

AValiação DA CLASSIFICAÇÃO NÃO SUPERVISIONADA DO USO DO SOLO E TIPOS DE ÁGUA NO RESERVATÓRIO DE MANSO, MT.

Aline de Matos Valério¹
Gustavo Bayma Siqueira da Silva
Milton Kampel¹
José Luiz Stech¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR
Caixa Postal 515 - 12245-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{alineval; bayma; milton; stech} @dsr.inpe.br

Resumo: Um planejamento de manejo de um reservatório se faz necessário para a regulamentação do uso dos recursos naturais ao seu redor. A classificação do uso do solo e da qualidade da água auxilia este planejamento. A utilidade da classificação do uso e cobertura do solo ao redor, além da própria água em questão, é ampla já que gerenciadores ambientais, formuladores de diretrizes, cientistas e governos locais podem fazer uso desta no planejamento de desenvolvimento da área assim como traçar medidas de proteção e preservação. O objetivo deste trabalho é avaliar a classificação não supervisionada, Isodata, do uso do solo e tipos de água, comparando com a classificação supervisionada MaxVer. Assim, foram produzidos mapas temáticos para o Reservatório de Manso (Mato Grosso, Brasil) para a época de seca em julho e outro para a época de chuva em dezembro de 2006. Foram realizadas quatro classificações, duas supervisionadas MaxVer e duas não supervisionadas Isodata sendo duas para o corpo de água do reservatório e duas para o uso da terra. O método Isodata foi comparado com o método MaxVer para o mesmo mês com o propósito de se avaliar a qualidade do mapa temático gerado através do classificador não supervisionado. Posteriormente, o índice Kappa foi calculado para melhorar a acurácia das medidas. De acordo com o índice Kappa, os mapas temáticos Isodata foram classificados como de boa qualidade para o uso da terra, mas não obteve um bom resultado para os tipos de água. Foi verificado que o método MaxVer seguido por uma interpretação visual apresentou melhores resultados.

Palavras chave: Uso e cobertura do solo, reservatório, classificação.

Abstract. The management planner of a reservoir is necessary to natural resource settlement farther the area development. The classification of land use and water quality came to help this planning. The usefulness of such survey is widespread, since environmental managers, policy-makers, scientist and local governments can utilize them in the planning process of an area's developmental phase as well as in designing protection and preservation measures. The objective of this work is evaluate the no supervised classification of the land use and water types, by comparing with the supervised classification MaxVer, producing a thematic map for the Manso Reservoir (Mato Grosso, Brazil) for the dry season in July and another to the rainy season in December of 2006. Four classifications were produced, two supervised MaxVer and two no supervised Isodata, being two for the water and two for the land use. The Isodata method was compared with the MaxVer method for the same month with de purpose to evaluate the quality of the map obtained from no supervised classifier. Latter, the Kappa index was compute to improve the measure accuracy. In accordance of Kappa index, the Isodata thematic maps were classified like good quality for the land use but did not have a good result for the water types. Was verified that MaxVer method follow by a visual interpretation have better results.

Keywords: Land use, reservoir, classification.

1. INTRODUÇÃO

A classificação de imagens é um importante campo nas pesquisas de sensoriamento remoto, pois serve de fundamento para muitas aplicações ambientais e socioeconômicas. Classificar dados de sensoriamento remoto em mapas temáticos pode vir a ser um desafio devido a muitos fatores como a complexidade da paisagem da área estudada, os dados do sensor remoto escolhido, o processamento da imagem e as aproximações da classificação que podem afetar o sucesso da classificação (LU e WENG, 2006).

Ao redor do reservatório, de forma análoga dos lagos, pode haver zonas agrícolas cujos métodos demandam aumento da entrada de químicos e fertilizantes que escoam para o corpo de água com conseqüente impacto na qualidade da água e pesca. Deste modo, o planejamento de manejo se faz necessário para a regulamentação do uso dos recursos naturais. A utilidade da classificação do uso e cobertura do solo ao redor, além da própria água em questão, é ampla já que gerenciadores ambientais, formuladores de diretrizes, cientistas e governos locais podem fazer uso desta no planejamento de desenvolvimento da área assim como traçar medidas de proteção e preservação (PAPASTERGIADOU, et al., 2007).

O uso do solo está normalmente ligado à agricultura que tem sido objeto de interesse de instituições e órgãos governamentais voltados ao planejamento e à adoção de políticas agrícolas. Outro ponto importante abordado por Baskent e Kadiogullari (2007) é o reconhecimento e entendimento da paisagem como um legado histórico de distúrbios. Para isso, mapas de cobertura de solo feitos a partir de imagens de satélite tem sido amplamente usado para estimar taxas de distúrbio em ecossistemas florestais, apoiando o manejo desses ecossistemas.

É importante ressaltar também a importância do desempenho das práticas de manejo e a conservação das águas de superfície. Esta preocupação refere-se ao aproveitamento de bacias hidrográficas que podem ser alteradas por ações antrópicas, acarretando em transporte de sedimentos em suspensão e de fundo nos canais fluviais resultando na alteração da qualidade da água e em assoreamento (PINTO E GARCIA, 2005).

