

COMPARAÇÃO DOS CLASSIFICADOS NO MAPEAMENTO DO USO DA TERRA, ESTUÁRIO DO RIO SERGIPE-SE

COMPARISON OF MAPPING CLASSIFIERS IN LAND USE, RIVER ESTUARY SERGIPE-SE

ANTONIO LÁZARO FERREIRA SANTOS

Docente da UEG – UnUCET, Campus Henrique Santillo, Anápolis – GO
antoniolazaros@gmail.com.br

LEONARDO DE MELO FONSECA

Graduando da UFS – CCET, Cidade Universitária Prof. José Aloísio de Campos, São Cristovão – SE
leonarduh_4@hotmail.com

CARLOS ANTÔNIO ALVARES SOARES RIBEIRO

Docente da UFV – DEF, Campus de VIÇOSA – MG
caas.ribeiro@gmail.com

LUCAS PEREIRA GONÇALVES

Graduando da UEG – UnUCET, Campus Henrique Santillo, Anápolis – GO
lucaspegoncalves@hotmail.com

Resumo: As técnicas de classificação em sensoriamento remoto vêm sendo bastante utilizadas para a análise do Uso da Terra. A importância da avaliação dos produtos gerados reflete a verdadeira função do mapa, que é representar de forma apropriada a superfície terrestre. O presente estudo baseou-se na interpretação da qualidade dos resultados das “classificações” supervisionadas, na zona estuarina do rio Sergipe-SE, por meio dos algoritmos Maxver, e Distância Mínima, realizadas em uma imagem do satélite CBERS 2B, numa área que compreende o baixo estuário do rio Sergipe. Os resultados gerados por meio das análises das matrizes de erros mostraram que o classificador de Distância Mínima, apresentou valores maiores de exatidão global e índice Kappa.

Palavras-chave: CBERS 2B. Matrizes. Índice Kappa.

Abstract: The classification techniques in remote sensing have been widely used for the analysis of Land Use. The importance of evaluating the generated product reflects the true function of the map, which is to represent fairly the earth's surface. This study was based on the interpretation of the quality of the results of "ratings" supervised, in the estuarine area of the river Sergipe-SE, through algorithms Maxver and Minimum Distance, performed in an image of CBERS 2B, an area comprising low Sergipe river estuary. The results generated by the analysis of the error matrix, it showed that the Minimum Distance classifier, showed higher overall accuracy and Kappa index.

Key-words: CBERS 2B. Matrices. Kappa Index.

1. INTRODUÇÃO

O sensoriamento remoto e a utilização de técnicas de geoprocessamento, como afirmam Fitz (2008) e Jensen (2009), vem sendo utilizados em uma gama de estudos relacionados à gestão

ambiental de áreas com influência antrópica. O baixo estuário do rio Sergipe, que corresponde à área de estudo do trabalho, apresenta um histórico de ocupação bastante longo, com enormes consequências sobre o meio natural da região. A urbanização da área, ocupada pela região metropolitana de Aracaju, se deu com o aterramento e destruição dos manguezais distribuídos por quase todas as suas áreas marginais, que de acordo com a legislação CONAMA 303/2002 constituem-se áreas de preservação permanente (BRASIL, 2002).

A “classificação” de imagens de satélite é um processo bastante utilizado para diagnosticar o uso da terra de uma região, necessário para estudos dessa natureza, onde há conflitos entre a zona urbana e as áreas naturais (NOVO, 2010).

O desenvolvimento desse procedimento em softwares específicos, que pode ser quase totalmente supervisionado ou não por um operador, depende da atuação de algoritmos (classificadores). Por meio da definição de um algoritmo e dos parâmetros utilizados no método é possível gerar mapas temáticos.

Por isso, é necessário uma análise dos resultados, por meio da comparação com dados reais da superfície, geralmente apresentados em forma de matrizes de confusão, que podem ceder informações quantitativas dos mapas gerados pelos classificadores.

