

MODIFICAÇÕES DE USO E COBERTURA DA TERRA NO MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DEL-REI - MG COM ÊNFASE PARA ÁREAS DE REGENERAÇÃO DA COBERTURA VEGETAL

Tuiany Rosa

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Geociências, São João del-Rei, MG, Brasil
tuianyrosa@bol.com.br

Shayene Bernardo Dutra

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Geociências, São João del-Rei, MG, Brasil
shayened@yahoo.com

André Batista de Negreiros

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Geociências, São João del-Rei, MG, Brasil
andrebnegreiros@ufsj.edu.br

Gabriel Pereira

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Geociências, São João del-Rei, MG, Brasil
pereira@ufsj.edu.br

Francielle Cardozo da Silva

Universidade Federal de São João del-Rei, Departamento de Geociências, São João del-Rei, MG, Brasil
franciellecardozo@ufsj.edu.br

RESUMO

A intensificação do uso e ocupação da terra provenientes do aumento populacional tem ocasionado consideráveis modificações na paisagem em todo o planeta. Baseando-se nisso, o presente estudo tem como finalidade analisar as mudanças de uso e cobertura da terra na área de influência urbana de São João del-Rei. A pesquisa foi conduzida através da utilização de séries multi-temporais obtidas pelos sensores *Thematic Mapper* (TM) do satélite Landsat 5 e pelo sensor *Operational Land Imager* (OLI) do satélite Landsat 8. O sensoriamento Remoto em um conjunto com um Sistema de Informações Geográficas (SIG), permitiu o mapeamento e distribuição de classes temáticas para análise da variação temporal ao longo dos anos de 1985 à 2015. Os resultados mostraram uma expansão urbana de 201% no período estudado, além de uma diminuição de áreas de pastagem devido à regeneração e aumento da cobertura vegetal. A evolução da classe de solo exposto demonstra a ocorrência de desmatamento e intensificação de processos erosivos. Outro fato constatado foi a redução da cobertura vegetal em áreas adjacentes aos corpos hídricos, indicando supressão da mata ciliar, o que evidencia a necessidade de um melhor planejamento urbano no município.

Palavras-chave: Uso e ocupação da terra; Sensoriamento Remoto; SIG; Paisagens Alteradas.

MODIFICATIONS OF LAND USE AND LAND COVER IN SÃO JOÃO DEL REI (MG) WITH EMPHASIS FOR REGENERATION AREAS OF VEGETABLE COVERAGE

ABSTRACT

The land use and land cover (LULC) intensification due to the increase of urban population cause changes in the World's landscape. Based on this, the present study has as main objective to analyze the LULC changes in the Sao Joao del-Rei (MG) urban influence zone. Thus, this research was conducted using multi-temporal series obtained from the Thematic Mapper (TM) sensor aboard Landsat 5 satellite and by the Operational Land Imager (OLI) sensor aboard Landsat 8 satellite. The Remote Sensing in combination with a Geographic Information System (GIS) allowed the temporal assessment of the distribution of LULC classes from 1985 to 2015. The results showed an urban expansion of 201% in the studied period, as well decrease of pasture areas that were replaced by the regeneration of forest vegetation. The evolution of the bare soil demonstrates the occurrence of deforestation and intensification of erosive processes. Another fact was the reduction of vegetation cover

in adjacent areas of water bodies, indicating the suppression of the riparian forest, demonstrating a need for a better urban planning in the municipality.

Keywords: Land Use and Land Cover; Remote Sensing; GIS; Landscapes Alteration.

INTRODUÇÃO

A paisagem pode ser considerada como uma unidade espacial, resultante da interação dos elementos físicos, biológicos e humanos (BERTRAND, 2004). Como objeto de estudo a paisagem engloba uma variedade de aspectos, além das inter-relações entre os componentes naturais e antrópicos, existe uma disparidade de escala que varia do local ao planetário, distribuição de paisagens em unidades semelhantes ou diferentes e a capacidade de categorizar os elementos de sua formação, como a vegetação e o clima (MAXIMIANO, 2004).

Tendo a paisagem como um objeto de estudo, um dos aspectos relevantes decorrem das análises das inter-relações entre o homem e a natureza, dessa forma, torna-se necessário uma avaliação destes componentes em face das alterações dos ecossistemas. Dentre as principais perturbações ocorridas na cobertura vegetal pelos fenômenos naturais pode-se considerar as infestações de pragas e os incêndios naturais. Em relação aos impactos provenientes da interferência antrópica pode-se citar, a exploração do meio ambiente através das modificações no uso e cobertura da terra. Contudo, os fenômenos ocorridos de forma natural podem ser temporários com possíveis recuperações ao longo do tempo. Já as ações provocadas pelo homem permanecem por períodos maiores causando mudanças nos ecossistemas, como a intensificação do efeito estufa (COPPIN et al., 2004).

As práticas ocorridas no uso e cobertura da terra, a partir da modificação das paisagens naturais para uso antrópico e fins agrícolas, alteram uma vasta escala da superfície terrestre, principalmente em virtude do desmatamento, intensificação da agricultura e expansão urbana, fatores que resultam na degradação ambiental (FOLEY et al., 2005). Assim, devido ao crescimento das atividades do uso e ocupação da terra, bem como seus conflitos, fomenta-se a necessidade de um maior planejamento, monitoramento e proteção do meio ambiente (BLASCHKE et al., 2005).

Dessa forma, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG), possibilitam a partir de inúmeras ferramentas analíticas a análise e o monitoramento da paisagem (MCGARIGAL e MARKS, 1995). De acordo com Florenzano (2005), o Sensoriamento Remoto e os SIG estão interligados devido ao aumento de suas aplicações. As imagens obtidas através do sensoriamento remoto são eficientes instrumentos na observação de áreas regeneradas e em processo de regeneração, e ainda propiciam um panorama em larga escala da superfície terrestre em diferentes períodos. Esta análise da paisagem, do ponto de vista geotecnológico, viabiliza uma ampla gama de pesquisas multidisciplinares.

Inúmeros estudos tem utilizado o sensoriamento remoto em estudos ligados ao uso e cobertura da terra com a finalidade da análise para fins agrícolas e ocupação da terra em detrimento da expansão urbana, importantes para supervisionar as mudanças decorrentes na superfície terrestre, como podem ser vistos nos estudos de Tucker et al. (1985); Janssen et al. (1990); Herold et al. (2002); Weng (2002); Berlanga-Robles e Ruiz-Luna (2002); Morton (2006); Shalaby e Tateishi (2007); Falcucci et al. (2007); Dewan e Yamaguch (2009) e Tan et al. (2010).