A qualidade da água é caracterizada por propriedades físicas, químicas e biológicas e pode ser degradada pela presença de excesso de nutrientes, pesticidas, metais pesados e sedimentos. Os dados de sensoriamento remoto possuem a vantagem de apresentar boa cobertura espacial e temporal implicando em um entendimento abrangente dos sistemas aquáticos facilitando o monitoramento da área em questão (LIU Y. et al, 2003; LONDE et al, 2005; LONDE et al, 2006).

O uso do sensoriamento remoto aplicado ao monitoramento da cor da água oferece importantes informações sobre os componentes presentes neste ambiente. Três componentes principais além da água pura são responsáveis pela mudança na cor da água: fitoplâncton, material inorgânico em suspensão e substâncias orgânicas dissolvidas (KAMPEL e NOVO, 2005).

O objetivo deste trabalho é testar métodos de classificações supervisionadas e não supervisionadas para elaborar dois mapas temáticos do reservatório de Manso, MT. Um para a estação seca, mês de julho e o outro para a estação chuvosa, mês de dezembro do ano de 2006.

2. ÁREA DE ESTUDO

O Rio Manso, onde foi construído o reservatório hidrelétrico, é o principal formador do Rio Cuiabá. O reservatório está localizado no norte de Cuiabá, MT na área compreendida pelas seguintes coordenadas: 14°14' – 15°20'S e 55°20' – 60°00'O a 100 km da capital Cuiabá (figura 1). O reservatório possui uma área total inundada de 427 km², volume de 7,3 km³ e uma profundidade próxima à barragem de 60m aproximadamente e foi criado entre novembro de 1999 e fevereiro de 2000.

O clima tropical da área possui duas épocas distintas: seca (abril – agosto) e chuvosa (setembro – março). A paisagem ao redor do reservatório é dominada por morros arenosos cobertos por uma vegetação arbustiva resistente a seca e algumas árvores esparsas. A área inundada é formada principalmente por uma vegetação arbustiva embora algumas áreas apresentassem fragmentos de matas ciliares rodeadas pelos rios. Essas árvores deixadas nas áreas inundadas estão parcialmente submersas na água e sofrem uma decomposição gradual. Esse material orgânico usa oxigênio durante a decomposição o que influencia na biota do reservatório (HYLANDER, et al. 2006).

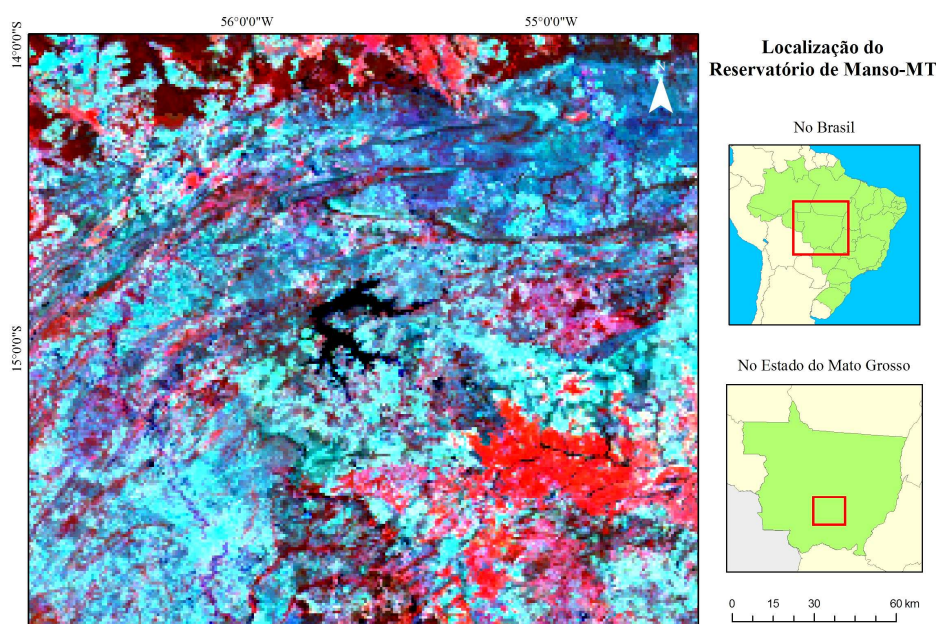


Figura 1 – Posição geográfica do Reservatório de Manso.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram obtidas duas imagens Landsat do sensor TM (29/07/2006 e 20/12/2006) de órbita-ponto 226-070 para classificação do uso do solo, além da água do reservatório. As imagens escolhidas representam uma época de seca (julho) e uma época de chuva (dezembro).

Devido ao grande tamanho da bacia hidrográfica a qual pertence o reservatório foi estabelecido um *buffer* de 3km para o desenvolvimento do trabalho. Por causa da existência de nuvens na imagem de dezembro foram criadas máscaras de nuvens e sombras para evitar a influência das mesmas na classificação. Para a imagem de julho, as mesmas áreas de nuvens e sombra foram desconsideradas. Para auxiliar na classificação do uso do solo também foi criada uma máscara para a água do reservatório.