O objetivo do trabalho consiste na comparação dos algoritmos de classificação supervisionada mais adequado para a área em estudo, dentre os de Distância Mínima e Máxima Verossimilhança.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Inicialmente, definiu-se que a área de estudo compreenderia apenas a região do baixo estuário do rio Sergipe, localizada mais próxima ao mar, sob influência direta dos manguezais. O rio Sergipe tem suas nascentes no município de Nossa Senhora da Glória, no noroeste do estado de Sergipe, percorrendo o interior no sentido leste, até desaguar no oceano atlântico, em Aracaju (SEMARH, 2012). A região de recorte da imagem pode ser observada através da Figura 01.

Essa área inclui parte dos municípios de Aracaju e Barra dos Coqueiros, que juntos possuem 596.125 habitantes, cerca de 30% da população do Estado de Sergipe (IBGE, 2010). O clima nessa região é predominantemente quente e úmido, com precipitação média anual de 1600 mm e temperaturas girando em torno dos 26 °C (GIAU, 2010). A vegetação natural da região compreende manguezais e restingas, com porções de Mata Atlântica e enclaves de Cerrado.

Com base na análise bibliográfica sobre o uso do solo da área, determinou-se que inicialmente, as classes temáticas abordadas no mapa seriam: solo exposto ou sedimento, corpo d’água, área urbana, vegetação, pastagem e agricultura. As características das imagens de satélite e dos elementos da superfície terrestre limitam a determinação das classes utilizadas, sendo necessário agrupar elementos semelhantes ou subclasses em uma determinada classe.

