embasamento cristalino (BARUQUI, 1982). Pela classificação de Köppen, o clima predominante na região é o Aw (tropical úmido-mega térmico), caracterizado por elevadas temperaturas e chuvas concentradas no verão, sendo a precipitação do mês mais seco inferior a 60 mm. O balanço hídrico da região mostra acentuado déficit hídrico (VALENTE, 2005).

A vegetação original se insere na região fitoecológica da Floresta Estacional Semidecidual (VELOSO et al., 1991), inclusa no Bioma Floresta Atlântica. A figura 2a destaca um fragmento monodominado em fase caducifólia em contraste com um fragmento de Floresta Estacional Semidecidual e pastagem. A figura 2b apresenta um fragmento monodominado em fase foliar, destacando o solo exposto abaixo do dossel.

a

b

Figura 2. Ilustração das características espectrais dos "aroeirais" em períodos distintos

2.2 Base de dados

Os mapas temáticos foram elaborados a partir da classificação supervisionada de duas imagens Rapideye obtidas em períodos distintos do ano. As imagens apresentam resolução espacial de cinco metros, possuem cinco bandas espectrais, sendo 3 bandas na região do visível (440 - 685 µm); a banda Red-Edge (690 - 730 µm) e uma banda no infravermelho próximo (760 - 850 µm) (Schuster et al., 2010).

A primeira imagem (REU) foi obtida em 13/02/2010 em período posterior às chuvas na região, garantindo a ausência de nuvens e o vigor da vegetação. A segunda imagem (RES) foi obtida em 14/08/2010 no período do inverno onde já é notado déficit hídrico na região. Ambas as imagens recobrem 100% do município de Tumiritinga, MG. As imagens foram projetadas no sistema UTM, *datum* WGS 84, fuso 24 sul.

As correções geométricas foram efetuadas em duas etapas. Inicialmente a imagem REU foi corrigida utilizando pontos de controle terrestre (PCT's), coletados em campo com auxílio de equipamento GPS. A análise estatística de erro médio quadrático (RMS) foi utilizada para a visualização da exatidão de cada PCT. Os pontos de menor exatidão, que apresentaram os maiores valores de RMS, foram retirados até alcançar o erro máximo de 2,5m, correspondente à metade da resolução espacial da imagem. Em seguida, a imagem RES foi corrigida utilizando a ferramenta *Auto registration*, executada no software ArcGis 10.1. A função permitiu georreferenciar a imagem RES a partir da imagem REU, garantindo ótima sobreposição geográfica das mesmas pela avaliação do RMS.

2.3 Seleção de amostras de treinamento e classificação das imagens

Para a definição das classes de uso e cobertura do solo levou-se em consideração as características espectrais dos alvos de interesse e a observação em campo das formas de uso do solo predominantes em Tumiritinga, MG. O território municipal foi amplamente

percorrido, tendo suas feições de uso registradas por fotografias e PCT's coletados com aparelho GPS. Assim, foram definidas oito classes de uso para ambas as imagens: rio Doce (RD), aroeira monodominante (AM), mata nativa (MN), área urbana/solo exposto arenoso (SE), solo exposto argiloso (SA), afloramento de rocha (AR), pasto manejado (PM) e pasto degradado (PD).

Uma vez definidas as classes de uso de solo a serem mapeadas, procedeu-se à seleção e coleta de amostras de treinamento, que de acordo com McCoy (2005) e Tso e Mather (2009), constitui o passo chave da classificação supervisionada. Para a definição do tamanho das amostras de treinamento foi utilizada a recomendação de Congalton (1999), extraindo-se no mínimo 75 amostras de treinamento por classe de uso do solo. Para as classes AM, MN, PM e PD foram coletadas em média 150 amostras de treinamento por classe, visto que as mesmas apresentam maior variabilidade espectral (McCoy, 2005).

Foram gerados dois arquivo de treinamento, sendo um relativo a imagem REU e outro para a imagem RES. A seleção das amostras de treinamento foi orientada a partir de PCT's coletados em campo, ao longo de todo o município, com aparelho GPS de navegação e a partir da interpretação visual de imagens Geoeye, com resolução espacial de 0,5 metros, possibilitando a seleção e coleta das amostras de forma fidedigna à realidade de campo e bem distribuída nas imagens.

