



Evolução Multitemporal do Uso e Ocupação do Solo na Bacia do Ribeirão do Lipa, Cuiabá-MT Multitemporal Evolution of Land Cover and Occupation in the Ribeirão do Lipa Basin, Cuiabá-MT

Jéssica de Souza Moreira¹ & Thiago de Oliveira Faria²

¹Universidade de Brasília, Instituto de Geociências, Programa de Pós-Graduação em Geociências Aplicadas e Geodinâmica, Campus Universitário Darcy Ribeiro ICC - Ala Central, 70.910-900, Brasília, DF, Brasil

²Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Geociências, Av. Fernando Corrêa da Costa, nº 2367 - Bairro Boa Esperança, 78060-900, Cuiabá, MT, Brasil
E-mails: moreirageologia@gmail.com; thiago.geologo@gmail.com

Recebido em: 09/04/2019 Aprovado em: 21/06/2019

DOI: http://dx.doi.org/10.11137/2019_4_163_171

Resumo

A expansão urbana intensa e não planejada promove certos desequilíbrios ambientais que podem causar desconfortos sociais, muitas vezes irremediáveis. Inundações, movimentos de massa, aumento da impermeabilização e do escoamento superficial entre outros, são alguns dos impactos decorrentes do uso indevido ou irregular do solo. Este artigo aborda uma análise temporal das mudanças no uso e ocupação do solo na Bacia hidrográfica Ribeirão do Lipa, localizada no município de Cuiabá-MT, a partir de técnicas de sensoriamento remoto. Para tal foram geradas as composições das bandas 5-4-3 e 5-4-1 das cenas do sensor Landsat 5, datadas de 1984, 1992, 2000, 2008 e das bandas 6-4-1 da cena do sensor Landsat 8, datada de 2017. A preferência pelas bandas termais 1, 3, 4 e 5 do satélite Landsat 5 e das bandas 6, 5 e 2 do satélite Landsat 8 foi dada pela possibilidade de identificação de solos impermeáveis e de áreas queimadas, discriminados a partir da composição entre elas. Posteriormente foi feita a classificação das composições a partir do método algoritmo de Máxima Verossimilhança (MAXVER) nas quais foram delimitadas cinco classes: vegetação (áreas com cobertura vegetal densa); solo exposto (áreas sem cobertura vegetal); lâmina d'água (áreas com lâmina d'água ou com superfície d'água exposta) e área urbanizada (áreas construídas com solo impermeável). Comparando as imagens classificadas e a evolução das classes na ocupação do solo entre 1984 e 2017 foi possível observar um crescimento de 5,36% de vegetação, 2,05% de solo exposto e 7,07% de área urbanizada, enquanto a classe lâmina d'água teve aumento de 0,36%. As áreas queimadas diminuíram 3,73% de 1984 à 2008 enquanto no ano de 2017 não foi observado a presença de área queimada. Por ausência de imagens temporais, foram usadas as composições de bandas para validar o desempenho das classificações de acordo com o Índice Kappa. O resultado do índice Kappa foi entre muito bom e excelente, reforçando que a classificação supervisionada de bandas compostas de sensores de satélites é uma forte aliada no monitoramento do uso e ocupação do solo.

Palavras-chave: Classificação supervisionada; Bacia do Ribeirão do Lipa; uso e ocupação do solo

Abstract

Intense and unplanned urban sprawl promotes certain environmental imbalances that can cause often irreparable social discomfort. Floods, mass movements, increased waterproofing, and runoff, among others, are some of the impacts of improper or irregular use of the soil. This paper deals with a temporal analysis of changes in land cover and occupation in the Ribeirão do Lipa watershed, located in Cuiabá-MT, from remote sensing techniques. For this purpose, the composition of bands 5-4-3 and 5-4-1 of the Landsat 5 sensor scenes, dated 1984, 1992, 2000, 2008 and bands 6-4-1 of the Landsat 8 sensor scene, dated 2017. The preference for thermal bands 1, 3, 4 and 5 from the Landsat 5 satellite and bands 6, 5 and 2 from the Landsat 8 satellite was given by the possibility of identifying impermeable soils and burned areas, discern by their composition. Subsequently, the compositions were classified using the Maximum Likelihood Algorithm Method (MAXVER), in which five classes were delimited: vegetation (areas with dense vegetation cover); exposed soil (areas without vegetation cover); water surface (areas with water depth or exposed water surface) and urbanized area (areas built with impermeable soil). Comparing the classified images and the evolution of the classes in the land cover between 1984 and 2017 it was possible to observe a growth of 5,36% of vegetation, 2,05% of exposed soil and 7,07% of urbanized area, while the class water surface increased 0.36%. Burned areas decreased by 3.73% from 1984 to 2008 while in 2017 there was no burned area. Due to the absence of temporal images, band compositions were used to validate the performance of the classifications according to the Kappa Index. The Kappa index was very good to excellent, reinforcing that the supervised classification of satellite sensor bands is a strong ally in monitoring land cover and occupation.

Keywords: Supervised classification; Ribeirão do Lipa Basin; Land cover and occupation



1 Introdução

O crescimento exponencial da urbanização de Cuiabá entre 1985 a 2007 deu-se a partir da dispersão do emprego formal nas atividades de comércio e serviço, principalmente no tocante serviço de Administração Pública. O desenvolvimento urbanístico iniciou-se no meado do século XX e teve um grande aumento a partir dos anos 80 e 90, graças a invasão de áreas urbanas e formação de assentamentos informais (Dias *et al.*, 2011; Orlandi & Lima, 2012).

Decorrente da expansão urbana a cidade experimentou grandes mudanças no uso e ocupação do solo, que por ausência ou ineficiência de planejamento resultou atualmente em certas incompatibilidades entre ocupação antrópica e atributos do meio físico. Essas incompatibilidades compreendem moradias e edificações construídas em planície de inundação, em locais de nascentes e áreas de preservação permanente (Dias *et al.*, 2011).

