



ANÁLISE COMPARATIVA DE MÉTODOS DE CLASSIFICAÇÃO DE IMAGENS EMPREGADAS AO MAPEAMENTO DA COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE ROLIM DE MOURA, RONDÔNIA

Carolina Pereira Sathler Paixão ¹

RESUMO

O uso de instrumentos de sensoriamento remoto é um forte aliado para o conhecimento da superfície terrestre. Este trabalho buscou congregiar as ferramentas do sensoriamento remoto e do Sistema de Informações Geográficas para comparar os métodos de classificação de imagens supervisionado (Máxima Verossimilhança) e não supervisionado (Isodata) para fins de mapeamento de uso e cobertura da terra para o ano de 2021 no município de Rolim de Moura - Rondônia. O desempenho dos algoritmos testados neste trabalho correspondeu às premissas formuladas ao longo do estudo. A avaliação da qualidade das classificações foi a partir dos valores obtidos da análise do Índice *Kappa* e da Exatidão Global, assim como uma análise visual dos resultados gerados. Os indicadores estatísticos revelaram que a classificação supervisionada Máxima Verossimilhança apresentou melhor desempenho e menor confusão na identificação das classes em relação à técnica de classificação não supervisionada Isodata, ratificando a análise visual. A classificação supervisionada foi dada como excelente método para classificar o uso do solo de Rolim de Moura. A escolha entre o método supervisionado ou não, dependerá do objetivo do mapeamento

Palavras-chave: Imagem de satélite; Uso da terra; Método de classificação.

RESUMEN

El uso de instrumentos de teledetección es un fuerte aliado para el conocimiento de la superficie terrestre. Este trabajo buscó unir herramientas de sensores remotos y del Sistema de Información Geográfica para comparar métodos de clasificación de imágenes supervisados (Máxima Verosimilitud) y no supervisados (Isodata) para el uso del suelo y el mapeo de la cobertura del suelo para el año 2021 en el municipio de Rolim de Moura - Rondônia. El desempeño de los algoritmos probados en este trabajo correspondió a los supuestos realizados a lo largo del estudio. La evaluación de la calidad de las clasificaciones se basó en los valores obtenidos del análisis del Índice *Kappa* y la Precisión Global, así como un análisis visual de los resultados generados. Los indicadores estadísticos revelaron que la clasificación supervisada Máxima Verosimilitud mostró un mejor desempeño y menos confusión en la identificación de clases en relación con la técnica de clasificación no supervisada Isodata, lo que confirma el análisis visual. La clasificación supervisada se dio como un método excelente para clasificar el uso del suelo de Rolim de Moura. La elección entre el método supervisado o no supervisado dependerá del propósito del mapeo.

Palabras clave: Imagen de satélite; Uso del suelo; método de clasificación

¹ Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Geografia (PPGG) da Universidade Federal de Rondônia - RO, carolinapaixao2020@gmail.com;



INTRODUÇÃO

As paisagens da região amazônica sofreram e ainda sofrem com significativas transformações. Tais mudanças podem ser explicadas através dos eventos históricos, socioeconômicos e geográficos que aconteceram nos séculos passados. É possível identificar nitidamente as modificações da paisagem, principalmente a partir dos processos de ocupação da região, sendo as intervenções antrópicas o principal fator das mudanças (LUI e MOLINA, 2009; NUNES *et al.*, 2015).

Dentre as principais ações antrópicas capazes de causar profundas transformações nas paisagens naturais, merecem destaque a supressão da floresta nativa com a extração ilegal de madeira, e posteriormente, por meio de queimadas para substituição da cobertura florestal remanescente por novas áreas destinadas a agricultura e pecuária; o crescimento urbano desordenado; e as obras de saneamento ambiental que alteram cursos de rios, rebaixam o lençol freático e alteram o equilíbrio hídrico, modificando a paisagem e criando fragmentos no meio aquático (MMA, 2003).

O monitoramento da paisagem é primordial no planejamento da utilização da terra, conhecimento dos seus recursos naturais, percepção da evolução da relação homem-ambiente e compreensão dos padrões de organização do espaço (LEITE e ROSA, 2007).

A cobertura da terra, em especial a vegetal, exerce papel significativo na contenção da erosão dos solos. Dessa forma, terrenos que possuem cobertura vegetal mais densa, as áreas florestadas por exemplo, indicam maior capacidade de proteção do solo, aumento na infiltração e apresentam maior resistência aos processos de transporte de matéria orgânica e sedimentos (WATANABE *et al.*, 2018). Assim, o monitoramento da paisagem permite fazer inferências sobre aspectos de degradação, capacidade de suporte e qualidade ambiental de uma determinada área, baseando-se nos tipos de usos e cobertura.

