

## **ANÁLISE TEMPORAL DA OCUPAÇÃO DO SOLO NA BACIA DO MUCURI NAS ÚLTIMAS DÉCADAS**

**RAFAEL ALVARENGA ALMEIDA<sup>1</sup>, LUAN VIANA DOS SANTOS<sup>2</sup>, ANA LUIZA GRATEKI BARBOSA<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Engenheiro Agrícola, Doutor em Engenharia Agrícola, Docente na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, rafael.almeida@ufvjm.edu.br.

<sup>2</sup> Engenheiro Hídrico, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, luanviana2@hotmail.com

<sup>3</sup> Engenheira Hídrica, Mestranda em Tecnologia, Ambiente e Sociedade na Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, al\_grateki@gmail.com

Apresentado no

XLVI Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2017

30 de julho a 03 de agosto de 2017 - Maceió - AL, Brasil

**RESUMO:** Os impactos causados pelo homem no ambiente têm se intensificado nas últimas décadas devido a alterações econômicas, tecnológicas e sociais. Deste modo, faz-se necessário analisar estes impactos bem como as alterações ocorridas no ambiente para se conhecer as características de uma determinada região. Dentre as ferramentas existentes para análise das alterações, destaca-se o sensoriamento remoto, que utiliza imagens obtidas por satélites para verificação das características da superfície. A Bacia Hidrográfica do Mucuri passa por diversas mudanças devido aos avanços industriais e a alterações entre suas principais fontes de renda: agricultura e pecuária. Além disto, a instalação de áreas de proteção permanente e outras medidas de proteção de florestas, faz com que aconteçam mudanças na ocupação do solo da região. Com base nesta necessidade, este estudo buscou analisar através das ferramentas do sensoriamento remoto as alterações no uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do Mucuri durante quatro períodos entre os últimos 30 anos, levando em consideração as classes floresta, água, solo exposto, manchas urbanas, áreas de campo e agrícolas. Foram evidenciadas mudanças significativas no uso do solo em toda a região.

**PALAVRAS-CHAVE:** mapeamento, classificação, SIG

## **TEMPORAL ANALYSIS OF SOIL OCCUPATION IN THE MUCURI BASIN IN THE LAST DECADES**

**ABSTRACT:** The impacts caused by man on the environment have intensified in the last decades due to economic, technological and social changes. In this way, it is necessary to analyze these impacts as well as the changes that have occurred in the environment to know the characteristics of a given region. Among the existing tools for analysis of changes, stands out the remote sensing, which uses images obtained by satellites to verify the surface characteristics. The Mucuri River Basin undergoes several changes due to industrial advances and changes in its main sources of income: agriculture and livestock. In addition, the installation of permanent protection areas and other measures to protect forests causes changes in land occupation of the region. Based on this need, this study sought to analyze through the tools of remote sensing the changes in land use and occupation in the Mucuri watershed during four periods between the last 30 years, considering forest, water, soil exposed, urban, rural and agricultural areas. Significant changes in land use were evidenced throughout the region.

**KEYWORDS:** mapping, classification, GIS

## **INTRODUÇÃO**

Os impactos causados pelo homem no meio ambiente têm se intensificado com o passar dos anos, sendo as ações relacionadas à dinamicidade social e ao desenvolvimento econômico principais causadores de constantes mudanças na superfície terrestre. O estudo do uso e ocupação do solo visa conhecer o ambiente e a distribuição de suas várias formas, como a retirada de vegetação, construções urbanas, áreas de preservação, agricultura entre outras atividades (VAEZA *et al.*, 2010).

Diante dessa problemática é de extrema relevância o estudo de uso e ocupação do solo como forma de embasamento de projetos de gestão ambiental, práticas de zoneamento e outros procedimentos que necessitem de um conhecimento da superfície de interesse. Com maior recorrência, as áreas de vegetação natural são substituídas por agricultura e pastagem, causando grandes danos aos recursos naturais, assim, tem-se a necessidade de tecnologias que possibilitem localizar e monitorar esses problemas causados, para que se adotem práticas de mitigação e combate. Desta forma os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) aliados ao geoprocessamento se apresentam como importantes ferramentas (ZANATA, 2014).