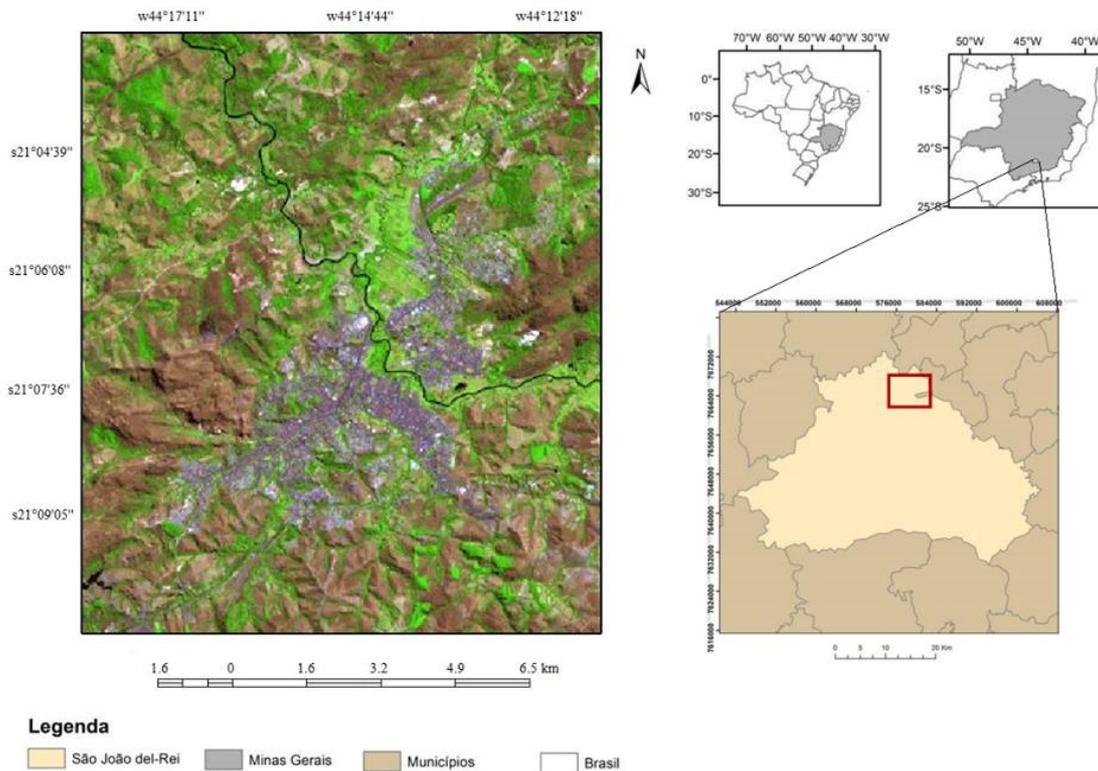
Diante do exposto, a evolução urbana no município de São João del-Rei, tem proporcionado alterações nas paisagens naturais em detrimento da ocupação da terra, principalmente devido ao aumento do número de habitantes residentes na cidade e das consequências advindas das atividades agrícolas. Logo, este estudo foi conduzido no intuito de mapear e classificar as áreas adjacentes ao perímetro urbano do município de São João del-Rei no período de 1985 à 2015, com o propósito de interpretar as transformações da paisagem em virtude da expansão urbana e efeitos da agricultura, com destaque para a dinâmica da recuperação vegetal ao longo do tempo.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O local estudado compreende as áreas adjacentes ao perímetro urbano do município de São João del-Rei, cuja a posição geográfica é S 21°08'08" e W 44°15'42", pertencente a mesorregião do Campo das Vertentes, Minas Gerais (Figura 1). A partir das informações do último censo demográfico, realizado em 2010 foi registrada uma população de 84.469 habitantes, sendo que 4.612 compreendia a população rural. Em 2016, a população estimada foi de 89.832 habitantes (IBGE, 2017).

Figura 1: Localização da área de estudo (composição colorida 6R5G4B em imagem Landsat 8 do ano de 2015).



Com uma altitude de 860 m, o clima da região é considerado Cwa tropical de altitude de acordo com a classificação de Köppen, apresentando precipitações abundantes nos verões e invernos secos. A temperatura média anual é de 19,2°C. O índice pluviométrico apresenta uma média anual de 1437 mm. (BARUQUI et al., 2006) A cidade de São João del-Rei é drenada pelo córrego do Lenheiro que possui três afluentes: rio Acima, Água Limpa e Águas Férreas (LEÃO, 2009).

Embasada sobre a formação do Grupo São João del-Rei da era geológica do Proterozóico Inferior, a área estudada é constituída por metassedimentos de baixo grau metamórfico. O Grupo São João del-Rei é integrado por cinco formações: Carnaíba, situada a nordeste do segmento norte do Grupo em questão, e em sua litologia destacam-se os filitos; Carandaí, a mais extensa formação das unidades do Grupo composta por mica-xistos e filitos; Tiradentes, em que as litologias desta Formação compõem a Serra São José e Serra do Lenheiro, que encontram-se próximas aos município de Tiradentes e São João del-Rei e são integradas por metarenitos puros com níveis ortoconglomeráticos e estruturas preservada; Prados, formada por metassilitos e filitos afetados por metamorfismo de baixo grau; e Barroso, esta formação, tem como característica litológica em sua composição a presença de metamargas, metacalcários, grafita-filitos, calco-xistos e metaconglomerado brachóide, e evidenciam-se ainda biotita-xisto calcífero com lentes de calcário (RADAMBRASIL, 1983).

Situado na região centro-sul da microrregião Campos da Mantiqueira, o processo de dissecação do relevo desta região ocorre de forma uniforme, formado por colinas e encostas moderadas. A suavidade do relevo varia de suave ondulado a montanhoso. Os processos erosivos de voçorocamento com grandes extensões ocorrem com regularidade. A área é formada por Cambissolos Hápicos Tb Distróficos e Latossolo Vermelho-Amarelo de textura argilosa. Um dos tipos da vegetação constituinte compreende a Floresta tropical perenifólia de várzea. (BARUQUI

et al., 2006). A vegetação pode ser compreendida como em uma área de transição entre a Floresta Atlântica e o Cerrado, inserido em um mosaico de transformações com predomínio de pastagens e áreas agrícolas.