De encontro com a necessidade de monitoramento estão os produtos do sensoriamento remoto, que possibilita estudos das modificações do uso e cobertura da terra. O levantamento de uso e cobertura da terra consiste na elaboração de mapas indicativos da distribuição geográfica dos usos através da identificação de padrões homogêneos da cobertura terrestre (IBGE, 2006).



Com as geotecnologias surgiram diversas metodologias a respeito da elaboração de mapas de uso da terra, principalmente, no que tange a classificação de imagens de satélite. O processamento de imagens digitais visa fornecer ferramentas para facilitar a identificação e a extração das informações contidas nas imagens, para posterior interpretação. Dentre as técnicas mais difundidas, destaca-se a classificação que utiliza algoritmos computacionais para a identificação de alvos baseada no reconhecimento de padrões (CRÓSTA, 1992; JENSEN, 2009, ANDRADE *et al.*, 2014).

De acordo com Queiroz (2004), existem vários métodos de classificação que buscam, através de diversas abordagens, identificar com acurácia a informação de cada pixel da imagem, classificando-o em categorias. Os métodos de classificação de imagens podem apresentar diferentes níveis de acurácia, dependendo da abordagem utilizada pelo método e da especificação dos parâmetros do mesmo.

Desta forma, o objetivo deste estudo foi comparar o método de classificação de imagens supervisionado Máxima Verossimilhança e não supervisionado Isodata, para fins de mapeamento de uso e cobertura da terra para o ano de 2021 no município de Rolim de Moura - RO.

REFERENCIAL TEÓRICO

De acordo com Crósta (1992) a classificação automática de imagens multiespectrais diz respeito a associar cada pixel da imagem a um "rótulo" descrevendo um objeto real. Dessa forma, os valores numéricos associados a cada pixel, definidos pela reflectância dos materiais que compõem esse pixel, são identificados em termos de um tipo de cobertura da superfície terrestre imageada, chamadas então de temas.

Para os pesquisadores Meneses e Sano (2012) a classificação de imagens deve ser vista como um processo estatístico e probabilístico que tenta ao máximo aproximar o mapa digital à realidade. Os métodos de classificação digital podem ser agrupados em função da presença ou não de uma fase de treinamento onde o analista interage com o computador, podendo ser não supervisionados ou supervisionados.

A classificação não supervisionada está apoiada em métodos estatísticos de análise de agrupamento e a identificação das classes, ocorre sem a intervenção direta do analista, é quase que totalmente automatizado em um ambiente de sistema de informações geográfica. Eles são simplesmente agrupamentos de pixels com



características espectrais similares (*clusters*) (MENESES e SANO, 2012).

Para Crósta (1992), um dos principais algoritmos de classificação não-supervisionada é o Isodata, um método *clustering*, que usa a distância espectral num processo feito em três etapas: classifica iterativamente os pixels; após, redefine os critérios para cada classe; e por fim, reclassifica a imagem até que os padrões de distância espectral nos dados apareçam. Ele é interativo, uma vez que realiza repetidamente uma classificação inteira e recalcula as estatísticas.

Já a classificação supervisionada fundamenta-se na definição das classes e na coleta das suas respectivas amostras, denominadas como áreas de treinamento, desenvolvidas, ambas as etapas, pelo usuário. Os algoritmos de classificação utilizam-se das amostras para gerar os padrões e, assim, rotular os pixels como pertencentes a uma determinada classe (MENESES e SANO, 2012).

Dentre os métodos de classificação supervisionada está o Máxima Verossimilhança (Maxver), considera a ponderação das distâncias entre as médias dos valores dos pixels das classes, utilizando parâmetros estatísticos da classe previamente definida a partir de amostras de treinamento (CRÓSTA, 1992).

Em última instância do processo de classificação digital de imagens, procura-se obter a validação dos resultados com a avaliação da acurácia. De acordo com Meneses e Almeida (2012), um resultado com 100% de acurácia significa que todos os pixels da imagem foram classificados de forma correta, segundo um conjunto de dados que compõe a verdade terrestre. Os autores definem acurácia como valor “expresso em termos de índices que são calculados a partir de matrizes de erros que expressam a concordância entre a imagem classificada e o conjunto de amostras de referência” (MENESES E ALMEIDA, 2012, p.207).