Destaca-se o sensoriamento remoto, que é uma técnica de obtenção de imagens da superfície terrestre por meio de detecção e medição quantitativa das respostas eletromagnéticas dos objetos terrestres, em sua maioria detectados por satélites imageadores. Essas imagens são fonte de informação para a produção de mapas representativos da superfície terrestre (MENESES, 2012).

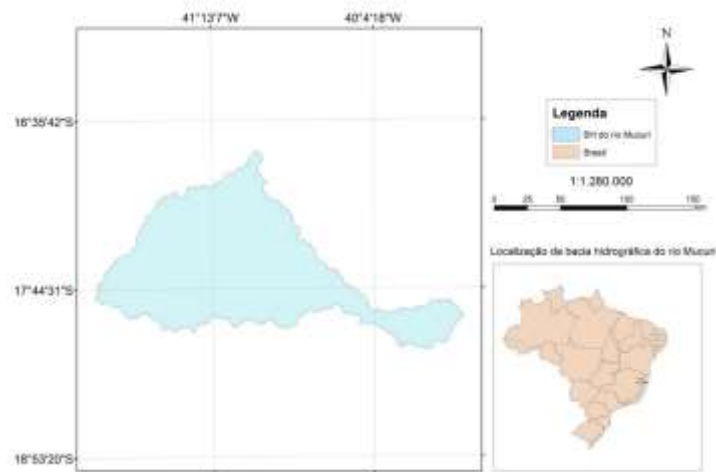
A bacia hidrográfica do rio Mucuri que com o passar dos anos vem sofrendo severas modificações devido as suas principais fontes de renda que são a agricultura e a pecuária. Deste modo, este estudo visa avaliar a dinâmica do uso do solo na bacia hidrográfica do Mucuri nas últimas três décadas através de técnicas de sensoriamento remoto.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

### **Área de Estudo**

A Figura 1 mostra a bacia hidrográfica do Mucuri (BHM), uma importante sub-bacia localizada na Bacia do Atlântico Leste e engloba 17 municípios. Caracteriza-se pelas atividades de agricultura e pecuária, além da atividade mineradora, principalmente na região de Teófilo Otoni – MG, que é o principal polo econômico e urbano da bacia. O principal rio da BHM estende-se por 446 km, desde sua nascente até a sua foz, no Oceano Atlântico, sendo 78% em território mineiro e 22% entre os estados da Bahia e do Espírito Santo, até o desague

no oceano. Sua largura média é de 45 metros e tem como principais afluentes os rios Todos os Santos, Pampã, Marambaia e Negro (IGAM, 2016).



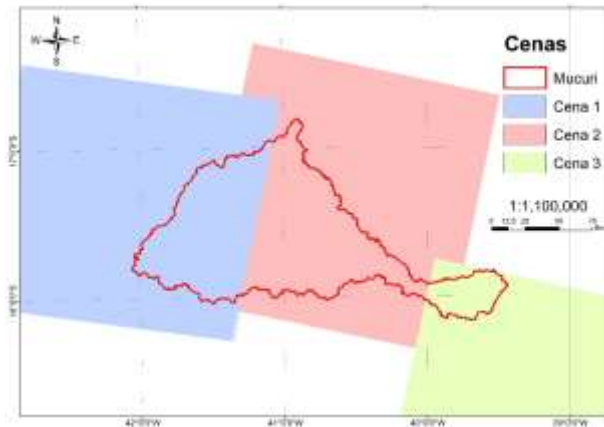
**FIGURA 1-** Bacia Hidrográfica do Mucuri

O clima na região onde a bacia hidrográfica do rio Mucuri se localiza, estende do semiúmido ao úmido do tipo Aw na classificação de Köppen (KOTTEK *et.al.*, 2006), com temperatura média anual de 23° Celsius (IBGE, 2002). Predominam os solos do tipo Argissolo do tipo Latossolos. A vegetação da bacia é composta por poções de floresta alocadas entre pastagens, rodovias e áreas urbanas, destacando-se também a elevada degradação do solo, devido ao uso intenso na agropecuária ao longo dos séculos (FELIPPE *et al.*, 2009).