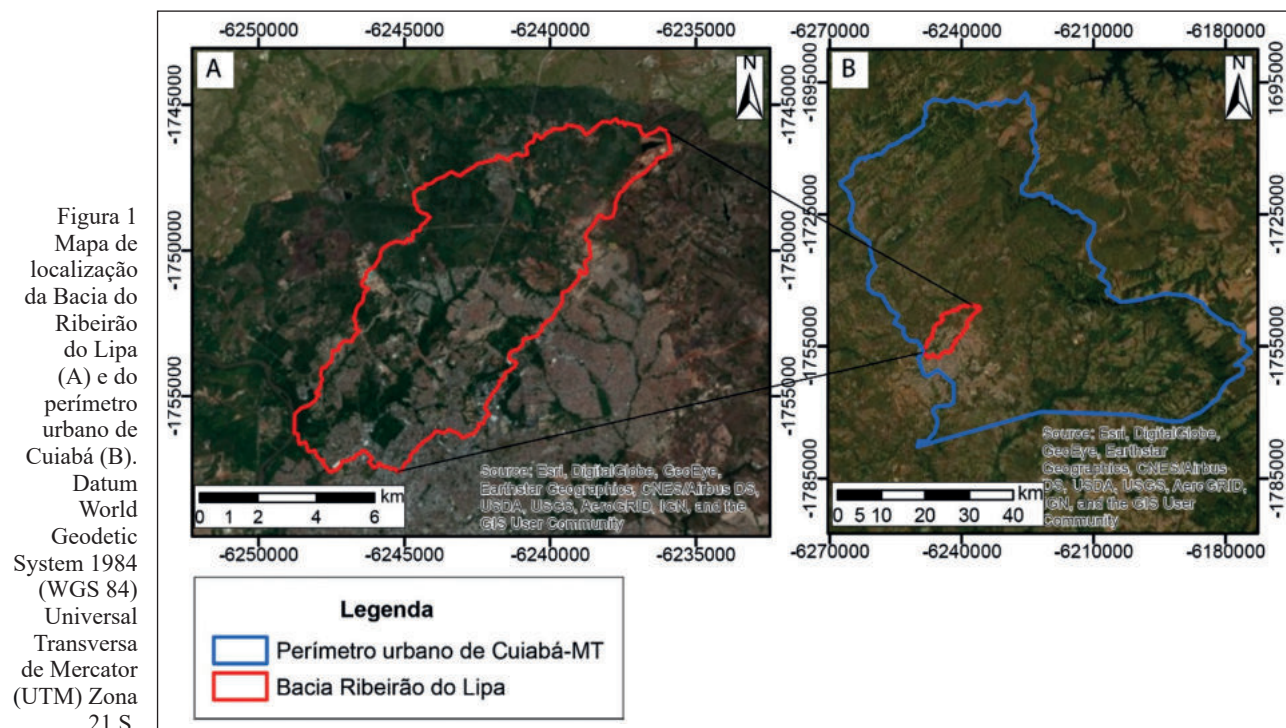
Diante das condições de crescimento urbano verificadas na Bacia do Ribeirão do Lipa, o estudo do meio físico e levantamento da evolução do uso e ocupação do solo nesta bacia pode permitir uma melhor compreensão do desenvolvimento urbano de Cuiabá e das causas de problemas ambientais decorrentes desse desenvolvimento. A análise de imagens

de sensoriamento remoto pode ser empregada na avaliação de desmatamento, desastre ambiental, monitoramento da expansão urbana e sua relação com o meio físico. Além disso é uma excelente ferramenta para detectar em tempo real, focos de incêndio (Ridd & Liu, 1998; Granemann & Carneiro, 2009; Mascarenhas *et al.*, 2009).

O presente trabalho visa compreender a evolução do uso e ocupação do solo da Bacia do Ribeirão do Lipa e identificar possíveis implicações quanto aos processos do meio físico decorrentes da ocupação antrópica ao longo das últimas décadas. Para isso, fez-se uso da composição de bandas termais de sensores dos satélites Landsat 5 e 8 e classificação supervisionada das referidas composições. Posteriormente, as classificações tiveram seu desempenho avaliado de acordo com índice Kappa.

1.1 Localização da Área de Estudo

A Bacia do Ribeirão do Lipa se localiza no município de Cuiabá, capital do estado de Mato Grosso. Essa bacia possui uma área de aproximadamente 64 km², sendo que 36 km² estão inseridos dentro do perímetro urbano (Dias *et al.*, 2011), englobando outros cursos d'água como o Córrego do Baú, o Córrego Mãe Bonifácia e o Córrego Quarta-Feira (Figura 1).



2 Materiais e Métodos

O trabalho consistiu inicialmente na aquisição e processamento de imagens do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) do Landsat 5 e Landsat 8. A delimitação da bacia de estudo foi realizada por meio da imagem SRTM, com uso de ferramentas presentes na extensão *Spatial Analyst Tools* do *software* ArcGIS 10.3 ®. A partir das imagens Landsat 5 e Landsat 8 foi realizada a composição de bandas com uso de ferramentas presentes no *Data Management Tools* do mesmo *software*.

Posteriormente foi feita a classificação supervisionada pela técnica MAXVER, considerando as classes temáticas vegetação, solo exposto, lâmina d'água, áreas queimadas e área urbanizada. A Figura 2 mostra em formato de fluxograma as etapas metodológicas desenvolvidas neste trabalho.