A partir da matriz de erros é possível obter a medida descritiva de exatidão global, em uma escala de 0 a 100%, sendo que, quanto mais próximo de 100% maior exatidão entre a classificação e as amostras de referência. O Índice *Kappa* é outro método utilizado na avaliação do resultado da classificação, é utilizado como medida de concordância entre o resultado gerado e a referência adotada para a estimativa da exatidão. Esse índice varia de 0 (concordância nula) a 1 (concordância perfeita) (MENESES E SANO, 2012). O resultado da estatística *Kappa* geralmente é comparado aos valores contidos na tabela 1, proposta por Landis & Koch (1977), a fim de indicar a qualidade do mapa temático.

Tabela 1 – Qualidade da classificação associada ao índice *Kappa*.

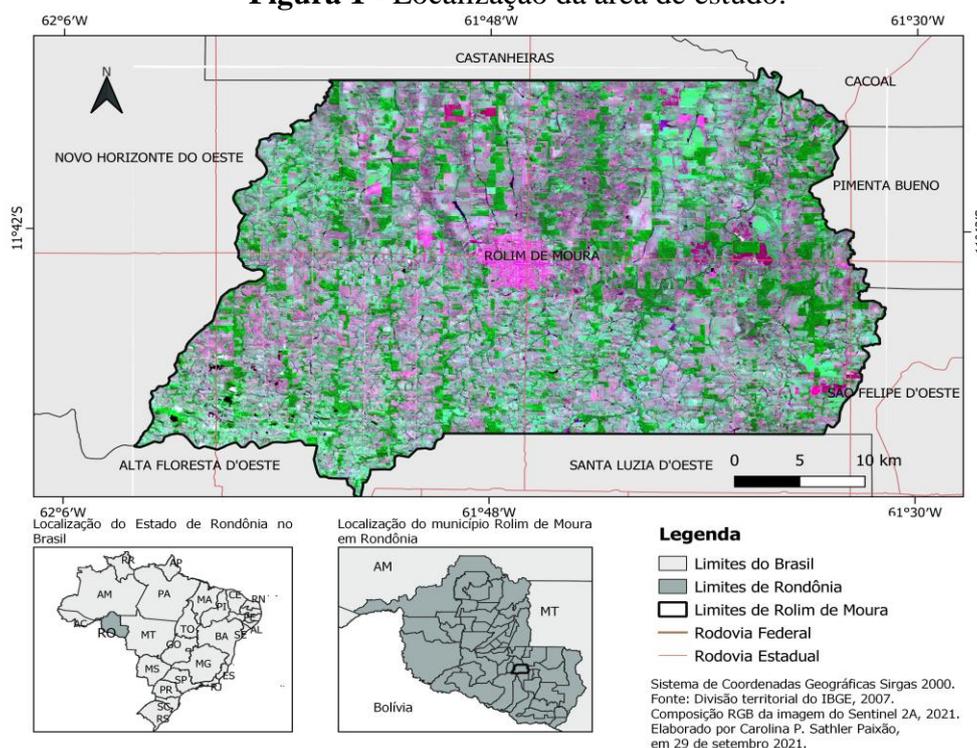
Índice <i>Kappa</i>	Desempenho	Índice <i>Kappa</i>	Desempenho
<0	Péssimo	$0,4 < k \leq 0,6$	Bom
$0 < k \leq 0,2$	Ruim	$0,6 < k \leq 0,8$	Muito Bom
$0,2 < k \leq 0,4$	Razoável	$0,8 < k \leq 1,0$	Excelente

Fonte: Adaptada de Landis & Koch (1977)

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo é o município de Rolim de Moura, localizado na região leste do Estado de Rondônia (figura 1). Com área geográfica de 1.457,811 km², sua população estimada é 55.407 habitantes (IBGE, 2020). Segundo a classificação de Köppen, apresenta um clima do tipo Aw – Clima Tropical Chuvoso, temperatura média entre 24 e 26°C e precipitação média anual em torno de 1.830mm/ano distribuindo-se em duas estações bem definidas: uma estação chuvosa compreendida entre os meses de outubro a abril; e uma estação seca compreendida entre os meses de maio a setembro (SIPAM, 2006).

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora (2021).



As seguintes etapas foram desenvolvidas para cumprimento dos objetivos desse trabalho: Download das imagens orbitais, pré-processamento, processamento, classificação e análise da acurácia dos algoritmos.

Na primeira etapa, as imagens orbitais foram obtidas do sensor MSI, abordo do satélite Sentinel-2A, com resolução espacial de 10 metros para as bandas B02, B03, B04, B08. Para abranger toda a área do município de Rolim de Moura, foram necessárias duas cenas, ambas do dia 27 de maio de 2021, disponibilizadas *online* e gratuitamente pela *United States Geological Survey* (USGS, 2021).