### **Imagens Utilizadas /Software Utilizado**

Para a elaboração deste estudo, utilizou-se do software de sistemas de informações geográficas (SIG) ArcGis versão 10.0. As imagens analisadas foram obtidas gratuitamente, na plataforma *Earth Explorer* da Unidade de Pesquisa Geológica dos Estados Unidos (*United States Geological Survey - USGS*).

Quatro períodos distintos foram analisados, definidos em função da disponibilidade das imagens da USGS. Para a composição do mapa de cada período, foram necessárias três cenas dispostas conforme Figura 2. As cenas de um mesmo período são provenientes de um mesmo satélite e preferencialmente adquiridas no verão, por apresentar uma menor cobertura de nuvens.



**FIGURA 2** - Disposição das cenas analisadas

Na Tabela 1 são exibidas as informações das cenas utilizadas em cada um dos períodos em análise.

**TABELA 1** -Dados das cenas utilizadas

	Ano	Satélite
Período 1	1989	LandSat 5
Período 2	2001	LandSat 7
Período 3	2008	LandSat 5
Período 4	2015	LandSat 8

### Classificação das Imagens

As imagens compostas foram referenciadas com base no *datum* SIRGAS 2000, fuso 24 do hemisfério sul e com sistema de coordenadas UTM, com unidades em metro. As classes escolhidas foram: Floresta; Água; Campo; Solo Exposto; Mancha Urbana e Área Agrícola. Em cada cena, foram coletadas 50 amostras para cada classe, seguindo orientações de Congalton (2005), que sugere utilização de 50 a 100 pixels para cada classe. Cada amostra de treinamento consistiu de um polígono retangular com 4x3 *pixels*. Estas amostras de treinamento foram utilizadas posteriormente para a obtenção do arquivo de assinatura da cena.

A assinatura da cena se utiliza das características espectrais das amostras coletadas para definir padrões para cada classe. Isto possibilita que a imagem original seja classificada nas mesmas classes coletadas no treinamento, através da ferramenta *Maximum Likelihood Classification* (MLC) (GONZALES; WOODS; 2000).

De modo a analisar a qualidade dos dados obtidos, fez-se necessária a obtenção de amostras de validação da classificação. Coletou-se então aproximadamente 120 *pixels* em cada classe, atentando-se para que na nova coleta não fossem adicionados pontos utilizados nas amostras de treinamento. A ferramenta *Tabulate Area* compara as amostras de validação com o resultado obtido na classificação. Os resultados foram expressos na forma de uma

matriz, denominada matriz confusão que indica os pixels selecionados para uma mesma classe em ambas as classificações e aqueles que tiveram alteração.

Utilizando-se dos dados da matriz confusão, calculou-se o índice *Kappa*, que avalia a precisão dos resultados encontrados no processo de classificação. Apresentam-se na Tabela 2 os valores estabelecidos na literatura para fins de comparação.

**TABELA 2-** Qualidade do Índice Kappa

Kappa	Qualidade
< 0,00	Péssima
0,01 – 0,20	Ruim
0,21 – 0,40	Razoável
0,41 - 0,60	Boa
0,61 – 0,80	Muito Boa
0,81 – 1,00	Excelente

Fonte: Adaptado de Landis e Koch (1977)

O processo final de manipulação das imagens seguiu os procedimentos descritos por Almeida (2016). As mudanças ocorridas ao longo dos anos foram analisadas através da comparação percentual de cada classe ao término dos procedimentos realizado.

Buscando analisar de uma forma geral as mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo nas últimas três décadas, comparou-se as classificações do período 1 com o período 4, Ainda elaborou-se um mapa visando destacar os pontos onde houveram alterações.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

O índice Kappa médio referente às classificações das imagens para cada período é apresentado na Tabela 3. Os valores obtidos, de acordo com a Tabela 2, apresentam qualidade “excelente”.