Como não se conhece a área do reservatório *in situ*, optou-se pela utilização de duas classificações sendo uma não supervisionada, Isodata, e outra supervisionada, MaxVer, possibilitando uma visão da melhor abordagem para gerar mapas de uso do solo assim como um conhecimento prévio da qualidade da água. O método de classificação MaxVer foi utilizado como referência e a classificação Isodata, do mesmo mês, foi comparada com

intuito de avaliar a qualidade do mapa temático oriundo da classificação não supervisionada.. O classificador MaxVer foi escolhido por ser comumente usado devido sua robustez e a disponibilidade fácil em qualquer software de processamento de imagem (LU e WENG, 2006).

Na classificação Isodata, o algoritmo baseia-se na análise de agrupamentos onde são identificadas no espaço de atributos as nuvens (clusters) formadas por “pixels” com características similares. Neste tipo de classificador, é comum especificar o número destes clusters, isto é, o número de classes possíveis de serem encontradas na área de estudo, mesmo não sendo este o número ideal destas classes (VENTURIERI e SANTOS, 1998). Segundo Mather (1999) os classificadores Isodata e MaxVer utilizam a classificação “por ponto” ou “por *pixel*”.

Para melhorar a precisão das medidas de classificação foi utilizado o coeficiente Kappa. De acordo com Antunes e Lingnau (1997), o coeficiente de acurácia Kappa é indicado na avaliação da classificação de imagens de sensoriamento remoto porque considera a concordância observada e a esperada no seu cálculo. O coeficiente kappa é uma medida de concordância estatística na forma de uma matriz de confusão que é obtida após a verificação dos resultados obtidos na classificação digital (LU e WENG, 2006; KLECKA, 1980).

Para a manipulação e classificação dos dados foram utilizados os *softwares* Spring 4.3.3, Envi 4.2, Arcview 3.3.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A figura 2 mostra a imagem do Reservatório de Manso em julho e dezembro de 2006. Um buffer de 3km foi aplicado devido o tamanho da bacia hidrográfica na qual o reservatório está inserido. Na figura 3 foi aplicada uma máscara para o reservatório a fim de facilitar a classificação. Devido à presença de nuvens na imagem de dezembro, também foi criada uma máscara para as mesmas além de suas sombras. As áreas das nuvens e sombras foram desconsideradas na imagem de julho.

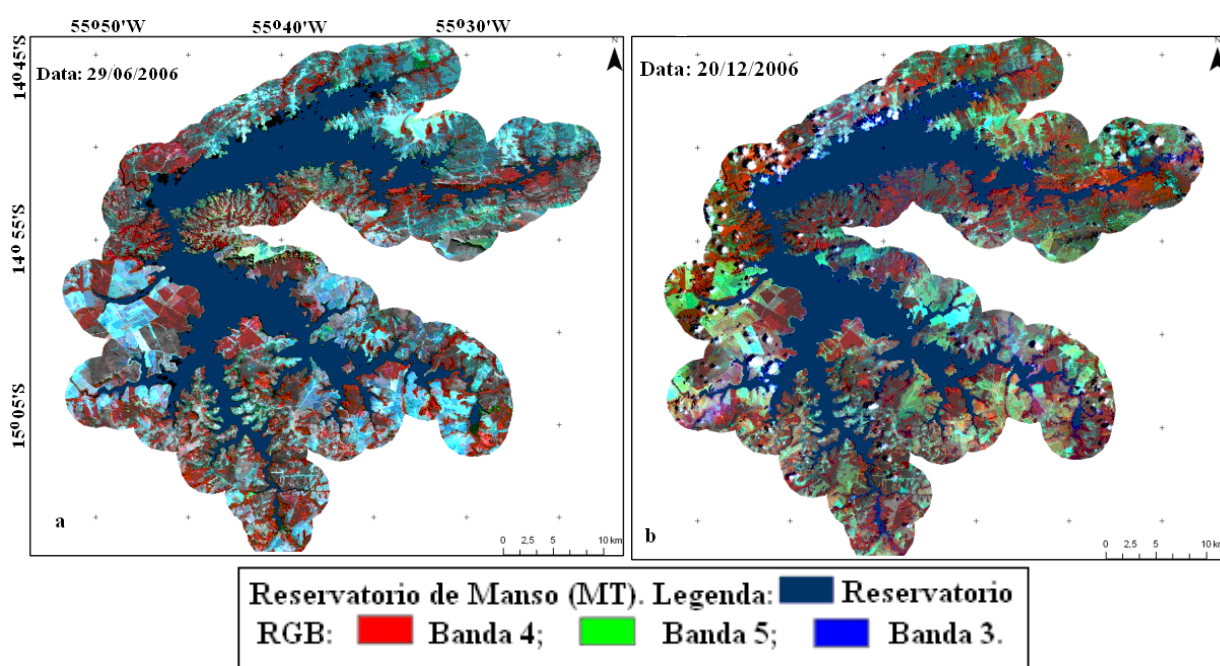


Figura 2 – Buffer de 3 km e máscara de água aplicada à imagem de 29 de julho de 2006 (a) e 20 de dezembro de 2006(b).