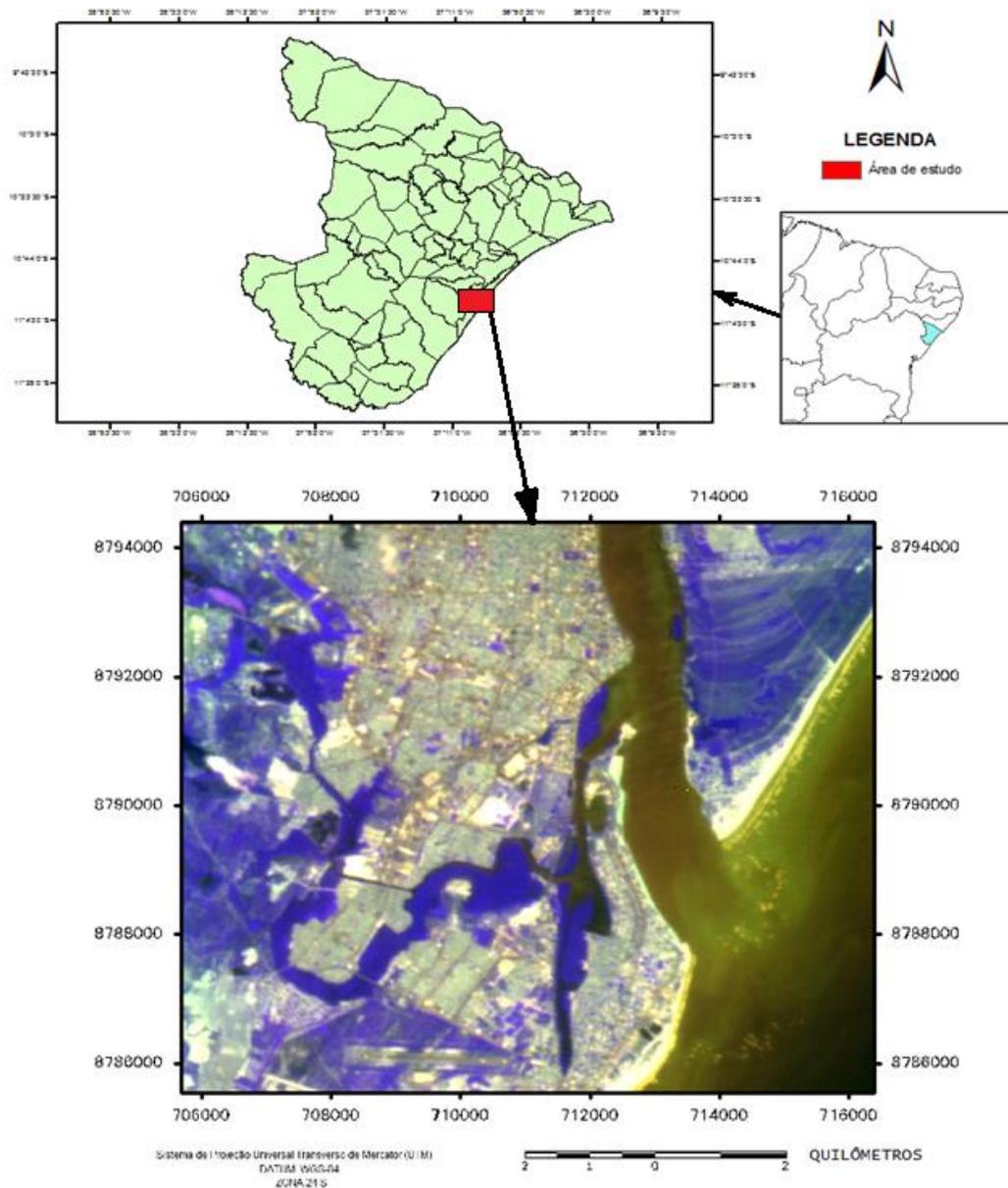


Figura 01– Figura que indica a localização da área de estudo no contexto do estado de Sergipe e a delimitação do recorte na imagem de satélite adquirida. Fonte: Autores, 2014.

A presença de manguezais, e a possibilidade de diferenciar essa classe de outros tipos de vegetação, através de técnicas de sensoriamento como é verificado em UCHA et al., (2011), resultou na inclusão dessa feição, quando comparada com as demais feições de vegetação, na área de estudo. Além disso, com a visualização de nuvens na imagem captada, determinou-se também que a feição nuvem fazia parte da classificação. Devido à dificuldade de separar as classes pastagem e agricultura, além da quase inexistência dessas feições na área de recorde, optou-se em fundir essas classes, interpretando-as como vegetação.

É mostrado na Tabela 01, as classes apontadas no estudo, uma amostra e as considerações para cada categoria.

Tabela 01- Feições analisadas na área de estudo (composição RGB-234)

CLASSE TEMÁTICA	REPRESENTAÇÃO DE UMA AMOSTRA	CONSIDERAÇÕES
Área urbana		Áreas urbanizadas, construções
Corpo d'água		Rios, mar, lagos, lagoas, zona de mistura
Manguezal		Manguezais
Vegetação		Áreas florestadas, pastagens, pequenas áreas de agricultura, matas ciliares, vegetação arbustiva, vegetação aquática
Solo ou sedimento		Solo exposto, sedimentos, áreas de dunas e de praias, áreas erodidas
Nuvem		Nuvens

Fonte: Autores, 2014.

O software utilizado permitiu a criação de um gráfico de separabilidade, que relaciona as bandas da imagem ao número médio de pixel das assinaturas. Essa ferramenta é importante para visualizar as categorias temáticas que mais se assemelham, e geram assim confusão entre pixels no processo de classificação. Em seguida, utilizaram-se os algoritmos para geração dos resultados.

O algoritmo de Máxima Verossimilhança, ou “MAX-VER”, baseia-se na média e na covariância dos pixels nas assinaturas, onde é calculada uma probabilidade dos pixels externos pertencerem às classes definidas. Devido a isso, deve-se incluir um número grande de pixels nas amostras, para que o resultado seja mais satisfatório (FITZ, 2008).

O classificador de distância mínima calcula o valor médio dos pixels representativos de cada classe, abrangidos nas amostras, e através das distâncias entre cada pixel e os valores médios, os pixels são “encaixados” nas classes que tiverem menor valor de distância (FITZ, 2008).

Foram utilizadas imagens CBERS 2B (Sensor CCD-2XS), referentes aos anos de 2012/2013. Todos os procedimentos referentes ao tratamento da imagem foram realizados no software *ERDAS IMAGINE* versão 2013, sendo que os softwares *ARCGIS 10* e o *Google Earth 6.2* também serviram de suporte ao estudo. O processamento da imagem baseou-se em: filtragens; realces; classificação supervisionada, através dos algoritmos de Distância mínima, Máxima verossimilhança (MAXVER).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

As figuras 02 (a e b); 03 (a e b) comparam os resultados da classificação supervisionada para cada algoritmo utilizado, depois da aplicação do filtro majority 3x3 pixels com a imagem de satélite original realçada.