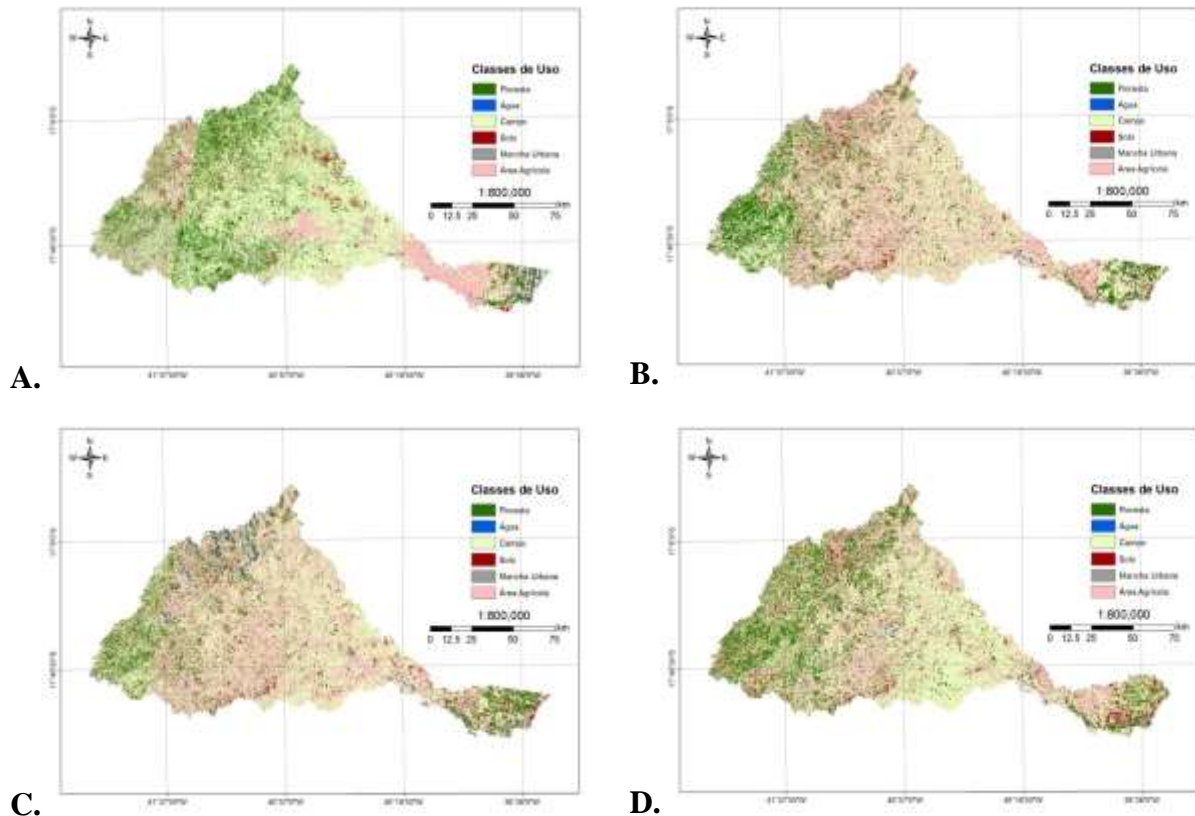
**TABELA 3 -** Índice Kappa para cada cena

Período	Cena 1	Cena 2	Cena 3	Kappa Médio
1	0,834	0,844	0,825	0,835
2	0,868	0,887	0,914	0,889
3	0,864	0,881	0,845	0,863
4	0,880	0,932	0,918	0,910

No mapeamento feito por Novais et. al. (2016), referente ao uso do solo na bacia hidrográfica do rio Verruga localizado no estado da Bahia, foi feita a classificação utilizando o método de MAXVER a partir de imagens obtidas pelo satélite LandSat 8, adquiridas entre agosto e outubro de 2015 e processadas no software ArcGis versão 10.2.2. Foi encontrado um

índice Kappa de 0,73 e segundo o estudo teve uma acurácia considerada como muito boa, por estar compreendido no intervalo entre 0,61 e 0,80.