Após a seleção das amostras de treinamento foram gerados dois arquivos de assinatura espectral, relativos às imagens RES e REU, utilizando todas as bandas multiespectrais das imagens. Os arquivos de assinatura espectral foram utilizados como base de dados de entrada para a classificação supervisionada. Empregou-se o algoritmo da maximaverossimilhança para computar a probabilidade estatística de um *pixel* desconhecido pertencer a uma determinada classe. Todas as etapas descritas anteriormente foram executadas utilizando o software ArcGis 10.1.

2.4 Pós classificação e avaliação das imagens temáticas

As imagens temáticas produzidas foram reclassificadas utilizando a ferramenta *Majority Filter* do software ArcGis 10.1. Esta ferramenta de pós classificação aplica uma filtragem a pixels isolados na imagem, reclassificando cada célula de acordo com o valor das células vizinhas. Como critério de filtragem foi estabelecido que a maior parte das 4 células vizinhas a um pixel deverá pertencer a um dado rótulo antes da transformação ocorrer.

A verificação dos erros provenientes do processo de classificação e a avaliação da exatidão dos dados obtidos pelo mapeamento temático foram realizadas utilizando coeficientes extraídos de matrizes de confusão. As matrizes de confusão foram obtidas do cruzamento de dados dos mapas temáticos gerados, com 244 pontos de validação coletados em campo com uso de GPS, recorrendo às imagens Geoeye para conferência e triagem.

Para realizar a coleta dos pontos de validação, dado as dimensões geográficas do município de Tumiritinga e a consequente dificuldade de acesso a determinadas regiões, realizou-se a digitalização de estradas vicinais do município a partir de interpretação visual da imagem Geoeye no software ArcGis 10.1. Com o arquivo vetorial das estradas municipais, criou-se um *buffer* de 200 metros ao longo das estradas, onde foram lançados de forma aleatória uma malha de 250 pontos. Os pontos foram transferidos para um aparelho GPS que orientou em campo o acesso ao ponto de validação e o registro da classe de uso do solo presente naquela localização.

A exatidão da classificação foi avaliada pelo índice Kappa. A avaliação de cada classe informacional, de forma particular, foi realizada calculando-se o índice Kappa condicional. A interpretação do nível de exatidão relacionada ao valor do índice Kappa foi feita de acordo com Landis e Kock (1977).

Para avaliar a significância estatística da diferença entre os valores de Kappa calculados, foi utilizado o teste z (Congalton, 1999) dado pela expressão 1:

$$z = \frac{K_2 - K_1}{\sqrt{s^2_{k_2} + s^2_{k_1}}} \quad (1)$$

em que: K_1 = índice Kappa da imagem 1; K_2 = índice Kappa da imagem 2; e s^2 = variância do índice Kappa.

O teste z para as os índices Kappa das classificações foi realizado a 90% e 95% de significância. Quando $z \geq 1,96$ (95%) ou 1,65 (90%), o teste é significativo, rejeita-se a hipótese de nulidade, podendo concluir que existe diferença estatística entre os valores calculados.

3. Resultados e Discussão

Os valores dos índices de Exatidão Global (IEG) calculados para a classificação das imagens RES e REU são apresentados na Tabela 1. A classificação supervisionada das imagens Rapideye alcançou valores de índice de exatidão global que variaram entre 0,83 e 0,88. O IEG demonstrou que a porcentagem de área corretamente classificada quando comparada aos dados de referência, não foi afetada pela época de imageamento do município de estudo.

A Tabela 1 apresenta os valores do índice Kappa calculados para a classificação das imagens RES e REU. O índice Kappa variou entre 80 e 85, sendo todos os resultados interpretados como "excelentes" pela literatura (Landis e Kock, 1977). Os coeficientes Kappa calculados não diferem entre si pelo teste z a 90 ou 95% de probabilidade, no entanto nota-se melhora nos resultados da classificação proporcionada pela filtragem pós classificatória dos mapas temáticos (REU_Fill e RES_Fill).