Mapeamento da Área e Processamento de Dados

O tratamento das imagens para a análise temporal foi realizada no Software Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING) desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que administra dados vetoriais e matriciais integrando informações do sensoriamento remoto em um SIG, permitindo o georrefereciamento das imagens (MOREIRA, 2011). Foi elaborado um banco de dados com três imagens obtidas do sensor *Thematic Mapper* (TM) a bordo do satélite Landsat-5, composto por 7 bandas espectrais (Tabela 1). Este sensor possui uma órbita quase polar com cerca de 98° de inclinação, se posicionando de forma hélio-síncrona, girando em órbita da Terra a uma altitude de 705 Km, com resolução temporal de 16 dias e resolução espacial de 30 metros nas bandas localizadas na faixa do visível, infravermelho próximo e médio, e uma resolução de 120 metros na banda do infravermelho termal (RODRÍGUEZ, 2000).

Tabela 1: Descrição das bandas do sensor TM do Satélite Landsat 5, com correspondentes intervalos de comprimento de onda e resolução.

Landsat 5		
Bandas	Comprimento da onda (µm)	Resolução (metros)
Banda 1 – Azul	0,45 – 0,52	30
Banda 2 – Verde	0,52 - 0,60	30
Banda 3 – Vermelho	0,63 – 0,69	30
Banda 4 – Infravermelho próximo	0,76 – 0,90	30
Banda 5 – Infravermelho de ondas curtas 1	1,55 – 1,75	30
Banda 6 – Térmica	10,40 – 12,50	120 * (30)
Banda 7 – Infravermelho de ondas curtas 2	2,08 – 2,35	30

Fonte: USGS (2017)

Foi extraído ainda uma imagem do satélite Landsat-8 pelo sensor *Operational Land Imager* (OLI), que possui órbita circular quase polar, sol-síncrona como, 705 km de altitude, possui resolução temporal de 16 dias e resolução espacial de 30 metros nas bandas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 9, 15 metros na banda 8 pancromática e 100 metros nas bandas termais 10 e 11, como detalhado na Tabela 2.

Tabela 2: Descrição dos canais do sensor OLI do Landsat 8, com correspondentes intervalos de comprimento de onda e resolução.

Landsat 8		
Bandas	Comprimento da onda (µm)	Resolução (metros)
Banda 1 – Ultra azul	0,435 - 0,451	30
Banda 2 – Azul	0,452 - 0,512	30
Banda 3 – Verde	0,533 - 0,590	30
Banda 4 – Vermelho	0,636 - 0,673	30
Banda 5 – Infravermelho próximo	0,851 - 0,879	30
Banda 6 – Infravermelho de ondas curtas 1	1,566-1,651	30
Banda 7 – Infravermelho de ondas curtas 2	2,107 - 2,294	30
Banda 8 – Panchromatic	0,503 - 0,676	15
Banda 9 – Cirrus	1,363 - 1,384	30
Banda 10 – Infravermelho térmico 1	10,60 - 11,19	100 * (30)
Banda 11 – Infravermelho térmico 2	11,50 - 12,51	100 * (30)

Fonte: USGS (2017)

A série Landsat foi desenvolvida pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) (ROY et al., 2014). As cenas selecionadas como base cartográfica para o mapeamento foram obtidas em 20 de dezembro de 1985, 09 de setembro de 1995, 03 de agosto de 2005 e 31 de agosto de 2015. Os dados da série Landsat são muito utilizados, devido a sua gratuidade e fácil acesso, desse modo tem proporcionado o desenvolvimento de inúmeras pesquisas visando o monitoramento e mapeamento das mudanças do uso e cobertura da terra (RIZZI e RUDORFF, 2005).

Para a interpretação visual das cenas, foi criada uma imagem sintética por meio da aplicação do contraste como sugerido por Tagliane e Vicenz (2003), com composição colorida R5G4B3, que consiste nas bandas espectrais 3 (vermelho), 4 (infravermelho próximo) e 5 (infravermelho médio), as quais foram associadas às cores azul (B), verde (G) e vermelho (R) para as cenas extraídas do sensor TM, já para o sensor OLI foi aplicado a composição R6G5B4, compondo as bandas espectrais 4 (vermelho), 5 (infravermelho próximo) e 6 (infravermelho de ondas curtas), associadas às cores azul (B), verde (G) e vermelho (R), permitindo uma melhor visualização dos elementos espaciais nas cenas.

Posteriormente realizou-se a primeira etapa da classificação digital, envolvendo o processo de segmentação onde ocorre o agrupamento de regiões adjacentes podendo ser um pixel ou um conjunto de pixel, segundo critérios de similaridade, os quais baseiam-se em um teste hipotético estatístico que valida a média entre regiões. Por fim a imagem é dividida em um conjunto de sub-imagens e assim realiza-se o agrupamento entre elas, de acordo com um limiar de similaridade (SHIMABUKURO et al., 1997).

