

Identificação das alterações do uso e cobertura do solo na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul de 1986 a 2015 a partir de imagens Landsat

Marcel Pereira de Andrade ¹
Celso Bandeira de Melo Ribeiro ¹
Ricardo Neves de Souza Lima ²

¹ Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF/ESA
CEP: 36036-900 - Juiz de Fora - MG, Brasil
marcel.pdandrade@gmail.com
celso.bandeira@ufjf.edu.br

² Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE
Centro de Documentação e Disseminação de Informações - CDDI
CEP: 20271-205 - Rio de Janeiro - RJ, Brasil.
ricneves80@yahoo.com.br

Abstract. Land use and cover (LUC) interfere directly quantity and quality in water of a watershed, which is a territorial planning unit. The objective of this work paper was to quantify and identify possible trends in land use and cover behavior in basin Paraíba do Sul River. This watershed has a drainage area of approximately 62,074 km² and includes 184 municipalities distributed between the states of São Paulo, Minas Gerais and Rio de Janeiro. Landsat satellite images for the years 1986, 1991, 1996, 2001, 2005, 2010 and 2015 were used to extract information on land use and cover. The analysis of changes in LUC, as well as the quantification of deforestation caused by forest changes to savannas and urban area in the watershed it was elaborate in Dinamica EGO software. The results indicate that the predominant class is savannas, which accounts for about 69.80% of the watershed area. It was observed that deforestation in basin Paraíba do Sul River has a decreasing behavior between 1986 and 2015. It was concluded that the results can be helpful in the elaboration of future works that look for to study the influence of the land use and cover changes in the hydrological cycle.

Palavras-chave: remote sensing, Dinamica EGO, natural resources, sensoriamento remoto, Dinamica EGO, recursos naturais.

1. Introdução

O uso e cobertura do solo é composta de dois termos dos quais não compartilham o mesmo significado, mas que frequentemente são utilizados como tendo a mesma definição Dimiyati et al (1996). O uso do solo está relacionado a forma com que o ser humano utiliza a terra e geralmente é uma variável que possui influências econômicas. A cobertura do solo se refere às características físicas da superfície da terra como vegetação, água e também está incluso as áreas criadas somente pelo homem Rawat e Kumar (2015). A identificação das alterações no uso e cobertura do solo, ocorridas ao longo do tempo, devido a atividades antrópicas são de grande importância para um melhor planejamento e gestão dos recursos naturais.

No Brasil, após a implementação da lei 9.433/97, foi instituído que a gestão de recursos hídricos teria como unidade de planejamento as bacias hidrográficas. Com isso, tem-se que estas áreas naturais merecem toda a atenção no estudo dos processos em que a água está presente. Sob esta mesma ótica, Deng et al. (2015) e Souza e Gastaldini (2014) salientam que atividades antrópicas como desmatamento, urbanização, expansão agrícola influenciam nos processos referentes ao ciclo hidrológico sobre uma bacia hidrográfica.

O monitoramento de uma bacia hidrográfica deve ser feito com a obtenção de informações precisas e com o controle espacial e temporal da região, ou seja, com o uso de técnicas que permitam a extração de informações de uso e cobertura do solo. Atualmente com os grandes avanços nas técnicas de sensoriamento remoto e dos sistemas de informações geográficas (SIG) tornou-se mais acessível a extração e análise de dados do uso e cobertura do solo.

Motivados pelo longo período de escassez hídrica que ocorreu na região sudeste nos últimos anos, o presente estudo teve como objetivo identificar, quantificar e observar possíveis tendências no comportamento do uso e cobertura do solo na bacia do rio Paraíba do Sul nos anos de 1986 a 2015.

2. Metodologia de trabalho

Neste tópico são abordados assuntos referentes à caracterização da área de estudo, a aquisição dos dados e os conceitos envolvidos na identificação das alterações do uso e cobertura do solo no software Dinamica EGO.