Tabela 1. Coeficientes do índice Kappa calculados para as classificações

Classificação	IEG	KAPPA	KAPPA AM	KAPPA MN
REU	0,83[a]	0,80[a]	0,90[a]	0,58[A]
RES	0,86[a]	0,83[a]	0,82[a]	1,00[B]
REU_fill	0,86[a]	0,83[a]	0,94[b]	0,58[A]
RES_fill	0,88[a]	0,85[a]	0,88[b]	1,00[B]

REU=Rapideye estação úmida; RES=Rapideye estação seca; Fill=imagens reclassificadas pelo filtro *majority;* IEG=índice de exatidão global; Kappa AM= índice kappa calculado para a classe Aroeira monodominante; Kappa MN= índice kappa calculado para a classe mata nativa. Coeficientes em linhas precedidos de letras minúsculas distintas diferem entre si pelo teste z a 90% de probabilidade. Coeficientes em linhas precedidos de letras maiúsculas distintas diferem entre si pelo teste z a 95% de probabilidade.

Considerando que o presente estudo teve por objetivo o mapeamento de áreas monodominadas pela aroeira no município de Tumiritinga, procedeu-se à análise do índice Kappa Condicional da classe AM (Kappa AM). O índice Kappa condicional para a classe MN (Kappa MN) foi também avaliado, dado as semelhanças espectrais intrínsecas entre as referidas classes em períodos vegetativos das mesmas.

Os coeficientes Kappa AM e MN são apresentados na Tabela 1. Utilizando a classificação proposta por Landis e Kock (1977), todos os coeficientes Kappa AM são considerados "excelentes" (Kappa > 80). Os coeficientes Kappa MN calculados a partir das classificações da imagem RES são considerados "excelentes" e os coeficientes Kappa MN calculados a partir das classificações da imagem REU são considerados "bons".

A filtragem pós classificatória dos mapas temáticos proporcionou melhora nos resultados da classificação das imagens seca e úmida. A classificação REU_fill apresentou coeficiente Kappa AM significativamente superior (z=1,92) ao coeficiente calculado por RES pelo teste z a 90% de probabilidade (Tabela 1). As classificações RES e RES_fill apresentaram

coeficiente Kappa MN significativamente superiores aos coeficientes calculados por REU e REU_fill pelo teste z a 95% de probabilidade (Tabela 1).

As Tabelas 2 e 3 apresentam respectivamente, as matrizes de confusão geradas a partir da tabulação cruzada entre os mapas temáticos produzidos pelas classificações REU_fill e RES_fill e os 244 pontos de validação coletados em campo com auxílio de GPS.

As Tabelas 2 e 3 apresentam também os erros do usuário ou erro de omissão (EO), que indica a probabilidade de uma categoria classificada não representar a mesma categoria no campo e o erro do produtor ou erro de comissão (EC), que refere-se a probabilidade de uma determinada categoria não ter sido classificada corretamente de acordo com os pontos de referência.

Tabela 2. Matriz de confusão gerada pela reclassificação da imagem Rapideye fase umida.

Classe	RD	AM	MN	SE/AR	AS	AR	PM	PD	Total	EO (%)
RD	**9**	0	0	0	0	0	0	0	9	0
AM	0	**67**	1	0	0	1	1	0	70	4
MN	0	4	**12**	0	0	0	4	0	20	67
SE/AR	0	0	0	**18**	0	0	0	0	18	0
SA	0	0	0	1	**4**	0	0	0	5	25
AR	0	0	0	0	0	**9**	0	0	9	0
PM	0	3	0	1	0	0	**51**	12	67	31
PD	0	0	0	5	0	0	0	**40**	45	12
Total	9	74	13	25	4	10	56	52	**244**	-
EC (%)	0	10	8	38	0	11	10	30	-	-

Onde: RD=rio Doce; AM= aroeira monodominante; MN= mata nativa; SE = área urbana/solo exposto arenoso; SA=solo exposto argiloso; AR=afloramento de rocha; PM=pasto manejado; PD=pasto degradado; EC= Erro de comissão; EO= Erro de omissão.

Os erros de comissão ocorrem quando se inclui pixels em uma classe quando ele pertence a outra classe e os erros de omissão ocorrem quando são atribuídos a determinada classe os erros de classificação de outras classes.

Os erros de omissão relativos à classe AM na classificação REU_fill (4%), foram observados nas classes MN (1), AR (1) e PM (1). Os erros de comissão relativos à classe AM (10%) tiveram ocorrência nas classes MN (4) e PM (3). Os erros de omissão relativos à classe AM na classificação RES_fill (9%), foram observados nas classes AR (5) e PD (1). Os erros de comissão relativos à classe AM (7%) tiveram ocorrência nas classes AR (3) e PD (2).

Tabela 3. Matriz de confusão gerada pela reclassificação da imagem Rapideye fase seca.