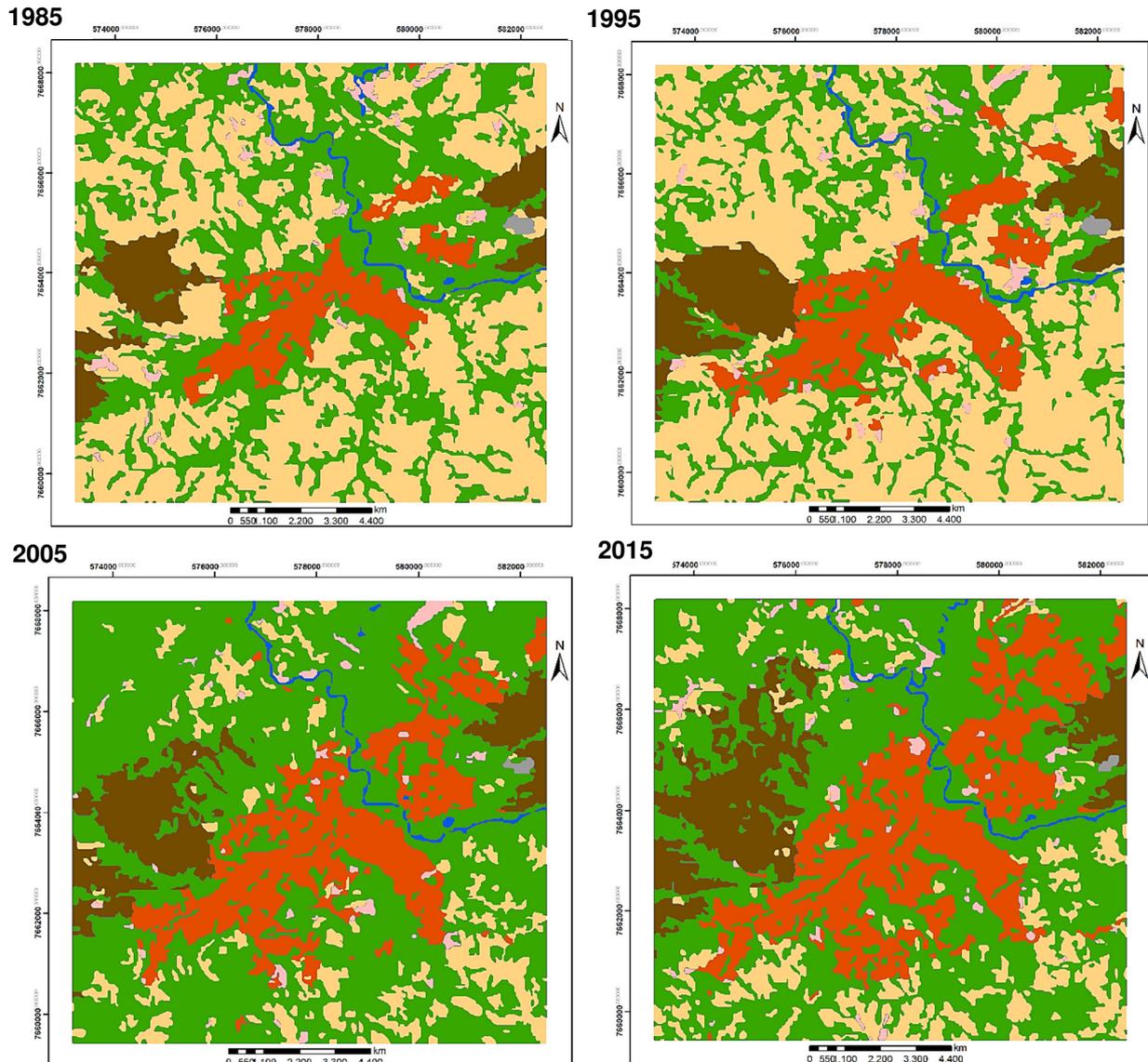
Deste modo, foi definido classes temáticas para delimitar polígonos convertidos em linhas, classes e polígonos, seguindo a metodologia utilizada por Gutierrez et al. (2011), para posteriormente ser realizada a associação de cada polígono em suas respectivas classes. As imagens foram divididas em 7 classes: Urbano, Pastagem, Vegetação Arbórea/Arbustiva, Solo Exposto, Mineração, Hidrografia e Afloramento Rochoso (Tabela 3). Após a finalização do mapeamento, as imagens foram exportadas do SPRING e importadas para o software ArcGIS, disponibilizado pela *Environmental Systems Research Institute* (ESRI) a fim de criar um mapa temático no módulo arcMAP contendo o sistema de referência UTM e o *Datum World Geodesic System* 1984 (WGS).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

As comparações realizadas a partir da observação do mapa temático (Figura 2, 1985; 1995; 2005; 2015) enfatizam a expansão da área urbana (representadas na cor vermelho) de São João del-Rei, referente ao período analisado. Ao longo de três décadas o processo de urbanização triplicou em 201% (Tabela 3). O avanço do desenvolvimento urbano, além de alterar a paisagem acarreta diversos problemas ambientais devido à retirada da vegetação original para a ocupação do solo. Coelho Netto (2005) verificou em um de seus estudos a ocorrência da ação de processos erosivos pela força da gravidade, como um fenômeno resultante do desmatamento. As erosões derivadas das modificações na superfície terrestre devido a falta de planejamento urbano degradam os ecossistemas causando assoreamento dos rios e inundações em períodos de chuva intensa (PEDRO e LORANDI, 2004). Estudos recentes avaliaram os efeitos da expansão urbana em escala global, estimando que cerca de 5,87 milhões de km² de terras possuem chances reais de serem transformadas em zonas urbanas até o ano de 2030 (SETO et al., 2012).

A classificação digital apontou uma diminuição da vegetação de 1985 à 1995 em aproximadamente 8,7 km², indicando ainda o aumento da área de pastagem neste mesmo período, em cerca de 2,7 km², fato que pode estar aliado ao crescimento demográfico neste intervalo, que girou em torno de 72% (Tabela 3). As causas da retirada da vegetação podem ser provenientes de cultivos agrários como a abertura de pastos para criação de gados. Conforme aponta o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), a criação de pastagens artificiais no município de São João del-Rei nesse respectivo período passou de 3.275,20 ha em 1985 para 5.102,94 ha na década seguinte (IPEA, 2018). Neste sentido, uma pesquisa realizada na Amazônia sugere que a pecuária bovina tem sido a principal causa do desmatamento na área, visto que esta prática necessita de pouco investimento e moderado manejo do solo (RIVERO et al., 2009).

Figura 2: Classificação do Uso e Cobertura da Terra no município de São João del-Rei - MG, para os anos de 1985, 1995, 2005 e 2015 respectivamente



Legenda

- Urbano
- Mineração
- Solo Exposto
- Afloramento Rochoso
- Pastagem
- Hidrografia
- Vegetação Arbórea/Arbustiva

Tabela 3: Descrição das classes de uso e cobertura da terra, no período estudado

Classes	Área Km ²			
	1985	1995	2005	2015
Urbano	5,71	9,87	13,23	17,21
Pastagem	35,87	38,53	8,74	9,77
Vegetação Arbórea/Arbustiva	32,96	24,23	49,89	47,07
Solo exposto	1,0	1,24	1,37	1,41
Mineração	0,18	0,17	0,12	0,08
Hidrografia	0,71	0,61	0,66	0,69
Afloramento Rochoso	4,52	6,75	7,41	9,23
Total da área	80,95	81,40	81,42	85,46

A imagem referente a 1995 (Figura 2, 1995) ainda exibe diminuição da composição vegetal nas proximidades do Rio das Mortes classificado como hidrografia, retratado na cor azul no mapa, assim, pode-se inferir, que tenha ocorrido o desflorestamento da vegetação ripária, que auxilia na retenção de sedimentos e atua sobre a proteção e qualidade da água (DE SOUZA, 2013). Quanto à degradação da composição florestal ribeirinha, acarreta efeito direto e indireto na vida aquática, pois implica na alteração do habitat (DALE JONES et al., 1999).