No pré-processamento foi realizada as correções radiométricas e atmosférica das imagens com o software *Sentinel Application Platform* (SNAP), próprio para tratamento das imagens Sentinel. Essas correções são necessárias devido a presença de desajustes na calibração dos detectores, erros esporádicos na transmissão dos dados e/ou influências atmosféricas (BAPTISTA, 2012). Posteriormente, as imagens foram importadas para o *software QGIS 3.16*, onde realizou-se a reprojeção do sistema de referência das imagens para SIRGAS 2000.

As próximas etapas foram desenvolvidas no sistema de informações geográfica *QGIS 3.16*. Para maior eficiência utilizou-se o complemento *Semi-automatic Classification Plugin* (SPC) que possibilita todas as etapas do processamento digital de imagem, inclusive a classificação e análise de acurácia.

Procedeu com o recorte para área de estudo, utilizando a máscara dos limites do município, empilhamento das bandas e combinações coloridas “falsa-cor” 4R-8G-2B a fim de diferenciar os alvos da imagem. Neste tipo de combinação, a vegetação mais exuberante é visualizada por uma forte coloração verde. Já as lavouras e vegetação de pequeno porte são vistos com tons de verde mais claro, solo exposto e área urbana em tons de magenta, e a água na cor azul escuro.

Para a classificação das imagens definiu-se 05 classes, sendo: Água (01), Pastagem (02), Solo exposto (03), Floresta (04) e Agricultura (05). Para o algoritmo Isotada, foi determinado apenas o número de classes. As características de cada classe podem ser observadas no quadro 1.



Quadro 1 – Características das classes de uso e cobertura da terra.

CLASSE	CARACTERÍSTICA
Água	Foi incluída nesta classe toda e qualquer área que apresente exposição de corpos d'água possíveis de observação, tais como: rios, lagos e igarapés.
Pastagem	Nesta classe foram incluídas áreas que depois de ter sofrido uma supressão total de sua vegetação original, foi implantado pastagem para criação de pecuária extensiva ou intensiva. Nesta classe pode conter também a vegetação dominada por espécies forrageiras, subarbusto e herbáceas invasoras.
Solo exposto	Nesta classe foram incluídas as áreas entendidas como antropizadas (áreas residenciais, estradas pavimentadas e não-pavimentadas). Além de áreas desflorestadas devido à implantação de atividades agrícolas mas está em período de pousio.
Floresta	Nesta classe foram incluídas formações de florestas característica da Amazônia, onde é característica, a presença de árvores de porte elevado e de densas copas. Também foi classificada a vegetação que ocorre ao longo dos rios (floresta ombrófila densa aluvial).
Agricultura	Foi incluída nesta classe áreas com vegetação rasteira uniforme característica de cultivos perene e anuais.

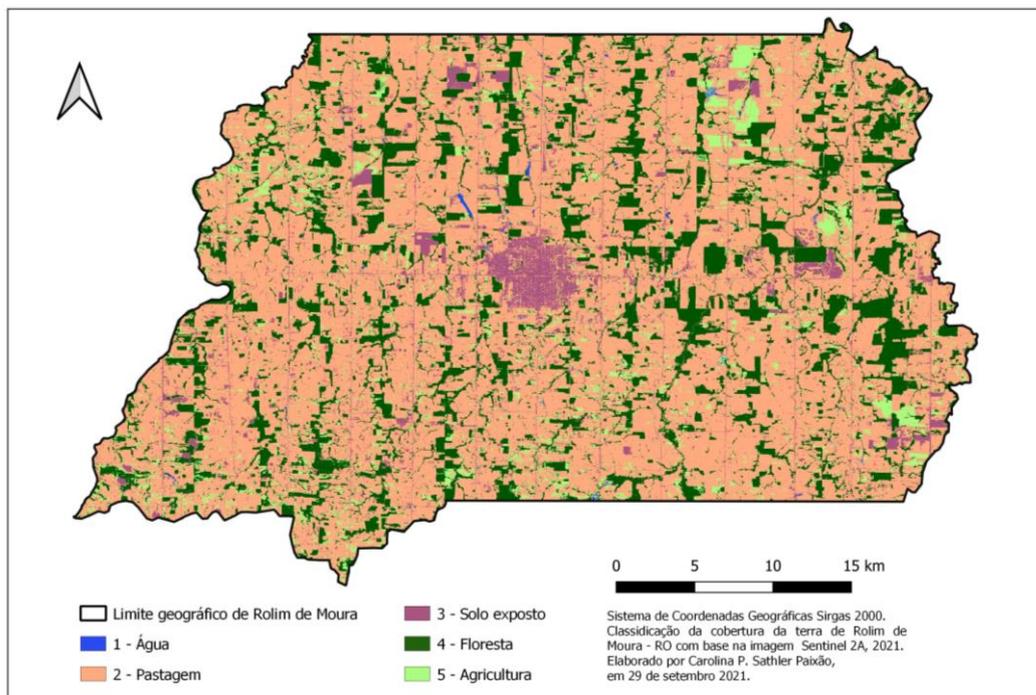
Fonte: Elaborado partir de IBGE, 2006.