Com a coleta de amostras realizadas durante a classificação supervisionada foi possível gerar o gráfico de separabilidade entre as classes (Figura 04). O gráfico permite a visualização da distinção entre o comportamento espectral dos alvos de interesse no trabalho: corpo d’água, área urbana, vegetação, manguezal, solo e sedimentos e nuvem. O eixo x (abcissas) refere-se à banda espectral, enquanto o eixo y (ordenadas) indica a média do valor dos pixels da classe temática.

A observação do gráfico permite afirmar que as classes vegetação e manguezal apresentaram um comportamento bastante semelhante devido à proximidade entre as curvas geradas. Isso ocorre porque a feição manguezal é uma subclasse de vegetação, apresentando assim características de reflectância parecidas. As classes nuvem, e, solo e sedimentos também exibiram um nível médio de pixels análogo na maioria das bandas da imagem, o que

certamente pode causar confusão e erros durante a integração dos pixels nas suas categorias reais.

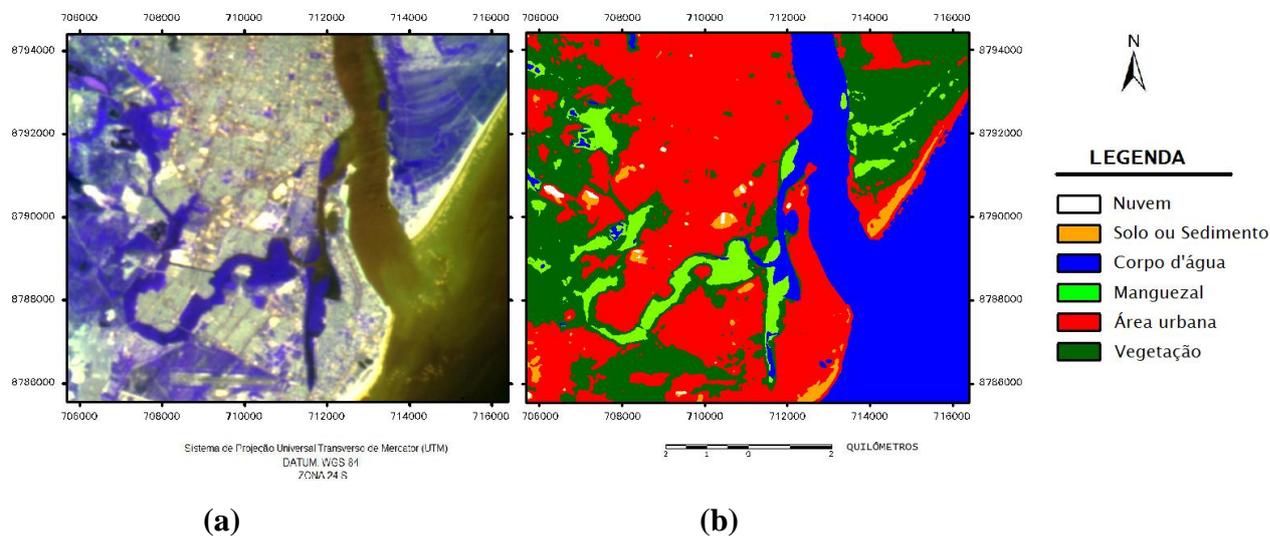


Figura 02 – (a) Imagem de referência; (b) imagem classificada pelo algoritmo Distância mínima. Fonte: Autores, 2014.