Inicialmente o uso do solo foi discriminado em 5 classes baseada na interpretação visual prévia: Cerrado, Cultura, Mata, Pastagem/Solo e Rio. A classe Rio não se refere ao corpo de água do reservatório e sim ao curso de água localizado após a barragem (figura 3). Como resultado das classificações referentes ao mês de julho de 2006, o Cerrado apresentou maior área (49%) no método de classificação MaxVer, porém no método

Isodata sua porcentagem de área correspondeu apenas à 38,2%. As demais classes, apesar de possuírem valores distintos, apresentaram uma mesma ordem em relação à área correspondente nos dois métodos de classificação. A ordem foi a seguinte: Cerrado, Cultura, Mata, Pastagem/Solo e Rio (Tabela 1).

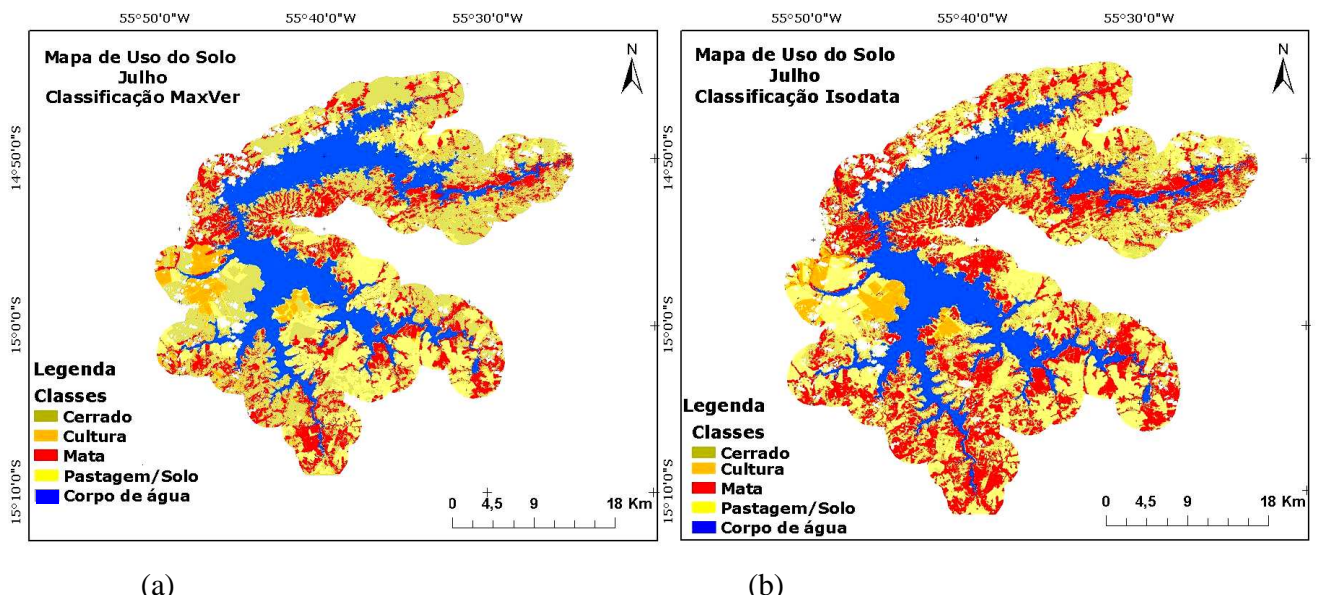


Figura 3 – Mapa de uso do solo classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de julho de 2006.

Tabela 1. Área total e porcentagem equivalente para as classes: Cerrado, Cultura, Mata, Pastagem/Solo e Rio para os métodos de classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de julho de 2006.

(a)			(b)		
Classe	km ²	%	Classe	km ²	%
Cerrado	52.367,37	49,0	Cerrado	40.788,29	38,2
Cultura	5.152,96	4,8	Cultura	3.227,98	3,0
Mata	25.355,48	23,7	Mata	35.914,61	33,6
Pastagem/Solo	23.948,50	22,4	Pastagem/Solo	26.893,43	25,2
Rio	23,17	0,0	Rio	23,17	0,0
Total	106.847,47	100,0	Total	106.847,47	100,0

Com a finalidade de se obter a concordância entre as classes de referência e as classes classificadas pelos métodos em questão foram selecionados aleatoriamente 82 pontos para o cálculo do índice Kappa (Figura 4).

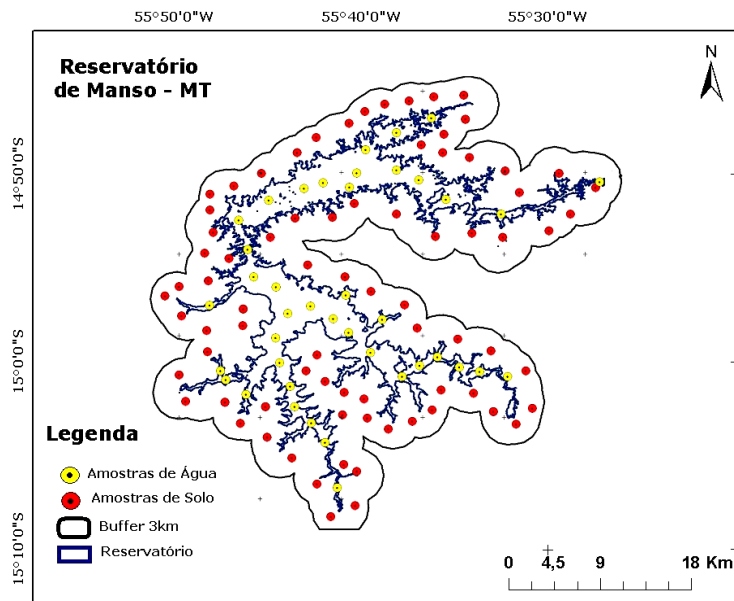


Figura 4. Pontos amostrados aleatoriamente (n=82) no Reservatório de Manso –MT.