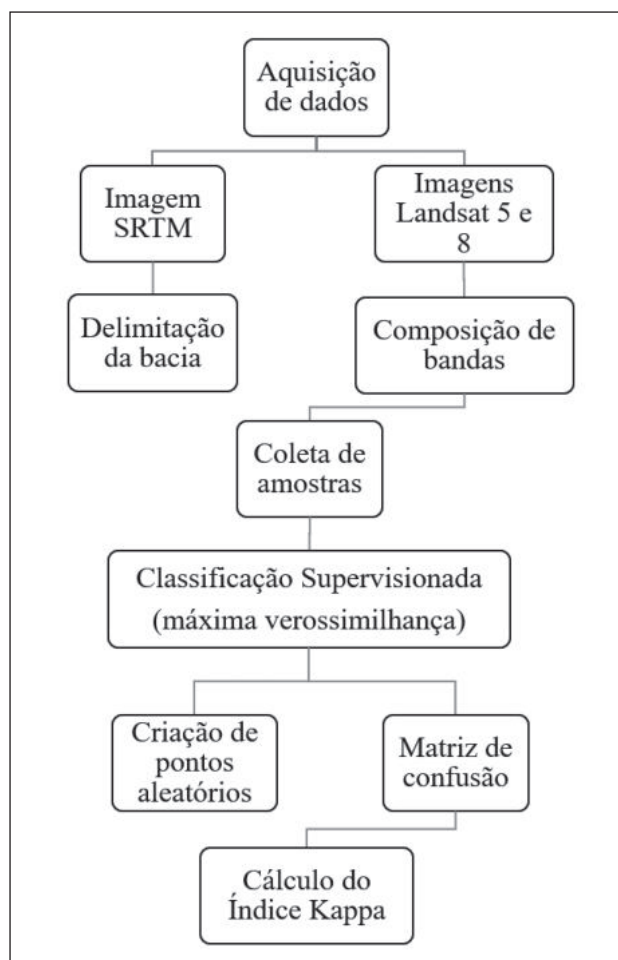


Figura 2 Fluxograma das etapas metodológicas desenvolvidas.

2.1 Aquisição de Dados de Sensoriamento Remoto e Delimitação da Bacia de Estudo

Para a delimitação da área de estudo, utilizou-se uma imagem do *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) disponibilizada através do *site* <http://earthexplorer.usgs.gov>, com identificação SRTM1S16W057V3. Após obtenção da imagem SRTM a mesma foi exportada para um formato *grid* para posterior delimitação automática da bacia a partir da ferramenta *Spatial Analyst*.

Segundo Garcia *et al.* (2014), as melhores composições para discriminação de solos impermeáveis são, respectivamente: 5-4-1, 5-3-1, 5-3-2, 4-3-2 e 7-5-1. No entanto, para este trabalho as composições de bandas selecionadas foram 5-4-1 e 5-4-3 para o Landsat 5 e 6-5-2 para o Landsat 8. A preferência pelas bandas termais 1, 3, 4 e 5 do satélite Landsat 5 e das bandas 6, 5 e 2 do satélite Landsat 8 foi dada pela possibilidade de identificação de solos impermeáveis e de áreas queimadas, discriminados a partir da composição entre elas.

Para as cenas dos anos 1984 e 2000 optou-se pela composição das bandas 5-4-3 por serem consideradas adequadas para estimar áreas queimadas (Roza & Ribeiro, 2013). As áreas queimadas foram definidas e diferenciadas dos corpos d'água a partir da comparação das composições com a banda 7 do Landsat 5 e Landsat 8, uma vez que esta apresenta a maior assinatura espectral de refletância e sendo julgada, portanto, como a mais eficiente para identificação destas áreas (Chen *et al.* 2016).

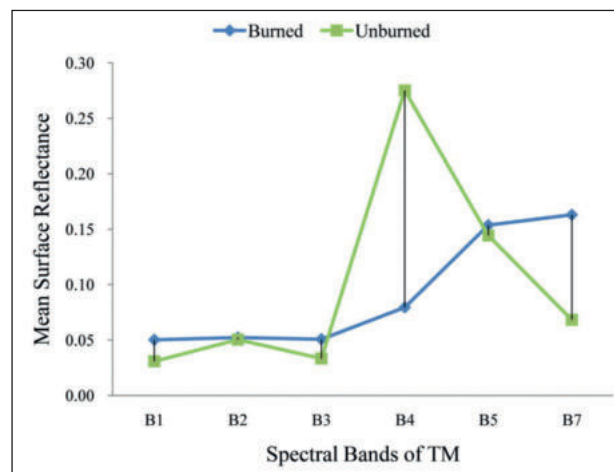


Figura 3 As assinaturas espectrais das bandas multiespectrais Landsat 5 e 8 sensor *Thematic Mapper* (TM) para área florestal e áreas queimadas. Extraído de Chen *et al.* (2016).

O *Thematic Mapper* (TM) é um sensor multiespectral bastante utilizado nas áreas de monitoramentos terrestres, além de estudos da dinâmica urbana (Vinagre, 2015). Como critério, para este trabalho foram selecionadas as imagens adquiridas no período de estiagem (entre os meses de maio a setembro) dos anos 1984, 1992, 2000, 2008 e 2017. O período de estiagem é propício para a aquisição dessas imagens por ter o mínimo de interferência de nuvens (Nascimento *et al.*, 2016).

Para a composição de bandas, os dados orbitais utilizados foram:

- Quatro cenas do sensor TM do satélite Landsat 5, com resolução espacial de 30 metros (bandas 5,4,3,1), órbita ponto 226/71. Os anos escolhidos foram: 1984, 1992, 2000 e 2008.
- Uma cena do sensor TM do satélite Landsat 8, com resolução espacial de 30 metros (bandas 6, 5, 2), órbita ponto 226/71. Ano: 2017.

2.2 Classificação Supervisionada

O método estatístico abordado para a classificação supervisionada das imagens foi o algoritmo de Máxima Verossimilhança (MAXVER). O método deriva do teorema de Bayes e consiste na consideração das distâncias entre as médias dos grupos de pixels das amostras por classes (Ahmad & Quegan, 2012; Rodrigues *et al.* 2014).