Para a etapa de treinamento coletou-se 30 amostras distribuídas aleatoriamente dentro de cada classe, totalizando 150 amostras. Igualmente procedeu para coleta de amostras referência na fase pós-classificação, para análise da acurácia dos classificadores. A avaliação dos pontos de coletas para determinar a qual classe pertenciam, foi realizada por inspeção visual.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

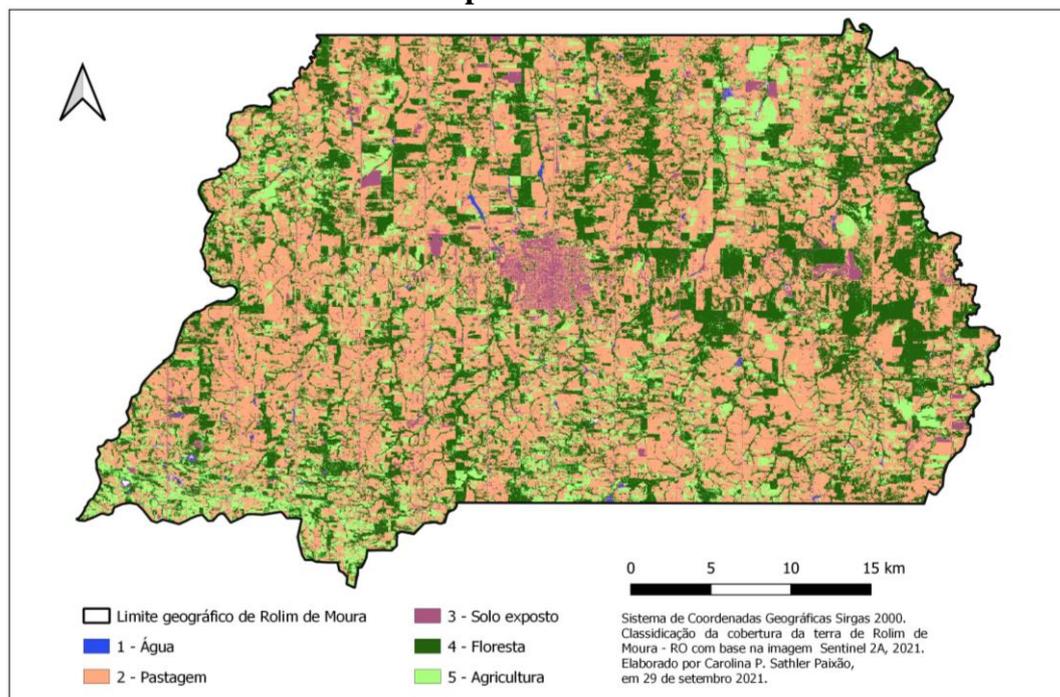
A partir do mapeamento do uso e cobertura da terra do município de Rolim de Moura para o ano de 2021 foi possível obter dois mapas temático com as classes propostas, conforme as figuras 2 e 3.

Figura 2- Mapa de classificação da cobertura da terra com método supervisionado.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Figura 3 - Mapa de classificação da cobertura da terra com método não supervisionado.



Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Neste estudo, a área urbana (mancha de solo exposto na área central das figuras 1 e 2)) não foi considerada uma classe, pois os dois métodos de classificação não fizeram distinção entre área urbana e solo exposto, logo adotou-se apenas a última.



Em ambos os resultados é possível verificar a forte antropização e a reduzida área de vegetação nativa em todo o território do município de Rolim de Moura. Esse fato está diretamente ligado a forma de ocupação do município que ocorreu há cerca de quatro décadas.

Na época, o local onde se instalou o povoado era uma área natural que predominava uma floresta densa, de acordo com a classificação do projeto Radam Brasil essa área era composta por Floresta Ombrófila Aberta, com presença de árvores de grande porte (BRASIL, 1978) Com a chegada de migrantes e a ocupação acelerada, a vegetação natural da região sofreu uma intensa degradação, no ano de 1993 cerca de 87% da área territorial do município de Rolim de Moura já havia sido alvo de desmatamento. A extração madeireira representava a principal fonte de renda dos habitantes, e nessa época chegou a existir cerca de 90 serrarias instalada e em funcionamento na cidade (JANUÁRIO, 2009).