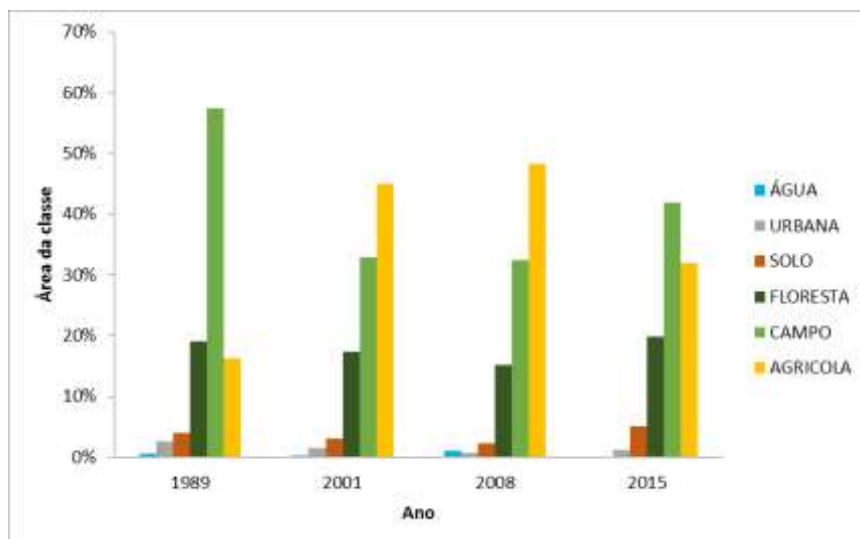
Os resultados obtidos após realização dos procedimentos descritos são exibidos na Figura 3.



**FIGURA 3** – Classificação supervisionada da bacia hidrográfica do rio Mucuri para os anos de: **A.** 1989; **B.** 2001; **C.** 2008; e **D.** 2015.

Nota-se, por análise visual, que diversas variações ocorreram na bacia hidrográfica do Mucuri nas últimas três décadas. A Figura 4 demonstra as percentagens de cada classe de uso do solo para cada período temporal. As classes de campo e agrícola têm maior representatividade em todos os anos analisados, seguido pela classe floresta, solo exposto, mancha urbana e água.

Observa-se a predominância das áreas de pastagem e uso agrícola ao longo destas três décadas. Tal resultado era esperado, tendo em vista que a economia da região se baseia até os dias atuais em atividades agropecuárias. Durante estes períodos, ocorreram alternâncias na classe de ocupação predominante, o que pode decorrer de mudanças econômicas, bem como medidas de incentivo à pecuária ou agricultura como as políticas de crédito e seguros de preços, direcionado principalmente para a agricultura familiar a partir dos anos 2000 (NUNES, 2007; GODINHO *et al.*, 2008).



**FIGURA 4** - Área das classes de uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica do rio Mucuri

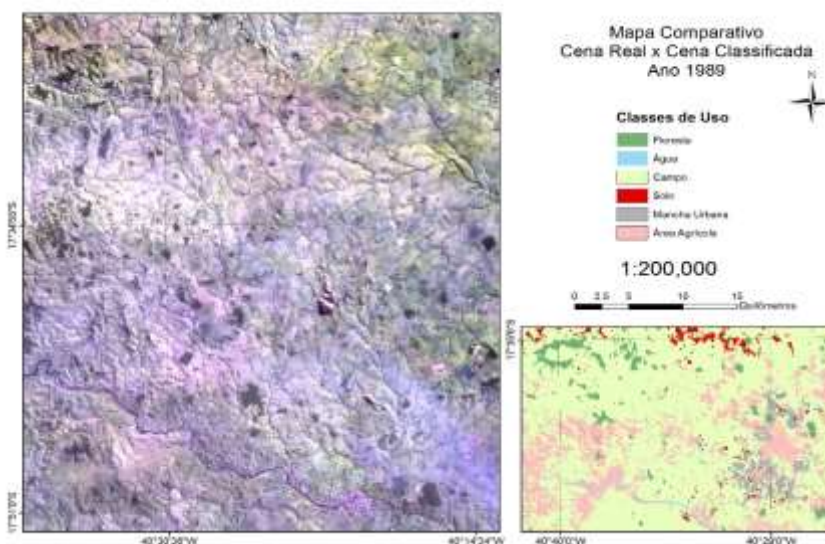
Destaca-se também a constante redução da área total coberta por corpos hídricos, indicando a redução da disponibilidade hídrica da região. No entanto, no ano de 2008 a classe água aumentou de forma incomum, esta confusão pode ser justificada pela presença de nuvens na imagem classificada, coincidente com o local de maior incidência hídrica, a porção norte da bacia. A sombra e a água têm respostas espectrais semelhantes levando o classificador a certa confusão (PEDREIRA et. al., 2011).