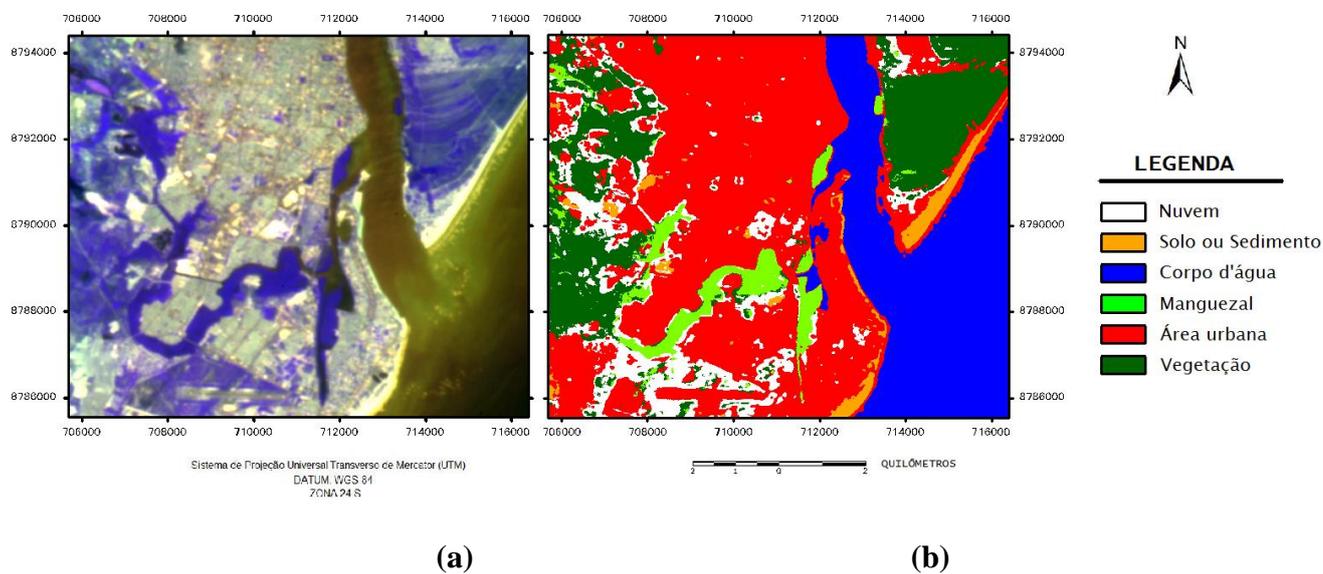


Figura 03 – (a) Imagem de referência; (b) Produto gerado através do algoritmo MAXVER. Fonte: Autores, 2014.

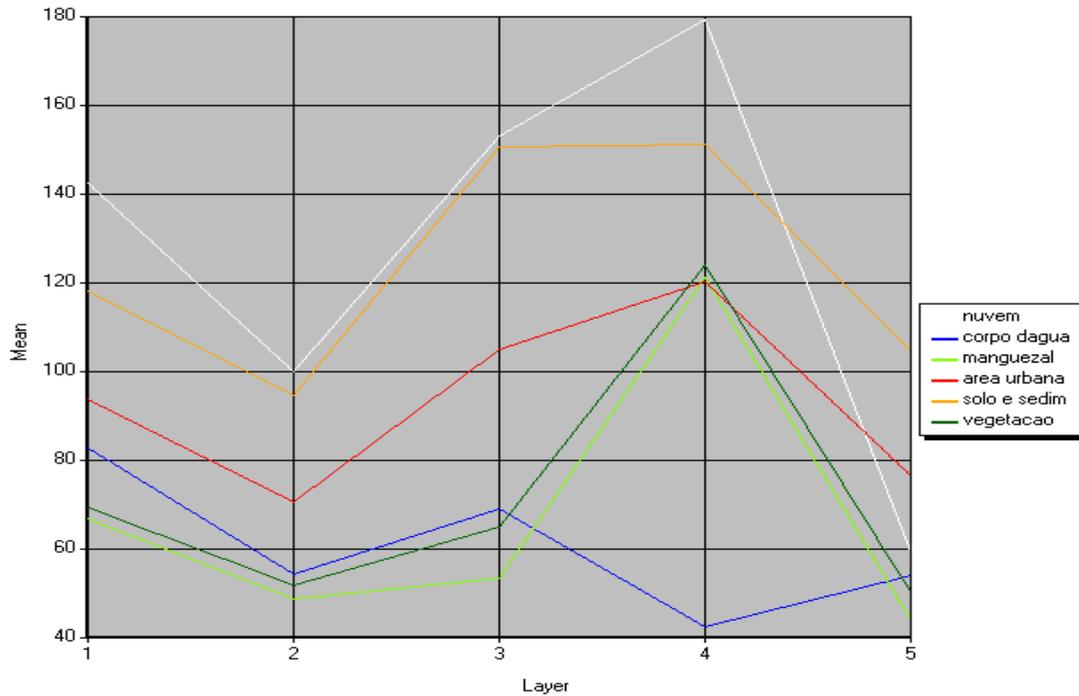


Figura 04 - Gráfico de separabilidade entre as classes. Fonte: Autores, 2014.