Também foi calculada a Concordância que se refere aos pontos selecionados das classes discriminadas pelo classificador que concordam com os pontos das classes de referência (Tabela 2).

Tabela 2. Índices de Concordância

	Solo	Água
Julho	58,5	90,2
Dezembro	60,0	75,6

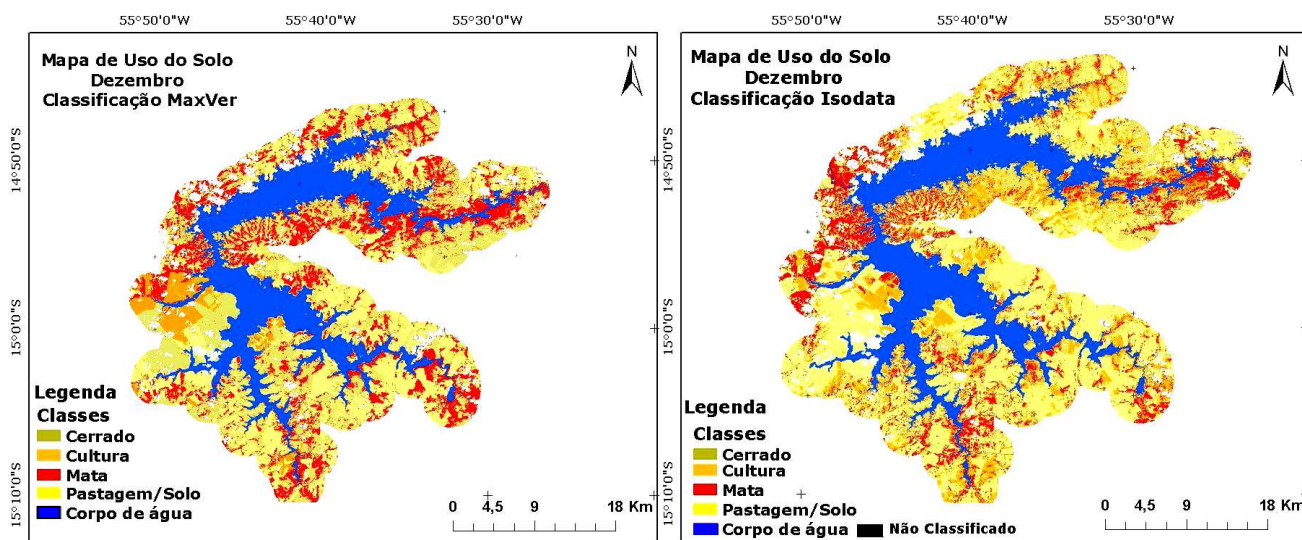
Na tabela do índice total do coeficiente Kappa, a linha representa a classes de referência enquanto que a coluna são as classes discriminadas pelo classificador. Estas tabelas são chamadas de omissão e comissão e mostram os erros e acertos dos classificadores. Na tabela 3 (b) cada classe foi distinguida quanto seu Kappa, sendo o Cerrado o que apresentou melhor desempenho. Segundo Landis e Koch (1977) o valor de Kappa 0,60 possui uma boa qualidade. O valor da Concordância para este mês é de 0,60%.

Tabela 3. Índice total do coeficiente Kappa (a) e índice condicional do coeficiente Kappa (b) para a classificação Isodata de julho de 2007.

(a)						(b)	
	Cerrado	Mata	Pastagem/Solo	Cultura	Total	Classe	Kappa
Cerrado	26	1	4	0	31	Cerrado	0,70
Mata	4	21	2	0	27	Mata	0,69
Pastagem/Solo	4	0	13	4	21	Pastagem/Solo	0,50
Cultura	3	0	0	0	3	Cultura	-0,051
Total	37	22	19	4	82		

Kappa Total = 0,60

Ao contrário do mês de julho onde em ambas as classificações os valores das extensões das classes apresentaram semelhança, no mês de dezembro a classificação Isodata apresentou diferenças significativas em sua extensão com relação ao método MaxVer (Figura 5). Pôde se observar que a classe Pastagem/Solo passou de 27% de representatividade no método MaxVer para 46,7% no método Isodata. Para este mês o classificador Isodata apresentou áreas não classificadas em relação às classes previamente estabelecidas. Ainda assim, este fato não foi considerado significativo, pois sua representatividade foi menor que 1% (Tabela 4).



(a) (b)
 Figura 5 – Mapa de uso do solo classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de dezembro de 2006.