Para classificação supervisionada realizou-se a análise visual nas composições de bandas e coleta de amostras, estabelecendo cinco principais classes de acordo com o comportamento espectral de cada uma das delas. São elas:

- vegetação (áreas com cobertura vegetal densa);
- solo exposto (áreas sem cobertura vegetal);
- lâmina d'água (áreas com lâmina d'água ou com superfície d'água exposta); e
- área urbanizada (áreas construídas com solo impermeável).

As amostras de treinamentos foram coletadas de acordo com as classes identificadas e suas respectivas assinaturas espectrais. As áreas urbanas foram

reconhecidas por exibir a cor roxa em tom azulado/acinzentado, a vegetação pela cor verde, o solo exposto pelas cores amarela e branca e os corpos d'água pelas cores azul e azul escuro.

2.3 Validação da classificação pelo Índice Kappa

Para a validação dos pontos utilizou-se como referência a composição de bandas respectivas de cada imagem classificada. Em uma situação ideal é recomendável que sejam usados dados verdadeiros de campo para validação da imagem classificada, entretanto, a ausência de mapas e/ou fotografias aéreas antigas da área de estudo impossibilita esse recurso. Vale ressaltar que a composição de bandas é uma ferramenta bastante aplicada no uso de mapeamento do uso e ocupação do solo (Ahmad & Quegan, 2012; Alban *et al.*, 2018), em especial quando não se tem acesso à fotos aéreas temporais.

Para a criação da matriz de confusão, as imagens classificadas foram convertidas para o formato vetorial. Para a validação, criou-se 500 (quinhentos) pontos aleatórios para cada imagem classificada, os quais foram distribuídos na área de estudo. Transformado os pontos aleatórios em formato raster, fez-se a intersecção desses dados com as imagens classificadas. Após obtenção da matriz de confusão calculou-se o desempenho da classificação das imagens de acordo com o Índice Kappa (Landis & Koch, 1977).

Valor Kappa	Desempenho da classificação
<0,00	Inexistente
0,00-0,20	Baixa
0,20- 0,40	Razoável
0,40- 0,60	Boa
0,60- 0,80	Muito boa
0,80-1,0	Excelente

Tabela 1 Valores do Índice Kappa. Adaptado de Landis & Koch (1977).

3 Resultados e Discussões

Ao avaliar as classificações supervisionadas da Bacia do Ribeirão do Lipa foi possível observar as mudanças da taxa de domínio de cada classe entre os anos 1984 e 2017. As imagens classificadas são discutidas individualmente no item 3.1, e o de-

sempenho das classificações de acordo com o Índice Kappa pode ser verificado no item 3.2.

3.1 Classificação Supervisionada

As imagens classificadas foram analisadas individualmente, calculando a ocupação de cada classe conforme os anos. Conforme pode ser observado nas Figuras de 4 à 8, a classe de vegetação é predominante na área, ocupando 31km² (47,7%) de uma área total de 64,98 km² (área total da bacia) no ano de 1984 (Figura 4) e tendo sua distribuição concentrada na região noroeste, sudoeste e nordeste.

A classe solo exposto ocupa 9,38 % da área na imagem do ano de 1984, e é representada por toda superfície descoberta concentrando-se principalmente na região central da área e ao redor de uma drenagem situada no atual bairro Jardim Vitória. Já a classe da área urbanizada ocupa 26,33% sobretudo, na região sul-sudeste enquanto as superfícies cobertas por lâminas d'água representam um total de 1,45%.

A classe áreas queimadas, ocupando 14,86 % da área, localiza-se, em sua maioria, na região norte – noroeste, embora tenha também sua distribuição em outras porções da área.

Na imagem classificada do ano de 1992 (Figura 5) é possível observar que as classes solo exposto e urbanização tiveram aumento de 3,92% e 1,71% respectivamente. A classe vegetação teve aumento de 0,2% e a classe lâmina d'água teve um decréscimo de 0,13%. A classe área queimada, por sua vez, teve um decréscimo de 5,68% em sua área de ocupação, ainda concentrada na região norte da área.

Comparada com a imagem classificada de 1992, observa-se que em 2000 (Figura 6) a classe de solo exposto obteve um acréscimo de 5,8 % de área ocupada, principalmente na região nordeste e central. As classes área urbanizada e área queimada tiveram um decréscimo de 2,56% e 3,59% respectivamente. A classe vegetação teve um decréscimo de 0,11% e a classe lâmina d'água aumentou 0,41% de área ocupada.

Entre os anos de 2000 e 2008 (Figura 7) constatou-se nas imagens classificadas, um decréscimo na taxa de domínio de 2,47% e 2,42% referentes as classes área urbana e solo exposto, respectivamente. A taxa de ocupação da classe vegetação diminuiu 0,33%, a classe lâmina d'água diminuiu 0,30%, enquanto a classe área queimada apresentou um avanço de 5,53%, principalmente na região nordeste, onde atualmente é uma área fora do perímetro urbano de Cuiabá.