Devido a esse processo, nota-se que para o ano de 2021, a vegetação nativa remanescente incorporada pela classe floresta apresenta distribuída espacialmente em pequenos fragmentos em ambos os métodos. Observa-se também através dos mapas temáticos, que na classificação supervisionada (figura 2) a distribuição da classe Pastagem se sobressai, e a Agricultura aparece em menores áreas quando comparado com o método não supervisionado (figura 3). A tabela 2 traz os dados quantitativos referente as áreas ocupadas por cada classe no território de Rolim de Moura, nos diferentes métodos avaliados.

Tabela 2 – Área das classes de uso e cobertura da terra do município de Rolim de Moura para o ano de 2021 com os dois classificadores.

Classes	MaxVer		Isodata	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Água	192,05	0,13	558,97	0,38
Pastagem	99.619,38	68,33	73.692,15	50,57
Solo exposto	7.983,68	5,48	5.939,24	4,07
Floresta	28.681,84	19,67	44.471,36	30,52
Agricultura	9.304,02	6,38	21.065,00	14,45

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

As classes que apresentaram maior divergência em termos de percentual de área ocupada nos métodos testados foram: Pastagem (17,7%), Floresta (10,8%) e Agricultura



(8%). E nessas foram onde ocorreu o maior erro na classificação do método não supervisionado, como pode ser observado nas matrizes de confusão.

Para quantificar os erros gerados pelos diferentes métodos de classificação utilizadas neste estudo, foram construídas as matrizes de erro ou de confusão (tabela 3 e 4), que de acordo com Meneses e Almeida (2012), essa matriz compara classe por classe, e faz a relação entre os dados de verdade terrestre (dados de referência) e os correspondentes resultados da classificação.

Tabela 3 – Matriz de confusão do método MáxVer.

Classe	Água	Pastagem	Solo exposto	Floresta	Agricultura	Total
Água	901	0	0	0	0	901
Pastagem	0	4582	1006	58	14	5660
Solo exposto	0	1	13229	11	0	13241
Floresta	0	0	0	43675	16	43691
Agricultura	0	1	0	43	12342	12386
Total	901	4584	14235	43787	12372	75879

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

Tabela 4 – Matriz de confusão do método Isodata

Classe	Água	Pastagem	Solo exposto	Floresta	Agricultura	Total
Água	910	0	0	0	0	910
Pastagem	0	17759	3020	0	20	20799
Solo exposto	0	62	10248	30	0	10340
Floresta	0	772	0	42542	0	43314
Agricultura	0	2867	0	1267	13229	17363
Total	910	21460	13268	43839	13249	92726

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.

A partir das matrizes de confusão é possível verificar que no método supervisionado (MaxVer) houve poucos pixels classificados de forma errônea, e a confusão da classificação ficou entre as classes de Solo exposto e Pastagem. A confusão entre essas duas classes pode ser em virtude do nível de degradação das pastagens. De acordo com o Rondônia (2021), no primeiro semestre deste ano o rebanho de bovídeos do município de Rolim de Moura contava com 238.543 cabeças. Se utilizarmos a área de pastagem resultante da classificação pelo MaxVer, encontraremos uma taxa de lotação de 2,4 cab/ha, acima da média estadual conforme Schlindwein et al., (2012). Altas taxas de lotação animal podem refletir em perda de qualidade da pastagem com redução do vigor das plantas, perda de qualidade da estrutura física do solo e aparecimento de áreas desprovida de vegetação (BERTONI;



LOMBARDI NETO, 2010; GREGO et al., 2011) ou seja, pastagens com alta lotação favorece o aparecimento da classe Solo exposto.

Já no método não supervisionado houve maior confusão entre as classes de Pastagem, Floresta e Agricultura. Por ser um método que não conta com a interferência do analista, ele vai trabalhar com a identificação de padrões de agrupamentos de pixels. Essas classes podem ter alvos com características espectrais semelhantes e por si só o classificador não conseguiu distingui-las

Importante destacar que a imagem foi obtida no mês de maio, um período considerado de transição entre chuvoso e seco para a região na qual a área de estudo está inserida (FISCH, MARENGO e NOBRE, 1996). Essa informação ganha relevância quando nos atentamos para o comportamento espectral de alguns alvos. Dos elementos da vegetação, as folhas são as que mais contribuem ao sinal detectado pelos sensores. Logo se as folhas estão verdes e com maior conteúdo de água ela irá apresentar uma refletância, caso estejam secas, terá outro comportamento (IBGE 2001). Cita-se como exemplo as culturas anuais, nesse período do ano elas estão secando para colheita. A depender da estrutura da vegetação, ela poderá ser classificada como Pastagem. Nesse sentido, no momento de escolher entre os métodos para classificação da imagem, é necessário fazer algumas reflexões quanto as características físicas do local e a finalidade do produto final.