2.1 Área de estudo

O presente trabalho teve como área de estudo a bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, a qual se encontra localizada na região sudeste do Brasil entre as latitudes 20°26'S e 23°38'S e as longitudes 41°00'O e 46°25'O, como podemos ver na Figura 1. Esta bacia possui área de drenagem de aproximadamente 62.074 km² e engloba, de forma integral ou parcial, 39 municípios no estado São Paulo, 57 no estado Rio de Janeiro e 88 no estado de Minas Gerais, contabilizando um total de 184 municípios AGEVAP (2012) e INEA (2014).

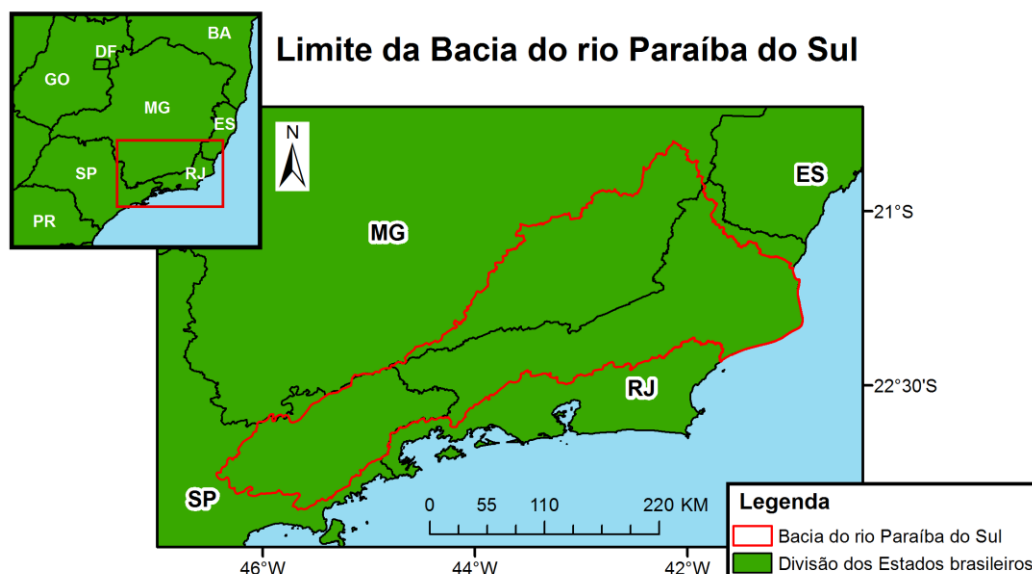


Figura 1. Limite da Bacia do rio Paraíba do Sul.

A região onde se encontra a bacia do rio do Paraíba do Sul possui, além da alta densidade populacional, uma grande concentração de indústrias, várias pequenas centrais hidrelétricas (PCHs) e transposição para o Rio Guandu, a qual possui grande importância para a região metropolitana do Rio de Janeiro devido a sua contribuição para geração energia elétrica e para o abastecimento AGEVAP (2012) e INEA (2014).

O clima predominante na bacia é o subtropical quente, com temperaturas médias anuais entre 18°C e 28°C. O período onde acontece os maiores volumes de chuvas é o verão, entre os meses de dezembro e janeiro, entretanto, é entre maio e julho em que ocorrem os períodos de maior seca (AGEVAP, 2014).

2.2 Aquisição e processamento dos dados

Para cobrir a área da bacia do rio Paraíba do Sul foram utilizadas 9 cenas do satélite Landsat da base de dados da *U.S. Geological Survey* (USGS). O mosaico das cenas só foi possível para os anos de 1986, 1991, 1996, 2001, 2005, 2010 e 2015, devido à dificuldade de escolher 9 cenas para um mesmo ano com baixa cobertura de nuvem.