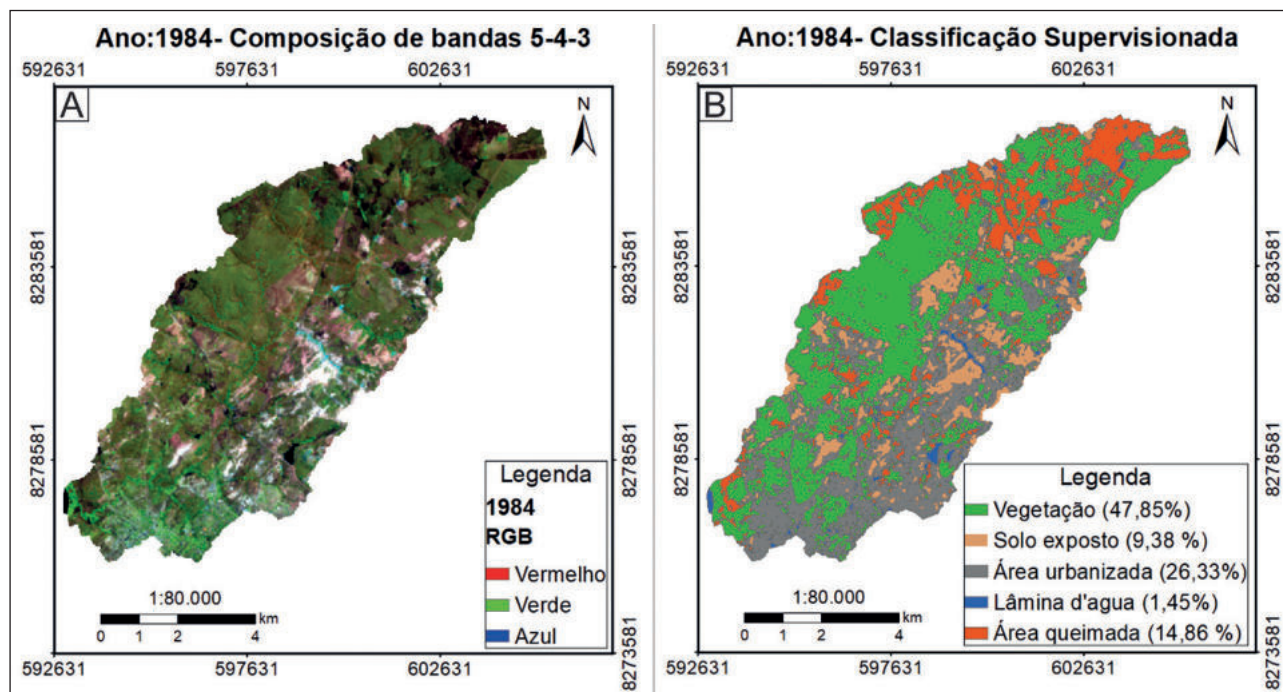


Figura 4 (A) composição de bandas 5-4-3 do Landsat 5 e (B) classificação supervisionada. Datum WGS 84 UTM Zona 21 S.

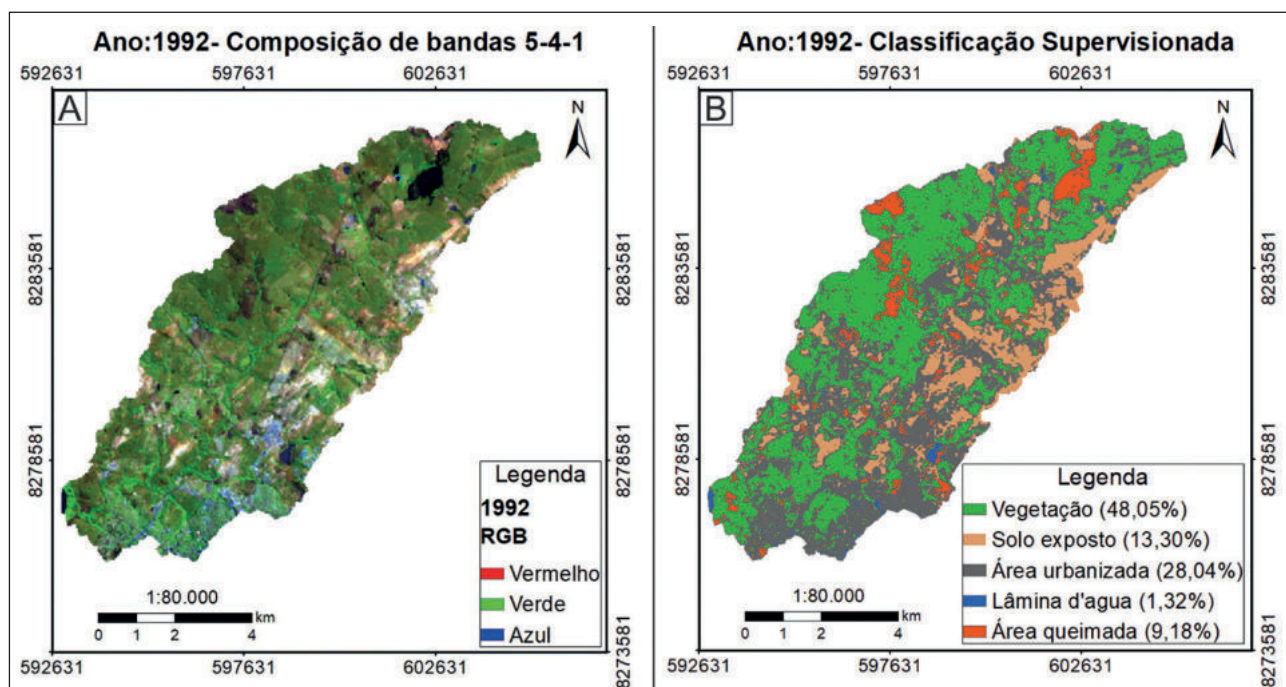


Figura 5 (A) composição de bandas 5-4-1 do Landsat 5 e (B) classificação supervisionada. Datum WGS 84 UTM Zona 21 S.