É possível notar a heterogeneidade da distribuição das florestas, a presença deste tipo de vegetação é mais comum na porção leste da bacia, diminuindo à medida que se aproxima do centro da bacia, onde encontra-se predomínio de pastagens e áreas agrícolas. Destaca-se o aumento do percentual florestal, quando se compara o ano de 1989 e 2015, nas proximidades do rio Mucuri nas regiões pertencentes aos estados da Bahia e do Espírito Santo, o que pode indicar a efetividade de medidas de proteção de florestas adotadas por estes estados. A implantação da área de proteção ambiental Mucuri, cujos trabalhos iniciaram em 2012, que engloba diversas cidades da bacia (IEF, 2012), também pode ter influência nestes resultados.

Na classe urbana, estão inclusas as áreas impermeabilizadas, ocupadas por edificações, destacando-se as cidades, pequenas comunidades, vilarejos e distritos. O comportamento apresentado pela classe urbana não acompanha os padrões esperados para o país, que, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cresce em taxas de urbanização e população urbana. Este fato ocorre principalmente nas classificações dos anos de 1989 e 2001, e pode ser explicado devido a classe urbana ter feições de difícil identificação e se confundir principalmente com as classes de solo exposto e campo. Em

contrapartida as classificações dos anos de 2008 e 2015 seguem o comportamento esperado, apresentando crescimento ao longo dos anos.

Outro fator agravante é que no período das imagens usados no estudo áreas cultivais estavam em estágio de preparação do solo ou período pós-colheita, gerando grandes áreas descobertas, como apontado na Figura 5, diminuindo a precisão, desta maneira, nos mapeamentos dos anos de 1989 e 2001.



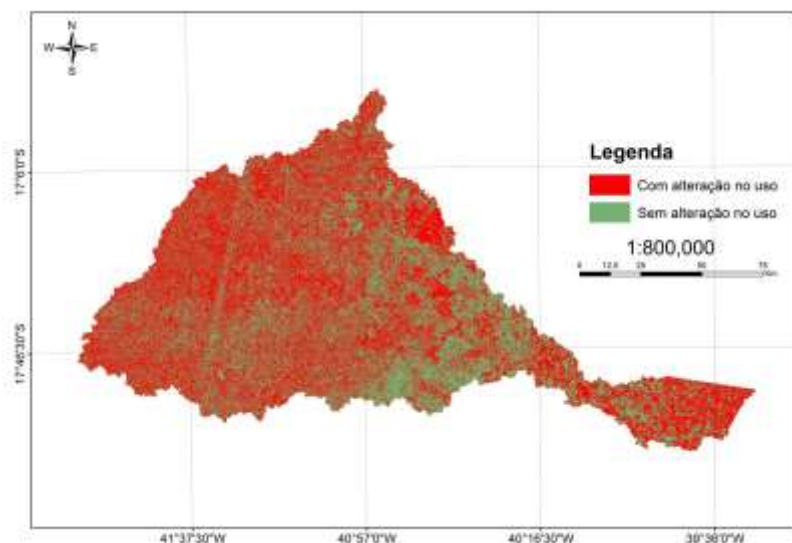
**FIGURA 5** - Comparativo entre Composição colorida e Classificação

Visando a análise geral das mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo durante as últimas três décadas, a Tabela 4 apresenta os valores referentes às áreas com alteração de uso do solo, que são apresentados distribuídos espacialmente pela Figura 6.

**TABELA 4** - Alterações no uso do solo ocorridas entre os períodos 1 e 4

	Com alteração no uso	Sem alteração no uso	Total
Quantidade de Pixels	9.459.813	8.566.323	18.026.136
Área (km <sup>2</sup> )	8.513,8	7.709,7	16.223,5
Percentual (%)	52,4	47,6	100

Observa-se que em 52,4% da área da bacia houve alteração no uso do solo e em 47,6% houve a permanência do uso do solo. Vale ressaltar que este dado não indica que a ocupação do solo tenha sido a mesma ao longo das três décadas, podendo ter sofrido alterações e retornado ao uso identificado no período inicial.