Classe	RD	AM	MN	SE/AR	AS	AR	PM	PD	Total	EO (%)
RD	**9**	0	0	0	0	0	0	0	9	0
AM	0	**65**	0	0	0	5	0	1	71	9
MN	0	0	**20**	0	0	0	0	0	20	0
SE/AR	0	0	0	**18**	0	0	0	0	18	0
AS	0	0	0	2	**2**	0	1	0	5	60
AR	0	3	0	0	0	**6**	0	0	9	33
PM	0	0	1	1	0	5	**59**	1	67	12
PD	0	2	0	1	0	6	1	**34**	44	32
Total	9	70	21	22	2	22	61	36	**244**	-
EC (%)	0	7	5	18	0	74	5	6	_-_	_-_

Onde: RD=rio Doce; AM= aroeira monodominante; MN= mata nativa; SE = área urbana/solo exposto arenoso; SA=solo exposto argiloso; AR=afloramento de rocha; PM=pasto manejado; PD=pasto degradado; EC= Erro de comissão; EO= Erro de omissão.

A tabela 4 apresenta as estimativas das área de abrangência das formas de uso e ocupação do solo mapeadas em Tumiritinga, MG em estação seca e úmida. Observa-se que para ambas

as classificações cerca 20% do município de Tumiritinga, aproximadamente 10.000 ha, se encontram sob ocupação da aroeira em monodominância.

Tabela 4. Área ocupada pelas classes de uso mapeadas no município de Tumiritinga, MG.

	REU_Fill		**RES_Fill**	
Classes de Uso	Área (ha)	Área (%)	Área (ha)	Área (%)
Rio Doce	817	1,7	589	1,2
Aroeira Monodominante	9146	18,7	9509	19,5
Mata Nativa	570	1,2	2351	4,8
Solo Exposto /área urbana	3200	6,5	5336	10,9
Solo Exposto argiloso	369	0,4	614	1,3
Afloramento de rocha	609	1,2	4438	9,1
Pastagem manejada	15901	32,5	7697	15,8
Pastagem degradada	18431	37,7	18509	37,9
TOTAL	**49043**	**100**	**49044**	**100**

Considerando que a escolha da melhor classificação supervisionada é fundamentada pela análise de desempenho dos coeficientes Kappa e Kappa condicional (Landis e Kock, 1977), seguida do teste estatístico z sobre os valores dos coeficientes e suas variâncias, a época úmida (REU) seria a mais indicada para a aquisição de imagens objetivando o mapeamento da aroeira em monodominância visto o desempenho da classificação REU_fill. No entanto, são necessárias algumas considerações antes de fazer tal afirmativa.

O valor da estatística z (1,68) calculado para REU_fill e RES_fill encontra-se no limite de não rejeição de Ho a 90% de probabilidade; as confusões entre AM e MN constituem as maiores fontes de erros para o mapeamento temático de REU_fill enquanto que para RES_fill as maiores fontes de erros são atribuídas às confusões entre AM e AR; grande parte das regiões classificadas ao mesmo tempo como MN em RES e AM em REU são de difícil acesso e coincidentemente recobertas por nuvens na imagem Geoeye, não existindo pontos de validação locados na referida região.

Outras considerações importantes para a definição da época de aquisição de imagens devem ser levantadas: ambos os resultados são considerados "excelentes" pela literatura; a distinção entre as classes AM/AR em campo ou por interprestação visual de imagens de alta resolução espacial é mais simples que a distinção entre as classes AM/MN; através de observações de campo nota-se que as classes AM e AR se encontram em alta associação dado o caráter ecológico da espécie, justificando assim muitos erros de comissão e omissão entre as classes; AM e MN são classes que apresentam características espectrais semelhantes em fase foliar e os resultados encontrados em REU podem ter sido favorecidos pela baixa ocorrência de fragmentos de mata nativa em Tumiritinga, MG.

Finalmente, devido as grandes transformações sazonais sofridas por AM, em especial aquelas detectadas pela região do infravermelho, e considerando que as transformações sazonais das florestas estacionais semideciduais típicas da região de estudo não implicam em grandes mudanças na reflectância de tais feições, recomenda-se quando possível a utilização de séries temporais de imagens para o mapeamento de AM, ou quando não, a aquisição de imagens em estação seca.