Já a classe hidrografia apresentou variação em seus valores, sendo que no período de 1985 a 1995 houve uma redução em um total de 0,10 km², sendo este o único período que foi constatado uma diminuição em área no momento da classificação em relação aos anos estudados. Ao analisar a sequência de imagens (Figura 2, 1985; 1995; 2005; 2015), verificou-se, que mesmo com a redução vegetal e ampliação das pastagens nesse período, a vegetação recobriu parte de um trecho acima do Rio das Mortes, visto que neste mesmo trecho aparece a classe de hidrografia nos outros anos (Figura 2, 1995). Portanto, este fato pode estar relacionado diretamente com a redução da hidrografia no momento da classificação. Contudo, vale considerar que, com a redução da vegetação, amplificação das pastagens, formação de solo exposto nas proximidades deste corpo hídrico, pode ter ocasionado impermeabilização do solo, proveniente do desmatamento, assim como explica Tucci e Clarke (1997), uma vez que a vegetação auxilia no processo de infiltração proporcionando a recarga dos lençóis freáticos. Logo, a retirada da vegetação facilita o escoamento superficial, em consequência diminui as zonas de recarga, causando desequilíbrio no balanço hídrico e promovendo a erosão.

A análise temporal de 1995 a 2005 (Figura 2, 1995; 2005) mostrou, que o avanço da área urbana foi menor quando comparado ao período anterior, na faixa de 34% (Tabela 3). A vegetação, que anteriormente havia diminuído aumentou cerca de 25 km², ou seja, o dobro de área, que essa classe ocupava em 1995 (Tabela 3), indicando um processo de regeneração vegetal, o que pode estar associado ao abandono das áreas de pastagem das quais passaram por uma diminuição em uma extensão de 29,79 km². A esse respeito Cheung et. al (2009) destaca que, a regeneração da cobertura vegetal está associada a uma adaptação de novas espécies em relação ao nível de impacto causado pela criação de pastagens. Os dados disponibilizados pelo censo agropecuário do IBGE de 2006 sobre a utilização das terras aponta uma dilatação de pastagens artificiais nesse período para o município de São João del-Rei em um total de 7.022 ha, onde 323 ha são pastagens degradadas (IBGE, 2018). Dessa forma, pode ser que tenha ocorrido abertura de pastagens em outras áreas não analisadas no recorte escolhido para este estudo.

No respectivo decênio de 2005 a 2015 as classes de uso da terra apresentaram menor variação em relação aos anos anteriores. O processo de urbanização segue contínuo com um aumento em torno de 30% para o período, chegando a ocupar áreas bem próximas ao Rio das Mortes o que consequentemente ocasionou o desmatamento da vegetação ripária e ainda estão suscetíveis ao deslizamento e inundações conforme enfatiza Tucci (1997). Em relação às áreas de cobertura vegetal, passaram por um recuo de 2,8 km² da área, podendo ter sido convertida em pastagem, já que esta classe aumentou em 1 km². A área de solo exposto, representada na cor rosa, teve um aumento contínuo, com maior evolução na primeira década do estudo, avançando 0,41 km² em 30 anos, este aumento pode ser atribuído à criação de estradas, desmatamento e intensificação de processos erosivos já existentes na área, como voçorocas (GUERRA, 2005). Em seus estudos, Pinese Júnior et al. (2008), verificou no município de Uberlândia no estado de Minas Gerais, uma perda de material que chega a ser quatro vezes maior nas áreas de solo exposto do que nos outros tipos de uso da terra constatados em seus experimentos, este fato evidencia que áreas de solo exposto, necessitam de uma maior atenção.

Dentre as práticas agrícolas na região e contextualizadas nesse estudo, observou-se para o ano de 2010 que as colheitas que se destacaram foram a de Milho com 5.500 ha e de Feijão com 1.250 ha (IPEA, 2018). Quanto ao cultivo de soja foi produzido uma quantidade superior a 1200 toneladas no ano de 2012 (GONZAGA e TOLEDO, 2015). Além disso, o município conta também com a pecuária do leite que está relacionada a produção de laticínios realizados pela agricultura familiar, pequenos e grandes produtores (BOSEJA e AGUIAR, 2012).

O uso da terra referente à classe de mineração representado na cor cinza (Figura 2) sofreu uma redução ao longo dos anos estudados chegando a diminuir 0,10 km², compreendendo uma maior

área no ano de 1985 que passou por consecutivos decréscimos. Por outro lado, nota-se uma expansão da cobertura vegetal no entorno da classe de Mineração para os anos estudados, (Figura 2, 1985; 1995; 2005; 2015) o que demonstra a ocorrência de uma recuperação vegetal na área e evidencia a diminuição da área danificada pela atividade mineradora. A mineradora responsável por essa atividade na área é a empresa Mineração Ômega Ltda, que realiza a extração de quartizito industrial na mina denominada “Maria Joana”, classificada pela produção bruta por *rum-of-mine*, ton/ano como P2, ou seja, de porte pequeno, maior que 20.000 e menor que 50.000 ton/ano, de acordo com informações do Departamento Nacional de Produção Mineral (NEVES e SILVA, 2007). Segundo, Leite e Carneiro (2007), esta mineradora iniciou os procedimentos de exploração de areia quatzosa em 1944 e opera ainda trabalhos de lavra e beneficiamento, na área intitulada “Córrego da Areia” localizada na encosta sul da Serra de São José, a qual tem como órgão fiscalizador a Fundação do Meio Ambiente (FEAM) desde 1987. O licenciamento da empresa Mineração Ômega Ltda foi obtido em 1995, através da Licença de Operação Corretiva que foi permitida pelo COPAM no ano seguinte. Estes autores ainda mencionam o fato da localização desta mineradora estar na “Zona de Amortecimento” há 10 km da Unidade de Proteção Integral Refúgio Estadual de Vidas Silvestres – REVS - Libélulas da Serra de São José, instituída, em 2004, pelo governo de Minas Gerais por meio do Decreto N°. 43.908.