**FIGURA 7** – Distribuição espacial da alteração no uso do solo entre os períodos 1 e 4

## CONCLUSÕES

Os resultados apresentados no estudo mostram uma constante alteração nas classes de floresta, campo e agrícola, por serem modificadas diretamente por atividades agropecuárias que é a principal fonte de renda da região. Observou-se uma crescente diminuição dos corpos d'água e aumento do solo exposto, indicando uma relação direta entre as duas classes. O comportamento da área urbana mostrou-se diferente do esperado, devido a interferências, como a presença de nuvens e confusões entre classes, no entanto, apresenta valores adequados para os períodos mais recentes.

## REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, R. A. **Modelagem hidrológica na bacia do rio Mucuri com a utilização do modelo SWAT**. 2016. 112 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.
- CONGALTON, R. G. **Thematic and Positional Accuracy Assessment of Digital Remotely Sensed Data. Proceedings of the Seventh Annual Forest Inventory and Analysis Symposium**. P. 149. 2005.
- FELIPPE, M.F., BUENO, J., COSTA, A. Desmatamento na Bacia do Rio Mucuri (MG, Brasil) no período de 1989 a 2008: uso de imagens Cbers e Landsat na espacialização dos remanescentes florestais. **Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto**, Natal, Brasil. INPE, p. 2713-2720.
- GODINHO, A. L. F.; MARANGON, B.; RIBEIRO, I. C.; FERNANDEZ, M. A.; GONÇALVES, B. B.; FREITAS, P. M. C. **Proposta de Criação do Comitê de Bacia Hidrográfica dos Afluentes Mineiros do Mucuri MU1**. 2008. 41p.

GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. **Digital Image Processing**. Second Edition. New Jersey: Prentice Hall, 2000. 797.

IBGE. **Mapa de climas do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2002. Escala 1:5.000.000.

INSTITUTO MINEIRO DE GESTÃO DAS ÁGUAS - IGAM. **Bacia hidrográfica do Leste**. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/component/content/158?task=view>>. Acesso em: 20 jun. 2016.

INSTITUTO NACIONAL DE FLORESTAS – IEF. **Governo de Minas cria área de proteção ambiental no Mucuri**. Disponível em: <<http://www.ief.mg.gov.br/noticias/1/1330-governo-de-minas-cria-area-de-protacao-ambiental-no-mucuri>>. Acesso em: 28 mar. 2017.

KOTTEK, M.; GRIESER, J.; BECK, C.; RUDOLF, B.; RUBEL, F. World map of the Köppen – Geiser climate classification updated. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 15, n. 3, p. 259 – 263, jun. 2006.

LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, mar. 1977. Disponível em: <<http://www.jstor.org/stable/pdfplus/2529310.pdf>>. Acesso em: 03 de nov. 2016.

MENESES, P. R. Princípios de sensoriamento remoto. In: MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Brasília: UnB, 2012. p. 1- 31.

NOVAIS, J. J.; MOURA, C. F. O.; SOUZA, S. R.; TORRES, C. J. S. Mapeamento do uso do solo na bacia do rio Verruga – BA. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 13, n. 23, p. 720 – 730, jun. 2016.

NUNES, S. P. Instrumentos de política agrícola para a agricultura e a agricultura familiar no Brasil. **Deser**, n. 159, p. 1 – 19, jun. 2007.

PEDREIRA, B. C. C. G.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; ARAÚJO, R. S. Classificação digital de imagens de satélite de alta resolução espacial para o mapeamento de uso e cobertura da terra na área do complexo petroquímico do Rio de Janeiro. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO – SBSR, 15., [2011], Curitiba. **Anais...** Curitiba: INPE, mai. 2011. p. 7340 - 7347.

VAEZA, R. F.; FILHO, P. C. O.; MAIA, A. G.; DISPERATI, A. A. Uso e ocupação do solo em Bacia Hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**, v. 17, n. 1, p. 23-29, 2010.

ZANATA, J. M. **Mudanças no uso da cobertura da terra na bacia hidrográfica do ribeirão Bonito, municípios de Avaré e Itatinga – SP**. 2014. 123 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2014.