Tabela 4. Área total e porcentagem equivalente para as classes: Cerrado, Cultura, Mata, Pastagem/Solo e Rio para os métodos de classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de dezembro de 2006.

(a)			(b)		
Classe	km ²	%	Classe	km ²	%
Cerrado	46.431,66	43,5	Cerrado	23.207,86	21,7
Cultura	4.667,44	4,4	Cultura	17.394,73	16,3
Mata	26.450,87	24,8	Mata	16.354,69	15,3
Pastagem/Solo	29.274,33	27,4	Pastagem/Solo	49.867,02	46,7
Rio	23,17	0,0	Rio	23,17	0,0
Total	106.847,47	100,0	Não classificado	711,34	0,7
			Total	106.847,47	100

O Kappa da classificação de dezembro (Tabela 5a), ainda que menor que o Kappa de julho, é considerado de boa qualidade de acordo com Landis e Koch (1977). O valor da Concordância é de 58,5% de acerto. O melhor valor do Kappa condicional para o mês de dezembro foi novamente o da classe Cerrado com valor de 0,79(Tabela 5b).

Tabela 5. Índice total do coeficiente Kappa (a) e índice condicional do coeficiente Kappa (b) para a classificação Isodata do uso de solo de dezembro de 2007.

(a)						(b)	
	Cerrado	Mata	Pastagem/Solo	Cultura	Total	Classe	Kappa
Cerrado	20	3	0	0	23	Cerrado	0,79
Mata	3	8	0	0	11	Mata	0,59
Pastagem/Solo	6	2	20	5	33	Pastagem/Solo	0,48
Cultura	1	14	0	0	15	Cultura	-0,06
Total	30	27	20	5	82		

Kappa Total = 0,44

Ao classificar a água do reservatório foram discriminados dois tipos de água por uma interpretação visual prévia da imagem do mês de julho. Como não há amostras *in situ* da água do reservatório e, portanto, não há como ter exatidão sobre os componentes presentes no corpo de água que lhe confere as características visuais optou-se por denominá-las Águas do tipo 1 e Águas do tipo 2 (Figura 6). Como resultado dos métodos de classificações referentes ao mês de julho de 2006, a Água 1 apresentou uma representatividade de área dominante (73%) no método de classificação MaxVer em relação a Água 2, e uma extensão ainda maior no método Isodata correspondendo à 95,4% (Tabela 6).

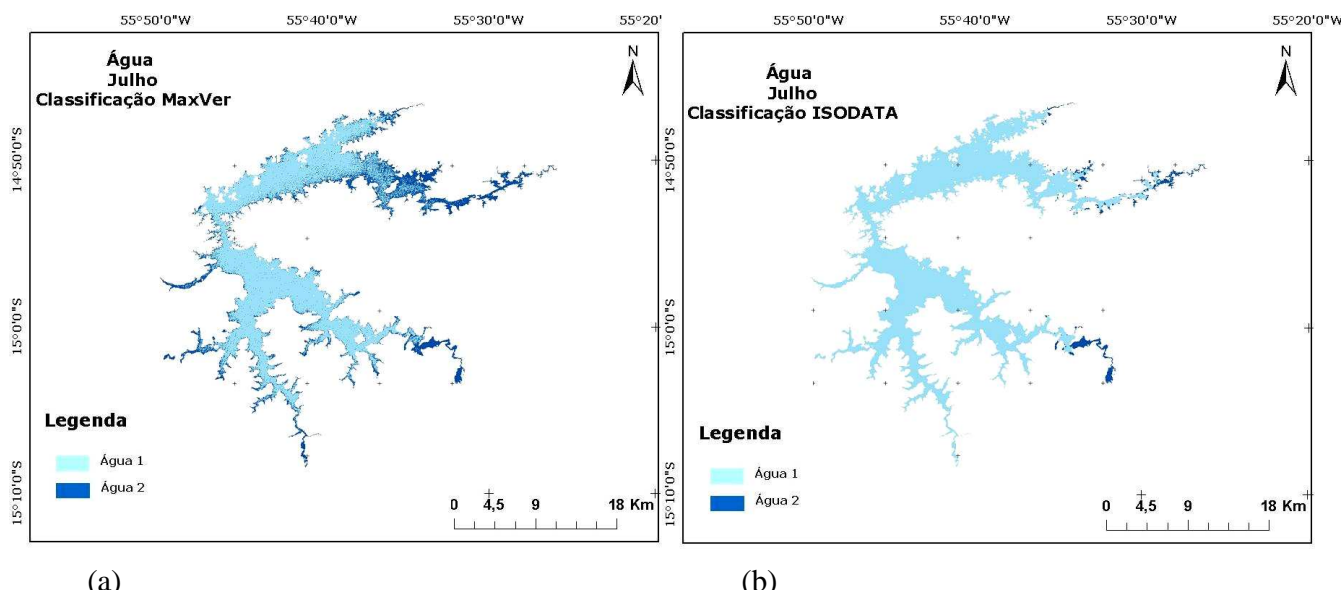


Figura 6 – Mapa de tipos de água classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de julho de 2006.

Tabela 6. Área total e porcentagem equivalente para as classes: Água 1 e Água 2 para os métodos de classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de julho de 2006.