A classe de afloramento rochoso, que consiste em parte da Serra de São José à direita do Rio das Mortes e a Serra do Lenheiro à esquerda deste mesmo rio, mostram variação nos valores (Tabela 3). Essa variação ocorreu provavelmente, devido à cobertura da vegetação ou pastagem sobre estas rochas, e com a diminuição destas duas classes as rochas aparecem mais evidentes à superfície. Contudo, o predomínio de atividade agrícola próximo a Serra de São José através do uso de pastagens naturais ou artificiais, realizadas pela “limpeza” da área através da retirada vegetal, aliada a agricultura e devido ao manejo inadequado, tem ocasionado um aumento dos processos erosivos, conforme indicam Cirino e Lima (2008). É necessário ressaltar, que nas imagens extraídas dos sensores orbitais não foi possível identificar o córrego do Lenheiro, que percorre a cidade, assim percebe-se apenas a mata ciliar presente neste corpo hídrico, formada por gramíneas e vegetação rasteira na extensão de sua canalização dentro dos limites da cidade.

Ao longo de todo o período estudado o resultado da classificação digital mostrou uma diminuição de 73% da área de pastagem nesses 30 anos, seguido de uma ampliação da cobertura vegetal de 43% o que indica que mesmo com o avanço urbano houve aumento da vegetação arbórea-arbustiva e diminuição expressiva das áreas de pastagem. O considerável aumento da vegetação poderia estar relacionado à criação de políticas públicas em prol do meio ambiente, tal como a criação pela Lei nº 8.490/1992 do Ministério do Meio Ambiente (MMA), que tem como um dos princípios, a proteção e recuperação ambiental (MMA, 2018). Outra medida importante trata-se da Lei de Crimes Ambientais, Lei nº 9.605/1998, que ordena sobre as sanções penais e administrativas, procedentes de ações e atividades que ocasionam danos ao meio ambiente e que inclui incêndios florestais como atividades sujeitas a penalização (IBAMA, 2014). Bem como, a criação do IBAMA e ICMBio, ambos são considerados autarquias unidas ao MMA e Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), que são responsáveis pela fiscalização e licenciamento ambiental em âmbito federal (ICMBIO, 2018). Contudo, em três décadas o avanço urbano proporcionou o desmatamento de áreas próximas à extensão do Rio das Mortes devido às ocupações urbanas nas proximidades deste corpo hídrico. Nesse sentido é mais provável que o retorno da vegetação secundária esteja associado a dispersão de sementes devido à existência de remanescentes florestais na área (AIDE et al. 2000; TABARELLI e PERES, 2002).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi detectado neste trabalho que o desenvolvimento urbano manteve-se progressivo no período e área estudada, com ápice de crescimento no decênio de 1985 à 1995. Como visto, a urbanização acelerada realizada sem planejamento, pode acarretar incontáveis prejuízos ao ambiente e a sociedade. Tais fatores podem ser ainda mais agravados, quando a ocupação humana ocorre de forma irregular, localizada em áreas de riscos nas encostas e zonas suscetíveis a inundação, como as áreas que margeiam o Rio das Mortes e que vem passando por processo de urbanização.

A vegetação arbórea-arbustiva no decorrer dos anos estudados mostrou uma elevada variação em área, através do decréscimo seguido de recuperação e ampliação de área vegetal. Ressalta-

se, que com a diminuição dessas áreas e aumento da pastagem há a possibilidade de ter ocorrido supressão vegetal para execução de atividades agropastoris. Posteriormente, com o aumento da cobertura vegetal e diminuição das áreas classificadas como pasto, é possível que tenha ocorrido o abandono destas áreas juntamente com uma maior fiscalização desta prática na região visando à proteção do meio ambiente no cumprimento de leis como as estabelecidas no Novo Código Florestal Lei nº 12.651/2012, em seus artigos 12 e 17, visando à preservação vegetal como o regime de proteção às APPs e os limites propostos para a criação de Reserva Legal por todo imóvel rural além de estabelecer normas para a proteção e conservação da vegetação nativa dessas áreas, entre outros (BRASIL, 2012). Assim a preservação da vegetação nativa permitiu que ocorresse a propagação de sementes, proporcionando um retorno da vegetação.

As classes de uso do solo, que passaram por uma maior variação foram: vegetação arbórea-arbustiva, pastagem e a área urbana, isso evidencia uma contínua frente de expansão da cidade. Dessa forma, sugere-se a decadência da pecuária na região e expansiva regeneração vegetal. Contudo, não foi possível neste estudo identificar a qualidade dos fragmentos florestais, o que remete a necessidade da realização de estudos de campo, para aferir as características da recuperação da cobertura vegetal na região.

REFERÊNCIAS

AIDE, T. M.; ZIMMERMAN J. K.; PASCARELLA, J. B.; RIVERA, L.; MARCANO-VEGA, H. Forest regeneration in a chronosequence of tropical abandoned pastures: implications for restoration ecology. **Restoration ecology**, v. 8, n. 4, p. 328-338, 2000. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2000.80048.x>

BARUQUI, A. M.; NAIME, U. J.; MOTTA, P.E F.da.; FILHO, A. de. C. **Levantamento de reconhecimento de média intensidade dos solos da zona Campos das Vertentes**. Dados eletrônicos – Rio de Janeiro: Embrapa Solos. p. 326. 2006. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/856021/1/bp_d962006levantcamposvertentes.pdf> Acesso em: 06 de Julho de 2017. BERLANGA-ROBLES, C. A.; RUIZ-LUNA, A. Land use mapping and change detection in the coastal zone of northwest Mexico using remote sensing techniques. **Journal of Coastal Research**. p. 514-522, 2002.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global. Esboço metodológico. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**. v. 8, p. 142-152, 2004. <https://doi.org/10.5380/raega.v8i0.3389>

BLASCHKE, T.; GLASSER, C.; LANG, S. Processamento de imagens num ambiente integrado SIG/ Sensoriamento Remoto – tendências e consequências. In: BLASCHKE, T. KUX, H. **Sensoriamento Remoto e SIG Avançados novos sistemas de sensores e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos. p. 11-18, 2005.

BOSEJA, O.; Aguiar, L. M. B. de. A agroindústria do leite em São João del-Rei – MG e a dialética da produção do espaço agrícola. **XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária** – “Território em disputa: os desafios da geografia agrária nas contradições do desenvolvimento brasileiro”. Universidade Federal de Uberlândia. 13 p. 201

BRASIL. **Lei nº 12.651**, de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa; altera as Leis nos 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis números 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória no 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm>. Acesso em: 26 de Março de 2018.

CHEUNG, Kwok Chiu; MARQUES, Márcia; LIEBSCH, Dieter. Relationship between herbaceous vegetation and regeneration of woody species in abandoned pastures in the Atlantic Rain Forest in Southern Brazil. **Acta Botanica Brasilica**, v. 23, n. 4, p. 1048-1056, 2009.