Visualmente é possível notar diferenças entre os produtos gerados pelos classificadores, já que cada algoritmo apresenta formas diferentes de agregar os pixels nas categorias determinadas. Utilizando a correção proposta por (CARD, 1982), foi possível recalculer os valores das células da matriz gerada englobando os pesos de cada categoria. Por meio dos valores das células contidas nas matrizes corrigidas, foi possível determinar os erros de comissão e omissão para as imagens geradas pelos classificadores. Todas as matrizes geradas podem ser visualizadas nas Tabelas 03 e 04.

Para definir a quantidade de pontos utilizados na amostragem aleatória utilizou-se a equação 1 e os parâmetros: $\frac{\alpha}{2} = 0,05$; $z_{\frac{\alpha}{2}} = 1,96$; $p = 0,9$ e $d = 0,05$. Assim, obteve-se um valor de 138 pontos de verificação. Através do software ERDAS IMAGINE foi possível distribuir aleatoriamente os pontos em cada mapa gerado e comparar as classes dos pixels com as classes reais da imagem original.

Utilizando a correção proposta por (CARD, 1982), foi possível recalculer os valores das células da matriz gerada englobando os pesos de cada categoria de acordo com a equação 3. Os pesos relativos à área das categorias para cada imagem gerada pelos classificadores foram obtidos através da equação 2 e estão expostos na Tabela 02.

Tabela 02 - Pesos referentes à área de cada categoria nos mapas gerados pelos classificadores.

	DISTÂNCIA	
	MÍNIMA	MAXVER
Área urbana	0,4249	0,4485
Manguezal	0,0525	0,0432
Vegetação	0,2589	0,1658
Corpo d'água	0,2448	0,2244
Solo ou Sed.	0,0166	0,0219
Nuvem	0,0023	0,0962

Fonte: Autores, 2014.

Utilizando os valores das células contidas nas matrizes corrigidas, calculou-se os erros de comissão e omissão para as imagem geradas pelos classificadores, de acordo com as equações 4 e 5.

Tabela 03– Matriz de erro/confusão para a imagem gerada pelo algoritmo Distância mínima após aplicação da correção de Card.

		DADOS DE REFERÊNCIA							
		Área urbana	Manguezal	Vegetação	Corpo d'água	Solo ou sed.	Nuvem	Total	Comissão (%)
DADOS CLASSIFICADOS	Área Urbana	0,3718	0	0,0266	0,0066	0,0199	0	0,4249	12,50
	Manguezal	0	0,0525	0	0	0	0	0,0525	0,00
	Vegetação	0,0360	0,0072	0,2086	0	0,0072	0	0,2589	19,47
	Corpo d'água	0,0084	0	0,0084	0,2195	0,0084	0	0,2448	10,29
	Solo ou sed.	0	0	0	0	0,0166	0	0,0166	0,00
	Nuvem	0	0	0	0	0	0,0023	0,0023	0,00
	Total	0,4162	0,0597	0,2436	0,2261	0,0521	0,0023	1,0000	
	Omissão (%)	10,67	12,06	14,37	2,92	68,14	0,00		

Fonte: Autores, 2014.

Tabela 04 – Matriz de erro/confusão para a imagem gerada pelo algoritmo MAXVER após aplicação da correção de Card.

	Dados de Referência						Total	Comissão (%)
	Área urbana	Manguezal	Vegetação	Corpo d'água	Solo ou sed.	Nuvem		
Área urbana	0,3994	0,0070	0	0,0140	0,0280	0	0,4485	10,93
Manguezal	0	0,0360	0	0,0072	0	0	0,0432	16,67
Vegetação	0,0199	0,0066	0,1260	0,0066	0	0,0066	0,1658	23,94
Corpo d'água	0	0	0	0,2244	0	0	0,2244	0,00
Solo ou sed.	0,0109	0	0	0	0,0110	0	0,0219	50,00
Nuvem	0,0289	0,0096	0,0481	0	0,0048	0,0048	0,0962	95,01
Total	0,4591	0,0592	0,1741	0,2522	0,0438	0,0114	1,0000	
Omissão (%)	13,00	39,19	27,63	11,02	74,89	57,89		

Fonte: Autores, 2014.