(a)			(b)		
Classe	km ²	%	Classe	km ²	%
Água1	22.956,55	73,5	Água1	29.789,88	95,4
Água2	8.279,28	26,5	Água2	1.445,96	4,6
Total	31.235,84	100	Total	31.235,84	100

Como observado na tabela 7, o valor do Kappa Total para a classificação dos tipos de água para o mês de julho foi igual a 0,55 o que corresponde a uma boa qualidade do Kappa de acordo com Landis e Koch (1977). O valor da Concordância foi de 90,2% de acerto. A Água 2 obteve o melhor índice condicional de coeficiente Kappa.

Tabela 7. Índice total do coeficiente Kappa (a) e índice condicional do coeficiente Kappa (b) para a classificação Isodata de tipos de água de julho de 2007.

(a)				(b)	
	Água 1	Água 2	Total	Classe	Kappa
Água 1	34	4	38	Água 1	0,38
Água 2	0	3	3	Água 2	1,00
Total	34	7	41		

$$\text{Kappa Total} = 0,55$$

Durante o mês de dezembro foi evidenciado três tipos de água e as classes foram: Água do tipo 1, Água do tipo 2 e Água do tipo 3 observados na Figura 7. Embora seja necessária uma futura análise de amostras *in situ* dos tipos de água apresentados nas classificações para o conhecimento dos componentes, que conferem à água as feições apresentadas na imagem, desde já por meio de uma interpretação visual, é possível que a Água 1 seja referente a presença de concentração de clorofila, a Água 2 esteja associada a sedimentos em suspensão e a Água 3 não foi possível definir. Como resultado dos métodos de classificações referentes ao mês de dezembro de 2006, a Água 3 apresentou uma área (52%) no método de classificação MaxVer enquanto que a Água 2 apresentou a maior área no método Isodata (40,9%) como observado na Tabela 8.

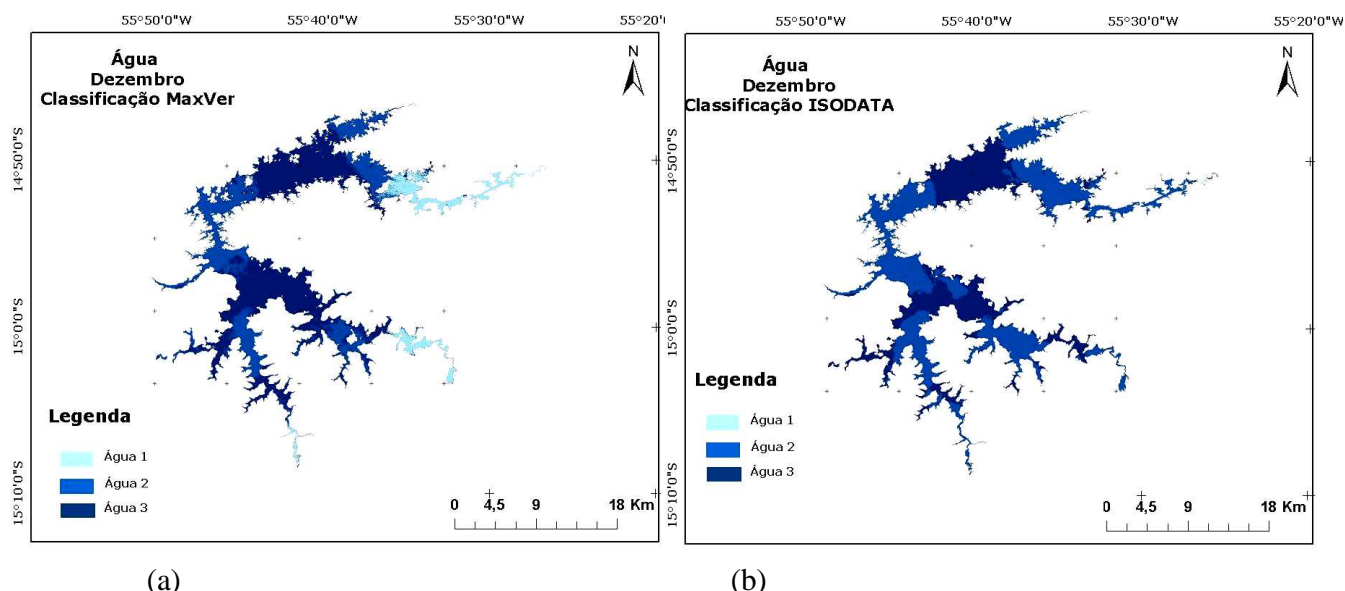


Figura 7 – Mapa de tipos de água classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de dezembro de 2006.

Tabela 8. Área total e porcentagem equivalente para as classes: Água 1, Água 2 e Água 3 para os métodos de classificação MaxVer (a) e Isodata (b) de dezembro de 2006.

(a)

Classe	km ²	%
Água 1	3.225,47	10,3
Água 2	11.636,95	37,3
Água 3	16.373,41	52,4
Total	31.235,84	100

(b)

Classe	km ²	%
Água 1	27,05	0,1
Água 2	18.419,02	59,0
Água 3	12.789,77	40,9
Total	31.235,84	100

O Kappa Total para a classificação dos tipos de água para o mês de dezembro foi igual a 0,59 o que corresponde a uma boa qualidade de acordo com Landis e Koch (1977). O valor da Concordância foi de 75,6% de acerto. A Água 1 obteve o melhor índice condicional de coeficiente Kappa (Tabela 9).