CIRINO, J. F.; LIMA, J. E. D. Valoração contingente da Área de Proteção Ambiental (APA) São José-MG: um estudo de caso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 46, n. 3, p. 647-672, 2008. <https://doi.org/10.1590/S0103-20032008000300004>

COELHO NETTO, A. L. A interface florestal-urbana e os desastres naturais relacionados à água no maciço da tijuca: desafios ao planejamento urbano numa perspectiva sócio-ambiental. **Revista do Departamento de Geografia**. v. 16, p. 46-60, 2005. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0016.0005>

COPPIN, P.; JONCKHEERE, I.; NACKAERTS, K.; MUYS, B. Review Article Digital change detection methods in ecosystem monitoring: a review. **International journal of remote sensing**. v. 25, n. 9, p. 1565-1596, 2004. <https://doi.org/10.1080/0143116031000101675>

DALE JONES, E. B.; HELFMAN, G. S.; HARPER, J. O.; BOLSTAD, P. V. Effects of riparian forest removal on fish assemblages in southern Appalachian streams. **Conservation biology**. v. 13, n. 6, p. 1454-1465, 1999. <https://doi.org/10.1046/j.1523-1739.1999.98172.x>

DE SOUZA, A. L. T.; FONSECA, D. G.; LIBÓRIO, R. A.; TANAKA, M. O. Influence of riparian vegetation and forest structure on the water quality of rural low-order streams in SE Brazil. **Forest Ecology and Management**. v. 298, p. 12-18, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.022>

DEWAN, A. M.; YAMAGUCHI, Y. Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to promote sustainable urbanization. **Applied Geography**. v. 29, n. 3, p. 390-401, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.12.005>

FALCUCCI, A.; MAIORANO, L.; BOITANI, L. Changes in land-use/land-cover patterns in Italy and their implications for biodiversity conservation. **Landscape ecology**, v. 22, n. 4, p. 617-631, 2007. <https://doi.org/10.1007/s10980-006-9056-4>

FLORENZANO, T. G. Geotecnologias na geografia aplicada: difusão e acesso. **Revista do Departamento de Geografia**. v. 17, p. 24-29, 2005. <https://doi.org/10.7154/RDG.2005.0017.0002>

FOLEY, J. A.; DEFRIES, R.; ASNER, G. P.; BARFORD, C.; BONAN, G.; CARPENTER, S. R.; CHAPIN, F. S.; COE, M. T.; DAILY, G. C.; GIBBS, H. K.; HELKOWSKI, J. H.; HOLLOWAY, T.; HOWARD, E. A.; KUCHARIK, C. J.; MONFREDA, C.; PATZ, J. A.; PRENTICE, I. C.; RAMANKUTTY, N.; SNYDER, P.K. Global consequences of Land Uses. **Science**. v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005. <https://doi.org/10.1126/science.1111772>

GONZAGA, J. D. C. S.; TOLEDO, M. R. O uso agrícola do território na microrregião de São João del-Rei-MG: uma análise do cultivo da soja. **Revista Territorium Terram**, v. 3, n. 5, p. 24-31, 2015.

GUERRA, A. J. T. Experimentos e monitoramentos em erosão dos solos. **Revista do Departamento de Geografia**. Universidade de São Paulo, n.16, p.32-37, 2005.

GUTIERREZ, L. A. R.; SOUZA, G. F. de; PEREIRA, G.; FILHO, A. C. P.; ARIMA, G. A.; BARBASSA, A. P. Mapeamento Temporal dos índices: área de superfície impermeável e escoamento superficial da área urbanizada de Campo Grande – MS. **Caminhos de Geografia**. v.12, n. 37, p. 269-288, 2011.

HEROLD, M.; SCEPAN, J.; CLARKE, K. C. The use of remote sensing and landscape metrics to describe structures and changes in urban land uses. **Environment and Planning A**. v. 34, n. 8, p. 1443-1458, 2002. <https://doi.org/10.1068/a3496>

IBAMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Lei da Vida – Lei dos Crimes Ambientais: Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 e Decreto nº 6.514, de 22 de julho de 2008**. 2ª ed. editada e revisada. Brasília: Ibama. 64p. 2014.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE CIDADES. **Minas Gerais - São João del-Rei. Informações Completas**. 2017. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=316250&search=minas-gerais|sao-joao-del-rei>>. Acesso em: 24 de Março de 2017.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. SIDRA, Sistema IBGE de Recuperação Automática. Portal de Utilização das terras. **IBGE – Censo Agropecuário 2006**. 2018. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1421#resultado>> Acesso em: 27 de Março de 2018.

ICMBIO, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Qual a diferença entre IBAMA e ICMBio?**. 2018. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/cairucu/quem-somos/perguntas-frequentes/20-perguntasfrequentes/73-qual-a-diferenca-entre-ibama-e-icmbio.html>>. Acesso em: 15 de Março de 2018.

IPEADATA, Base de Dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Regional - Temas - Agricultura - Municípios**. 2018. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/Default.aspx>>. Acesso em: 17 de Março de 2018.

JANSSEN, L. L. F.; JAARSMA, M. N.; VAN DER LINDEN, E. T. M. Integrating topographic data with remote sensing for land-cover classification. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. v. 56, n. 11, p. 1503-1506, 1990.

LEÃO, V. de P. Impactos Ambientais Urbanos Provocados pela Ocupação da Planície Fluvial e do Entorno do Rio das Mortes e seus Afluentes. IN: **Curso de Extensão em Cidadania, Governança e Desenvolvimento Social e Ambiental**. UFSJ. 2009. Disponível em: <http://saojoadelreitransparente.com.br/files/docs/Apostila_.Curso_de_Extens%C3%A3o_em_Cidadania,_Governan%C3%A7a_e_Developolvimento_Social_e_Ambiental.pdf>. Acesso em: 08 de Julho de 2017.

LEITE, D. S.; CARNEIRO, E. J. 2007. Casos de conflitos ambientais envolvendo atividades de mineração e reconstituição histórica de processos de ocupação de Análise da Expansão da Área de Mineração da APA Serra de São José – MG territórios. **Anais do Seminário Nacional de História da Historiografia: historiografia brasileira e modernidade**, Ouro Preto: EDUFOP. MINAS GERAIS. Poder executivo. Decreto n.º 30.934, de 16 de fevereiro de 1990 - Belo Horizonte, 17 fev. 1990.