4. Conclusões

A classificação supervisionada de imagens Rapideye utilizando o algoritmo Maxver possibilitou o mapeamento acurado de fragmentos monodominados por aroeira bem como das demais formas de uso e ocupação do solo em Tumiritinga, MG, independente da época de aquisição das imagens.

Para trabalhos que se propõem mapear povoamentos monodominados por aroeira em regiões de florestas estacionais semideciduais, dado a expressiva semelhança espectral entre

as classes Mata Nativa e Aroeira Monodominante na estação úmida em contraste à expressiva diferença espectral entre as referidas classes na estação seca, recomenda-se utilizar cenas sazonais. Em caso de não disponibilidade do par de cenas, recomenda-se dar prioridade à imagens obtidas em períodos de seca.

A análise do uso e cobertura do solo em Tumiritinga não retrata, para a região de estudo, o quadro anunciado de espécie ameaçada de extinção, no qual *M.urundeuva* se encontra, onde os fragmentos monodominados pela espécie representam aproximadamente 20% da cobertura do solo do município estudado.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Edital 26-2010) e à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Edital Universal 2010) pela concessão dos recursos financeiros utilizados na realização deste trabalho.

Referências Bibliográficas

AMARAL, M.V.F.; SOUZA, A.L.; SOARES, V.P.; SOARES, C.P.B..; LEITE, H.G.; MARTINS, S.V. FRENANDES FILHO, E.I.; LANA, J.M. Avaliação e comparação de métodos de classificação de imagens de satélite para o mapeamento de estádios de sucessão florestal. **Revista Árvore**. v.33, n.3, p.575-582, 2009.

BARUQUI, F. M. **Inter-relações solo-pastagem nas regiões Mata e Rio Doce do estado de Minas Gerais.** 1982. 119p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies Arbóreas Brasileira.** Brasília: Embrapa Florestas, 2003.

CONGALTON, R.G.; Green, K. Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices. Boca Raton FL: CRC Press, 1999, p. 210

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico**. Brasil, 2010.

LANDIS, J.R.; KOCH, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics.** v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras – Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil.** Nova Odessa, SP: Editora Plantarum, p. 368. 2002.

MCCOY, R.M. Field methods in remote sensing. New York: The Guilford Press, 2005, p.177.

MMA- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, **Instrução Normativa nº 06 de 23 de setembro de 2008.** Traz a lista oficial de espécies da flora brasileira ameaçadas de extinção e com deficiência de dados, Brasília: Diário Oficial da União, 2008.

MURTA, R.O.; COELHO, F.M.G.; OLIVEIRA, F.P. **Impasses legais diante dos limites ambientais postos pela monodominância da aroeira na região do médio rio Doce/MG**. In: CONG.INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL, 14., 2010, São Paulo: **Anais.** São Paulo, 2010. p.153-162.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto princípios e aplicações.** São José dos Campos: Edgard Bluncher, 1992. 307p.

OLIVEIRA, F. P. **Monodominância de aroeira: Fitossociologia, relações pedológicas e distribuição espacial em Tumiritinga, MG.** 2011. 87p. Dissertação (Mestrado Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

SCHUSTER, C., FORSTER, M., KLEINSCHMIT, B. **Evaluation of the RapidEye red edge channel for improving land-use classifications.** IN: Kohlhofer, G., Franzen, M. (Hrsg.). 2010. Tagungsband Dreiländertagung OVG, DGPF und SGPF. 30. Juli. Band 19. ISSN: 0942-2870.

SONG, C.; WOODCOCK, C.E.; SETO, K.C.; LENNEY, M.P.; MACOMBER, S.A. Classification and change detection using Landsat TM Data: When and how to correct atmospheric effects? **Remote Sensing Enviroments.** n.75 p.230-244, 2001.

TSO, B.; MATHER, P. **Classification methods for remotely sensed data**. Danvers: Taylor e Francis Group. 2009, p.317.

VALENTE, E.L. **Caracterização da intensidade de degradação do solo e da cobertura vegetal de uma área no médio Rio Doce, utilizando imagens IKONOS II.** 2005. 89p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.

VELOSO, H. P. et al. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal.** Rio de Janeiro: IBGE, 1991. 124p.

VIEIRA, J. L. **Relação entre atributos do solo e ocorrência da aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Freire Allemao) na RPPN fazenda Bulcão, médio Rio Doce, MG.** 2008. 75p. Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário de Caratinga.