Em geral, os valores de erros de comissão e omissão variaram entre os classificadores utilizados. Vale destacar que as categorias nuvem, solo e sedimentos apresentaram os maiores valores de erros de omissão e comissão. Em relação aos resultados globais das classificações, o classificador de distância mínima apresentou maior valor de exatidão global (Tabela 05), quando comparado com MAXVER. Em síntese, pode-se dizer que 87,13% dos pixels da classificação realizada pelo algoritmo de Distância Mínima foram integrados na sua categoria correta.

De acordo com a pontuação proposta por (LANDIS E KOCK, 1977), pode-se caracterizar a classificação gerada pelo algoritmo de Distância Mínima como excelente, já que o valor de índice Kappa foi superior a 0,80 (Tabela 06). Já o resultado do classificador MAXVER, enquadra-se na classificação “ótima”.

Tabela 05 – Índices Kappa por classe temática para cada algoritmo.

Categoria	Distância	
	Mínima	Maxver
Área urbana	0,8145	0,7642
Manguezal	0,8727	0,5904
Vegetação	0,8061	0,6688
Corpo d'água	0,9613	0,8579
Solo ou sed.	0,3071	0,2344
Nuvem	1,0000	0,3594

Fonte: Autores, 2014.

Tabela 06 – Índices Kappa e Acurácia global para cada algoritmo.

Classificador	Índice Kappa	Exatidão Global (%)
Distância Mínima	0,8159	87,13
Maxver	0,7255	80,16

Fonte: Autores, 2014.

De acordo com a pontuação proposta por (LANDIS E KOCK, 1977), pode-se caracterizar a classificação gerada pelo algoritmo de Distância Mínima como excelente, já que o valor de índice Kappa foi superior a 0,80. Já o resultado do classificador MAXVER, enquadra-se na classificação “ótima”.

4. CONCLUSÕES

Em relação aos resultados finais, o algoritmo de Distância Mínima apresentou melhor desempenho frente ao MAXVER, tanto em relação à acurácia global quanto ao índice Kappa apresentado, que pôde ainda ser caracterizado como excelente.

O produto gerado pelo classificador, MAXVER teve resultado inferior em comparação ao de Distância Mínima. Entretanto, levando em conta o índice Kappa, pode-se afirmar que o resultado foi satisfatório.

5. REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional de Meio Ambiente. **Resolução nº 303 de 13 maio de 2002**. Dispõe sobre parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente:. CONAMA, 2002, 3p.

CARD, H.D. Using known map category marginal frequencies to improve estimates of thematic map accuracy. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 48, n. 3, p. 431-439, 1982.

FITZ, P.R. **Geoprocessamento Sem Complicação**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

GIAU. Gestão integrada das Águas Urbanas da Região Metropolitana de Aracaju. **Relatório do Diagnóstico Qualitativo**. 2010: [Internet]. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/modules/tinyd0/index.php?id=72>> Acesso em: 12 de janeiro de 2013.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População 2010**. In: Canal Cidades@. Censo Demográfico 2010: [Internet]. Disponível em:<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?>. Acesso em: 06 de janeiro de 2013.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento remoto do ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. 2. ed. São José dos Campos: Parêntese, 2009.

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

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto**: Princípios e Aplicações. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2010.

SEMARH. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos. As bacias hidrográficas em Sergipe. Comitê de bacias hidrográficas de Sergipe. Disponível em: <<http://www.semarh.se.gov.br/comitesbacias/modules/tinyd0/index.php?id=20>>. Acesso em: 10/01/2013.

UCHA, J. M. ; HADLICH, G. M. ; CARVALHO, E. G. S.. **Manguezais e carcinicultura no baixo sul da Bahia**. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 15., 2011, Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. Artigos, p. 5002-5008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2007/biblioteca/>>. Acesso em: 11 de novembro 2012.