Em todas as etapas de classificação, as matrizes de erros foram calculadas com o mesmo conjunto de amostras de validação. Além da exatidão global ou acurácia do mapeamento, por meio da matriz de erro, foram calculados também os erros de inclusão e de omissão por classe temática e o coeficiente *Kappa*, que auxilia na avaliação do classificador.

Para aferir a acurácia dos métodos testado, conferiu-se a precisão de cada método de classificação por meio de indicadores estatísticos, como o Índice *Kappa* e da Exatidão Global. Na tabela 5, podem ser visualizados os resultados obtidos para os métodos de classificação em cada parâmetro de verificação.

Tabela 5 – Valores obtidos pelos índices estatísticos.

Método	Índice <i>Kappa</i> (0 a 1)	Exatidão Global (%)
Isodata	0,58	68
MaxVer	0,85	90

Fonte: Elaborado pela autora, 2021.



Dentre os dois métodos testado, o MaxVer apresentou os melhores índices, de acordo com a associação realizada por Landis e Koch (1997) entre o índice *Kappa* e a qualidade da classificação, o resultado deste método pode ser considerado excelente.

Corroborando com esse resultado, Santos *et al.* (2019), estudando o desempenho de classificadores supervisionado aplicados no uso e cobertura do solo do município de Presidente Médici – RO, encontraram índice *Kappa* para o MaxVer considerado como excelente.

Já para o Isodata, os índices apresentaram valores menores, mas mesmo assim a qualidade pode ser considerada boa, de acordo com Landis e Koch (1997). Esse resultado pode ser explicado pela confusão de algumas classes, devido a mistura espectral, principalmente entre as classes solo exposto e pastagem, que possuem respostas espectrais bem próximas. Como os índices são gerados a partir da matriz de confusão, eles são influenciados. O Isodata se mostra menos sensível na percepção de mudanças nas respostas espectrais se comparado com o MaxVer. Por isso a confusão na identificação das classes

Comportamento semelhante foi obtido por Figueiredo *et al.* (2009) que dentre os quatro métodos do estudo, o Isodata foi o que apresentou menor índice *Kappa* e menor exatidão global, já o método MaxVer foi que apresentou melhores resultados para os dois índices.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os dois métodos de classificação são eficientes para o mapeamento de uso e cobertura da terra em Rolim de Moura, pois apresentaram uma acurácia boa a excelente. A acurácia do produto dá um bom indício da qualidade do mapeamento explicitando a porcentagem de área mapeada de uma classe que corresponde a sua realidade

Os indicadores estatísticos revelaram que a classificação supervisionada Máxima Verossimilhança apresentou melhor desempenho e menor confusão na identificação das classes em relação à técnica de classificação não supervisionada Isodata. Dessa forma, para regiões com características físicas semelhantes ao da área desse estudo, sugere-se a utilização do algoritmo Isodata apenas para um primeiro levantamento, um reconhecimento de área, para ter uma noção das classes de cobertura está presente nessa



área. Pois nesse sentido ele atente perfeitamente. Porém para um mapeamento com dados mais robustos, recomenda –se o MaxVer. Apesar dele requerer um pouco mais tempo na etapa de treinamento, o resultado dele tem mais segurança, além do analista poder empregar o seu conhecimento prévio área. Em suma, a escolha entre o método supervisionado ou não, dependerá do objetivo do mapeamento

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, A. C.; FRANCISCO, C. N.; ALMEIDA, C. M. Desempenho de classificadores paramétrico e não paramétrico na classificação da fisionomia vegetal. **Revista Brasileira de Cartografia**, Rio de Janeiro, n. 66/2, p. 349-363, 2014.
- BAPTISTA, G. M. de M. Processamento de dados hiperespectrais. *In*: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB, 2012. p.221-238.
- BERTONI, J.; LOMBARDI, F.N. **Conservação do solo**. 7 ed. São Paulo: Ícone, 2010. 355 p.
- BRASIL, IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Manual técnico de Uso da Terra**. Rio de Janeiro, 2006.
- BRASIL. Departamento Nacional de Pesquisa Mineral. **Projeto RADAMBRASIL. Folha SC 20 Porto Velho: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Rio de Janeiro, 1978.
- BRASIL, IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidade e Estados.2020** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/ro/rolim-de-moura.html>> acesso em 15 de jun 2021.
- CRÓSTA, A. P. **Processamento Digital de Imagens de Sensoriamento Remoto**. IG UNICAMP Campinas, SP, 1992. 170p.
- FIGUEIREDO, S. M. M.; CAVALCANTE, L. M.; VALENTIM, J. F. FIGUEIREDO, E. O. Avaliação da acurácia de classificação digital de imagens no mapeamento de áreas de pastagens degradadas em Rio Branco, Acre. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 14.,2009. **Anais eletrônicos...** Natal: INPE, 2009. Disponível em <http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr%4080/2008/11.14.12.12/doc/5789-5796.pdf> . Acesso em: 01 jul. 2021.
- FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. Clima da Amazônia. **Climanálise**, p. 24-41, 1996. Número Especial 10 anos.
- FLORENZANO, T. G. **Imagens de Satélite para Estudos Ambientais**. INPE, Oficina de Textos; São Paulo, SP, 2002. 97 p.