Tabela 9. Índice total do coeficiente Kappa (a) e índice condicional do coeficiente Kappa (b) para a classificação Isodata de tipos de água de dezembro de 2007.

(a)					(b)	
	Água 1	Água 2	Água 3	Total	Classe	Kappa
Água 1	1	0	0	1	Água 1	1
Água 2	6	15	3	24	Água 2	0,39
Água 3	0	1	15	16	Água 3	0,89
Total	7	16	18	41		

Kappa Total = 0,59

4. CONCLUSÃO

Ao analisar o índice Kappa, os mapas temáticos gerados pelo classificador não supervisionado, Isodata, foram classificados como de boa qualidade para o uso do solo, ainda que para o objetivo em questão foi verificado que o classificador MaxVer seguido por uma interpretação visual é ainda mais adequado. Para uma análise prévia da qualidade da água notou-se que a coleta de dados *in situ* é incisiva para uma melhor classificação, pois a mesma se tornou deficiente devido à falta de informações. Também é importante ressaltar que apesar do bom desempenho verificado pelo índice Kappa para a classificação do uso do solo, o método de classificação Isodata confundiu muitas classes como pode ser observado nas tabelas de omissão e comissão apresentadas. O coeficiente de concordância foi melhor para os tipos de água porque havia menos classes para serem confundidas.

Para futuros trabalhos no que tange a qualidade da água, recomenda-se utilizar a área correspondente à bacia, ou microbacia, a qual o reservatório se insere. Dessa forma serão considerados todos os cursos de água que podem influenciar nas feições da água do reservatório. Recomenda-se também amostras de água e verdade de campo para melhor treinamento das amostras do classificador MaxVer.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, A. F. B., LINGNAU, C. Uso de índices de acurácia para avaliação de mapas temáticos obtidos por meio de classificação digital. In: **III Congresso e Feira para Usuários de Geoprocessamento**. Curitiba, p. s/n, 1997.

BASKENT, E.Z., KADIOGULLARI A.I., Spatial and temporal dynamics of land use pattern in Turkey: A case study in Inegöl. *Landscape and Urban Planning* v. 81, p. 316-327, 2007.

HYLANDER, L.D., GRÖHN J., TROPP M., VIKSTRÖM A., WOLPHER H., CASTRO E SILVA E., MEILIE M., OLIVEIRA L.J. Fish mercury increase in Lago Manso, a new hydroelectric reservoir in tropical Brazil. *Journal of Environmental Management* v.81, p.155-166, 2006.

KAMPEL, M.; NOVO, E.M.L.M. O Sensoriamento Remoto da cor da água. In: SOUZA, R.B. (Org). *Oceanografia por Satélites*. 1 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2005, cap. 12, p. 179-196.

KLECKA, W.R., *Discriminant Analysis*. SAGE Publications, Inc., Beverly Hills, California, 71 p., 1980.

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

LIU, Y., ISLAM M.A., GAO J. Quantification of shallow water quality parameters by means of remote sensing. *Progress in Physical Geography* v. 27, p. 24-43, 2003.

LONDE, L.R., ALCÂNTARA, E., JARDIM-LIMA, D., SOPPA, M., CLARO, M., RUDORFF, C.M., NOVO, E.M.L.M., CALIJURI, C. Comparação entre técnicas para a análise do comportamento espectral da clorofila-a no reservatório de Salto Grande (SP). *Anais – III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto*, Aracaju, Brasil, 25 a 27 outubro 2006.

LONDE, L.R., NOVO E.M.L.M., CALIJURI, M.C. Avanços no estudo do comportamento espectral do fitoplâncton e identificação remota de algas. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Goiânia, Brasil, 16-21 abril 2005, INPE, p. 389-396.

LU, D., WENG, Q. A survey of image classification methods and techniques for improving classification performace. *International Journal of Remote Sensing* v. 28 (5), p. 823-870, 2007.

MATHER, P. M. *Computer processing of remotely-sensed images: an introduction*. 2 ed. Chi Chester: John Wiley & Sons, 1999. 292 p.

PAPASTERGIADOU, E.S., RETALIS, A., KALLIRIS, P., GEORGIADIS, Th., Land use changes and associated environmental impacts on the Mediterranean shallow Lake Stymfalia, Greece. *Hydrobiologia*, v. 584, p. 361-372, 2007.

PINTO, S.A.F., GARCIA, G.J. Experiências de aplicação de geotecnologias e modelos na análise de bacias hidrográficas. Revista do Departamento de Geografia, v. 17, p. 30-37, 2005.

VENTURIERI, A.; SANTOS, J. R. Técnicas de classificação de imagens para análise de cobertura vegetal. In: Assad, E. D.; Sano, E. E. Sistema de Informações Geográficas, Aplicações na Agricultura. Brasília, EMBRAPASPI/EMBRAPA-CPAC, Parte III, Capítulo 18, 1998, 434 p.