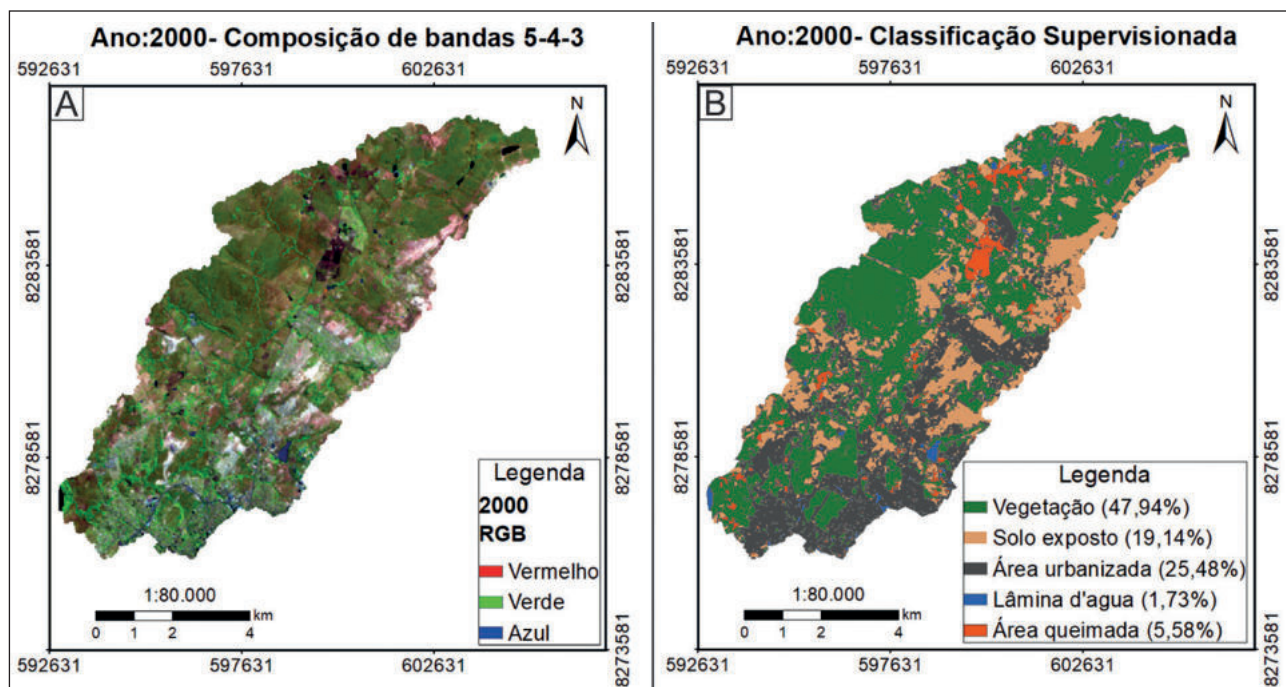


Figura 6 (A) composição de bandas 5-4-3 do Landsat 5 e (B) classificação supervisionada. Datum WGS 84 UTM Zona 21 S.

Já na imagem de 2017 (Figura 8) a classe vegetação teve um aumento de 5,61%, enquanto a classe área urbanizada avançou 10,39 % desde o registro de 2008. A classe solo exposto apresentou um decréscimo de 5,28% de área ocupada

e está concentrada principalmente fora do perímetro urbano, na região nordeste da bacia. Por fim, a classe lâmina d'água avançou 0,39% e a classe área queimada não foi esteve presente na cena de 2017.

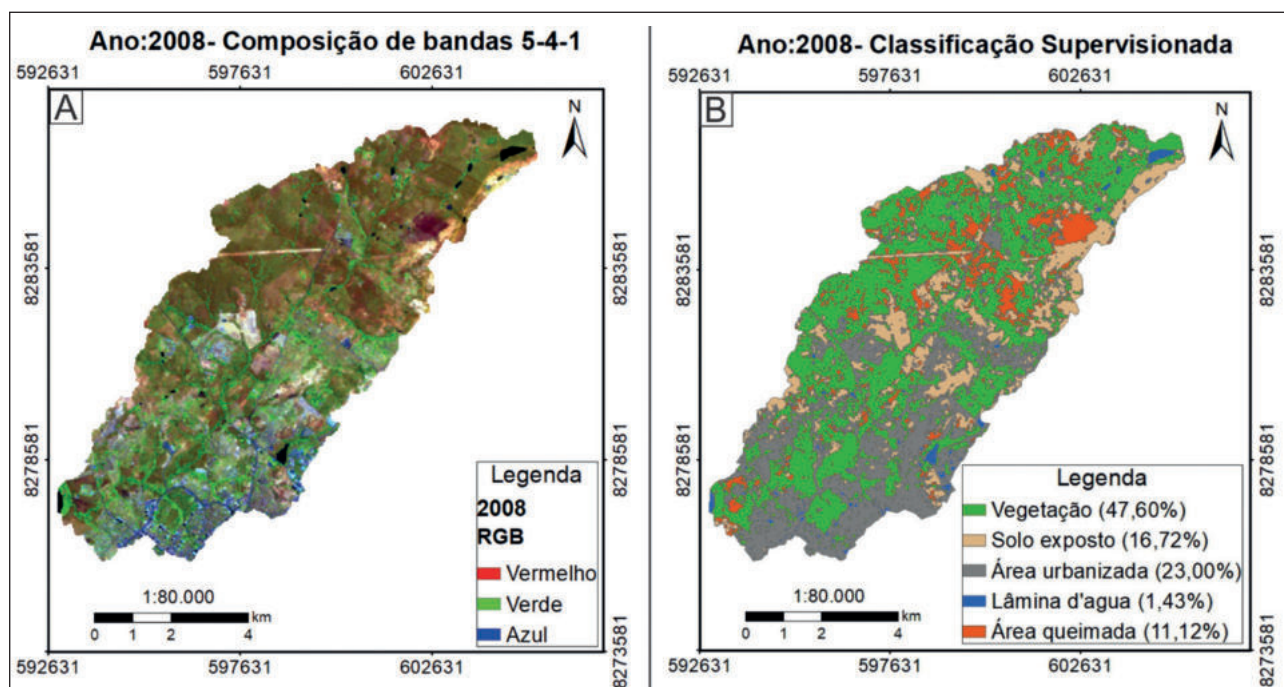


Figura 7 (A) composição de bandas 5-4-1 do Landsat 5 e (B) classificação supervisionada. Datum WGS 84 UTM Zona 21 S.