GREGO, C. R et al. Degradação de pastagem avaliada por atributos físicos do solo de fácil obtenção analisados por geoestatística. In: SIMPÓSIO DE GEOESTATÍSTICA APLICADA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2, 2011, **Anais...** Botucatu, SP: UNESP, 2011..

JANUÁRIO, Maria Liriece. **Rolim de Moura: Uma “Viagem no Tempo”**. Rolim de Moura/RO, 2009. 90p.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente: Uma perspectiva em recursos terrestres**. São José dos Campos, São Paulo. Parêntese Editora, 2009. 650p

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 01, p. 159-174, 1977. Disponível em >
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/843571/>. Acesso em 21 jun 2021

LEITE, E. F, ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra na bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **OBSERVATORIUM: Revista Eletrônica de Geografia**, v.4, n.12, p. 90-106, dez. 2012.

LUI, G. H.; MOLINA, S. M. G. Ocupação humana e transformação das paisagens na Amazônia Brasileira. **Amazônica. Revista de Antropologia**, [S.l.], v. 1, n. 1, abr. 2016. Disponível em: <<https://periodicos.ufpa.br/index.php/amazonica/article/view/156/229>>. Acesso em: 29 out. 2021.

MENESES, P. R.; SANO, E. E. Classificação pixel a pixel de imagens. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Brasília: UNB, 2012. p.191-208.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Fragmentação de ecossistemas: Causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Eds: RAMBALDI D. M.; OLIVEIRA. D. A. S. Brasília, DF, 2003.

NUNES, D. D.; WATANABE, M.; NUNES, A. C. S.; CAVALCANTE, M. M. A. (2015). **Formação socioambiental do estado de Rondônia**. In: SIMONIAN, L. T. L.; BAPTISTA, E. R. (orgs.). **Formação socioambiental da Amazônia**. Editora do NAEA, Belém: p. 527-622

QUEIROZ, R. B.; RODRIGUES, A. G.; GÓMEZ, A.T. Estudo Comparativo entre as Técnicas Máxima Verossimilhança Gaussiana e Redes Neurais na Classificação de Imagens IR-MSS CBERS 1. In: I WorkComp Sul, 1, 2004, Palhoça, SC, Brasil. **Anais...** Disponível em:
http://www.ufrgs.br/niece/eventos/CBCOMP/2004/pdf/Workshop_Ambiente/Inteligencia_Artificial/t170100151_3.pdf. Acesso em: 20 jun 2021.

RONDÔNIA. IDARON - Agência de de Defesa Sanitária Agrossilvopastoril do estado de Rondônia. **Informe semestral de campo referente a 1ª campanha de atualização cadastral-2021**. Disponível em: <http://www.idaron.ro.gov.br/wp->



content/uploads/2021/07/1-Reb_Geral_RELAT_FINAL-2021_1.pdf. Acesso em 18 nov 2021.

SANTOS, A. S. R. M. et al. Métodos de classificação supervisionada aplicados no uso e ocupação do solo no município de Presidente Médice - RO. **Revista Biodiversidade**, v.18, n° 1 pág. 150-159, 2019.

SCHLINDWEIN, J. A. et al. Solos de Rondônia: usos e perspectivas. In: Congresso sobre Recursos naturais da Amazônia Ocidental; Sustentabilidade Ambiental. 2012. **Anais...** Disponível em: <https://docplayer.com.br/21129937-Solos-de-rondonia-usos-e-perspectivas-1.html>. Acesso em 18 nov 2021.

SIPAM. Sistema de Proteção da Amazônia. **Diagnóstico Climático para o Município de Rolim de Moura. Porto Velho, 2006.**

USGS. United States Geological Survey. 2021. Earth Explorer. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso 10 jun. 2021.

WATANABE, M. et al. Análise do impacto do desmatamento no aporte sedimentar de bacias pareadas na Amazônia ocidental: Bacias do rio mutum-paraná, Rondônia (Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v. 19, n° 3, 2018.