MAXIMIANO, L. A. Considerações sobre o conceito de paisagem. **Raega-O Espaço Geográfico em Análise**. v. 8, p. 83-91, 2004. <https://doi.org/10.5380/raega.v8i0.3391>

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: **Spatial pattern analysis for quantifying landscape structure**. General Technical Report PNW-GTR-351, USDA Forest Service, Pacific Northwest Research Station, Portland, Oregon, USA. 122p. 1995.

MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Apresentação**. 2018. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/o-ministerio/apresentacao>>. Acesso em: 15 de Março de 2018.

MOREIRA, A. M. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. ed. Viçosa: UFV, 422p. 2011.

MORTON, D. C.; DEFRIES R. S.; SHIMABUKURO, Y.E.; ANDERSON, L. O.; ARAI. E.; ESPIRITO-SANTO, F. D. B.; FREITAS, R.; MORISETTE, J. Cropland expansion changes deforestation dynamics in the southern Brazilian Amazon. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v. 103, n. 39, p. 14637-14641, 2006. <https://doi.org/10.1073/pnas.0606377103>

NEVES, C. A. R.; SILVA, L. R. da. **Universo da mineração brasileira**. Departamento Nacional de Produção Mineral–DNPM, Diretoria de Desenvolvimento e Economia Mineral, Brasília–DF, 83p. 2007.

PEDRO, F. G.; LORANDI, R. Potencial natural de erosão na área periurbana de São Carlos-SP. **Revista Brasileira de Cartografia**. v. 1, n. 56, 2004.

PINESE JÚNIOR, J. F.; CRUZ, L. M.; RODRIGUES, S. C. Monitoramento de erosão laminar em diferentes usos da terra, Uberlândia–MG. **Sociedade & natureza**. v. 20, n. 2, p. 157-175, 2008. <https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000200010>

RADAMBRASIL. **Levantamento dos recursos naturais: geologia, geomorfologia, pedologia, vegetação e uso potencial da terra**. Folhas SF. 23 / 24, Rio de Janeiro/Vitória. Rio de Janeiro, Ministério das Minas e Energia, 780p. 1983.

RIVERO, S.; ALMEIDA, O.; ÁVILA, S.; OLIVEIRA, W. Pecuária e desmatamento: uma análise das principais causas diretas do desmatamento na Amazônia. **Nova economia**. v. 19, n. 1, p. 41-66, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-63512009000100003>

RIZZI, R.; RUDORFF, B. F. T. Estimativa Da Área De Soja No Rio Grande Do Sul Por Meio De Imagens Landsat. **Revista Brasileira de Cartografia**. Nº 57 v.3, p. 226-234, 2005.

RODRÍGUEZ, A. C. M.; FO, H. P.; MOREIRA, M. A. Mapeamento multitemporal do uso e cobertura do solo do município de São Sebastião-SP, utilizando técnicas de segmentação e classificação de imagens TM-Landsat e HRV-SPOT. **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**. p. 1929-1931, 2000.

ROY, D. P.; WULDER, M. A.; LOVELAND, T. R.; WOODCOCK, C. E.; ALLEN, R. G.; ANDERSON, M. C.; HELDER, D.; IRONS, J. R.; JOHNSON, D. M.; KENNEDY, R.; SCAMBOS, T. A.; SCHAAF, C. B.; SCHOTT, J. R.; SHENG, Y.; VERMOTE, E. F.; BELWARD, A. S.; BINDSCHADLER, R.; COHEN, W. B.; GAO, F.; HIPPLE, J. D.; HOSTERT, P.; HUNTINGTON, J.; JUSTICE, C. O.; KILIC A.; KOVALSKYY, V.; LEE, Z. P.; LYMBURNER, L.; MASEK, J.G.; MCCORKEL, J.; SHUAI, Y.; TREZZA, R.; VOGELMANN, J.; WYNNE, R. H.; ZHU, Z. Landsat-8: Science and product vision for terrestrial global change research. *Remote Sensing of Environment*. v. 145, p. 154-172, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.001>

SETO, K. C.; GÜNERALP, B.; HUTYRA, L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. v. 109, n. 40, p. 16083-16088, 2012. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211658109>

SHALABY, A.; TATEISHI, R. Remote sensing and GIS for mapping and monitoring land cover and land-use changes in the Northwestern coastal zone of Egypt. **Applied Geography**. v. 27, n. 1, p. 28-41, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2006.09.004>

SHIMABUKURO, Y. E.; MELLO, E. M. K.; MOREIRA, J. C.; DUARTE, V. **Segmentação e classificação da imagem sombra do modelo de mistura para mapear desflorestamento na Amazônia**. INPE, São José dos Campos. 24p. 1997.

TABARELLI, M., PERES, C. A. Abiotic and vertebrate seed dispersal in the Brazilian Atlantic Forest: Implications for Forest regeneration. **Biological Conservation**, v. 106, p. 165-176, 2002. [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(01\)00243-9](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(01)00243-9)

TAGLIANI, C. R. A.; VICENZ, R. S. Mapeamento da vegetação e uso do solo nos entornos da Laguna dos Patos, RS, utilizando técnicas de processamento digital de imagem do SIG SPRING. **Anais XI SBSR, Belo Horizonte, INPE**, p. 1461-1468, 2003.

TAN, K. C.; LIM, H. S.; MATJAFRI, m. z.; ABDULLAH, K. Landsat data to evaluate urban expansion and determine land use/land cover changes in Penang Island, Malaysia. **Environmental Earth Sciences**. v. 60, n. 7, p. 1509-1521, 2010. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0286-z>

TUCCI, C. E. M. Plano diretor de drenagem urbana: princípios e concepção. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 2, n. 2, p. 5-12, 1997. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v2n2.p5-12>

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997. <https://doi.org/10.21168/rbrh.v2n1.p135-152>

TUCKER, C. J.; TOWNSHEND, J. R. G.; GOFF, T. E. African land-cover classification using satellite data. **Science**. v. 227, n. 4685, p. 369-375, 1985. <https://doi.org/10.1126/science.227.4685.369>

USGS, United States Geological Survey. **Landsat**. 2017. Disponível em: <<https://landsat.usgs.gov/what-are-band-designations-landsat-satellites>>. Acesso em: 20 de julho de 2017.

WENG, Q. Land use change analysis in the Zhujiang Delta of China using satellite remote sensing, GIS and stochastic modelling. **Journal of environmental management**, v. 64, n. 3, p. 273-284, 2002. <https://doi.org/10.1006/jema.2001.0509>

Recebido em: 30/08/2017

Aceito para publicação em: 06/04/2018