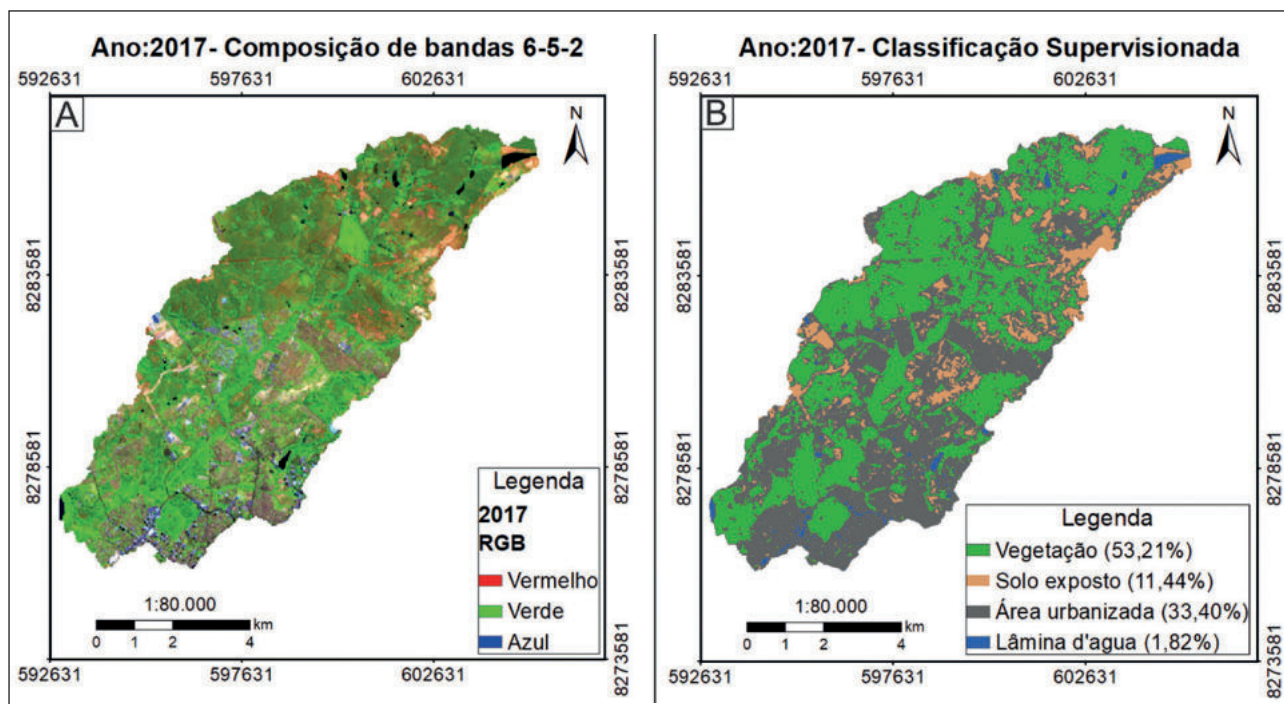


Figura 8 (A) composição de bandas 6-5-2 do Landsat 8 e (B) classificação supervisionada. Datum WGS 84 UTM Zona 21 S.

Comparando as imagens classificadas e a evolução das classes na ocupação do solo entre 1984 e 2017 foi possível observar um crescimento de 5,36% de vegetação, 2,05% de solo exposto e 7,07% de

área urbanizada, enquanto a classe lâmina d'água não obteve aumento significativo, apenas de 0,36%. A classe área queimada diminuiu 3,73% de 1984 à 2008 enquanto no ano de 2017 não foi observado a

presença de área queimada. A Tabela 2 apresenta a taxa de domínio de área de cada classe nos anos de 1984, 1992, 2000, 2008 e 2017. A Figura 9 apresenta, em forma de gráfico, a evolução das diferentes classes.

Ano	Classes				
	Vegetação	Área Urbanizada	Solo Exposto	Lâmina d'água	Área Queimada
1984	47,85%	26,33%	9,38%	1,45%	14,86%
1992	48,05%	28,04%	13,30%	1,32%	9,18%
2000	47,94%	25,48%	19,14%	1,73%	5,58%
2008	47,60%	23,00%	16,72%	1,43%	11,12%
2017	53,21%	33,40%	11,44%	1,82%	

Tabela 2 Tabela com taxa de domínio de área de cada classe.

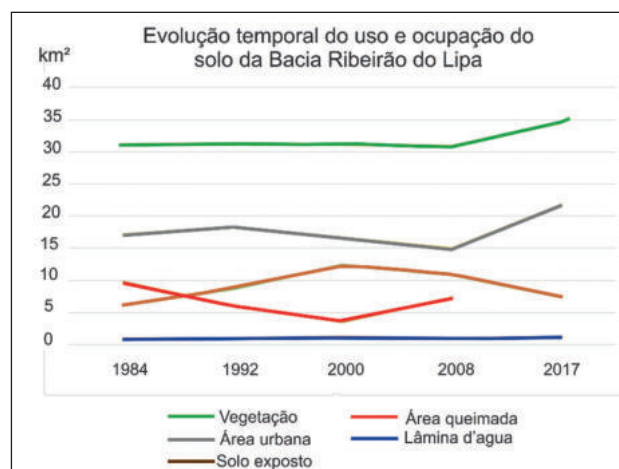


Figura 9 Gráfico da evolução temporal do uso e ocupação do solo da Bacia do Ribeirão do Lipa entre os anos 1984 e 2017.

3.2 Desempenho da Classificação- Índice Kappa

A classificação supervisionada das imagens apresentou-se bem sucedida, uma vez que seu desempenho foi atestado pelo índice Kappa entre muito bom e excelente (Tabela 2). A imagem classificada que demonstrou pior desempenho foi a referente ao ano de 2017, com índice Kappa 0,667, porém, ainda assim representa um resultado satisfatório.

Imagem Classificada	1984	1992	2000	2008	2017
Índice Kappa	0,844	0,823	0,724	0,741	0,667

Tabela 3 Índices Kappa das matrizes de confusão respectivas de cada imagem classificada.

4 Conclusões

Embora o processo de urbanização tenha apresentado um crescimento significativo nas últimas décadas, a Bacia do Ribeirão do Lipa ainda possui um alto índice de cobertura vegetal, quando comparado às demais classes delimitadas. A presença de índice significativo de cobertura de vegetação é importante para prevenção de problemas ambientais relacionados a processos do meio físico, como erosões, assoreamentos, alagamentos e enchentes, que podem ser potencializados com o aumento da exposição e impermeabilização do solo.

No que diz respeito à metodologia abordada, a classificação supervisionada através do método de Máxima Verossimilhança apresentou-se bastante satisfatória para a identificação das classes na área de estudo. Acredita-se que isso deve-se principalmente à dois fatores: (1) a escolha de combinações de bandas adequadas e (2) da coleta cautelosa de amostras de treinamento, utilizando, quando necessária, a comparação com a banda 7 a fim de separar as classes “áreas queimadas” e “corpos d’água”.

Os valores do índice Kappa obtidos neste trabalho enfatizaram que a classificação supervisionada é uma importante ferramenta para a análise temporal do uso e ocupação do solo, podendo ter aplicabilidade também para o monitoramento de áreas queimadas.

5 Agradecimentos

Os autores agradecem à revisora Dra. Alessandra Svonka Palmeiro pela revisão e contribuições com o trabalho.

6 Referências

- Ahmad, A. & Quegan, S. 2012. Analysis of maximum likelihood classification on multispectral data. *Applied Mathematical Sciences*, 6 (129): 6425 – 6436.
- Alban, J.D.T.; Connette, G.M.; Oswald, P. & Webb, E.L. 2018. Combined Landsat and L-Band SAR data improves land cover classification and change detection in dynamic tropical landscape. *Remote Sensing*, 10 (306): 1-28.
- Chen, W.; Moriya, K.; Sakai, T.; Koyama, L. & Cao, C.X. 2016. Mapping a burned forest area from Landsat TM data by multiple methods. *Geomatics, Natural Hazards and*

- Risk*, 7 (1): 384-402.
- Dias, F.A.; Gomes, L.A. & Alkimim, J.K. 2011. Avaliação da qualidade ambiental urbana da Bacia do Ribeirão do Lipa através de indicadores, Cuiabá/MT. *Sociedade & Natureza, Uberlândia*, 23 (1): 127-147.
- Earth Explorer. 1984. Imagens Landsat 5. Órbita 226, ponto 071. Data de Passagem 17/08/1984. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 de junho de 2017.
- Earth Explorer. 1992. Imagens Landsat 5. Órbita 226, ponto 071. Data de Passagem 14/07/1992. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 de junho de 2017.
- Earth Explorer. 2000. Imagens Landsat 5. Órbita 226, ponto 071. Data de Passagem 28/07/2000. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 de junho de 2017.
- Earth Explorer. 2008. Imagens Landsat 5. Órbita 226, ponto 071. Data de Passagem 19/08/2008. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 de junho de 2017.
- Earth Explorer. 2017. Imagens Landsat 8. Órbita 226, ponto 071. Data de Passagem 8/05/2017. Disponível em: <<http://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 10 de junho de 2017.
- Garcia, P.; Pérez, M.E. & Guerra, A. 2014. Using TM images to detect soil sealing change in Madrid (Spain). *Geoderma*, 214-215: 135-140.
- Granemann, D.C. & Carneiro, G.L. 2009. Monitoramento de focos de incêndio e áreas queimadas com a utilização de imagens de sensoriamento remoto. *Revista de Engenharia e Tecnologia*, 1 (1): 55-62.
- Landis, J.R. & Koch, G. 1977. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33 (1): 159-174.
- Mascarenhas, L.M.L.; Ferreira, M.E. & Ferreira, L.G. 2009. Sensoriamento remoto como instrumento de controle e proteção ambiental: análise da cobertura vegetal remanescente na bacia do rio Araguaia. *Sociedade & Natureza*, 21 (1): 5-18.
- Nascimento, I.S.; Cruz, C.B.M.; Neves, S.M.A. & Galvanin, E.A.S. 2016. Avaliação da exatidão dos classificadores Maxver e Iso Cluster do software ArcGIS for desktop, com uso de imagem Landsat 8 do município de Cáceres/MT. *Revista Continentes (UFRRJ)*, 5 (8): 48-62.
- Orlandi, M. & Lima, J.F. 2012. Ocupação Territorial e a Espacialidade das Atividades Econômicas: O Caso do Estado de Mato Grosso. *Informe Gepec*, 16 (1): 26-41.
- Ridd, M.K. & Liu, J.A. 1998. Comparison of Four Algorithms for Change Detection in an Urban Environment. *Remote Sens. Environmental*, 63 (1): 95-100.
- Rodrigues, B.T.; Malheiros, J.M. & Campos, S. 2014. Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicado ao uso da terra para avaliação entre classificadores a partir do Índice Kappa. *Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal*, 23 (1): 60-70.
- Roza, W.S.S. & Ribeiro, S.R.A. 2013. Detecção e estimativa de área queimada entre o limite do Parque Estadual de Vila Velha – PR e sua zona de amortecimento mediante sensoriamento remoto. *Sociedade e Território*, 25 (1): 102 – 118.
- Vinagre, J. 2015. *Mapeamento de Áreas Queimadas usando Séries Temporais Normalizadas Derivadas de Dados NBR-MODIS durante o Período 2001-2014 no Parque Nacional das Emas*. Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade de Brasília, Dissertação de Mestrado, 65p.