Após a aquisição das imagens Landsat aplicou-se técnicas de normalização topográfica. Foi utilizado o Toolbox desenvolvido no *software* Arcgis 10.1 pelo Lima e Ribeiro (2014). Esta ferramenta contém diversos métodos, cujo objetivo é eliminar ou pelo menos reduzir as áreas da imagem de satélite com sombra causadas devido a topografia do terreno. Para aplicar esta ferramenta foi utilizado o modelo digital de elevação (MDE) do projeto TOPODATA Valeriano et al. (2009) que foi desenvolvido a partir do refinamento espacial dos dados SRTM de 3 arcos-segundo para 1 arco-segundo (~30m), através da aplicação de um conjunto único de coeficientes geoestatísticos. A escolha desse produto se deu pelo fato de ser menos sujeito a erros sistemáticos, como anomalias provocadas por nuvens e faixas (stripes) do que o produto ASTER GDEM Hirt et al. (2010). A técnica de normalização topográfica adotada neste trabalho foi o algoritmo empírico rotacional, pois dentre os outros métodos foi o que apresentou o melhor resultado qualitativo de acordo com Lima e Ribeiro (2014).

Após a normalização topográfica fez-se a classificação das imagens Landsat no *software* ENVI 5.2. O algoritmo de classificação utilizado neste trabalho foi o da máxima verossimilhança, que é o método de classificação supervisionada mais popular.

O processo de classificação pelo método da máxima verossimilhança baseia-se no teorema de Bayes, que adota a regra de decisão de classificar um pixel como pertencente a

uma classe X se a probabilidade de ocorrência desse pixel nesta classe for maior do que nas demais. Para isso, assume-se que a função de probabilidade de cada classe deve-se aproximar de uma função densidade de probabilidade normal (Gaussiana). A validação da classificação foi feita a por meio do índice Kappa. As imagens Landsat foram classificadas em 6 classes de uso e cobertura do solo, como podemos ver na Tabela 1.

Tabela 1. Classificação do uso e cobertura do solo adotado

Código da classe	Classe de uso e cobertura do solo
1	Floresta
2	Área Urbana
3	Solo Exposto
4	Água
5	Pasto
6	Agricultura

O algoritmo de classificação adotado não é isento de erros, pois existem classes em que as curvas de probabilidades se sobrepõem, como podemos ver na Figura 2. Isto ocorre devido à semelhança no nível de brilho entre dois tipos de cobertura do solo (ex. cidade e areia). Para minimizar este tipo de erro delimitou-se algumas das áreas onde era nítido e grosseiro os erros de classificação do algoritmo e posteriormente construiu-se um modelo no software Dinamica EGO 3.0.17, cujo objetivo era alterar o código destas áreas para a classe correta.

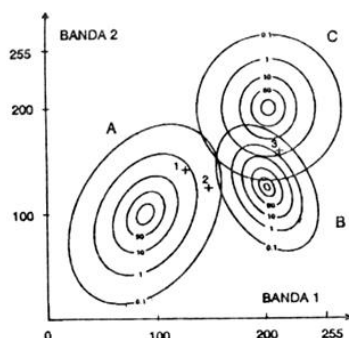


Figura 2. Curvas de probabilidade das classes A, B e C; cada linha de contorno representa a probabilidade de um pixel pertencer a uma dada classe a cada (fonte: Drury, 1989; Crosta, 1992).

Com as imagens devidamente classificadas a próxima etapa deste trabalho foi quantificar o que mudou entre os anos de 1986 e 2015 na bacia do rio Paraíba do Sul. Para isso, foi elaborado no software Dinamica EGO um modelo com o objetivo de analisar todos os tipos de mudança do uso e cobertura do solo de um tempo t_i ao um tempo t_{i+1} . Na Figura 3 temos como entrada do modelo (input) dois mapas, um no tempo inicial (t_i) e outro no tempo (t_{i+1}), o modelo construído irá catalogar todos os tipos de alterações possíveis e exportará cada transição do uso e cobertura do solo com seu respectivo código de transição. A tabela 2 contém a natureza dos códigos de transições.

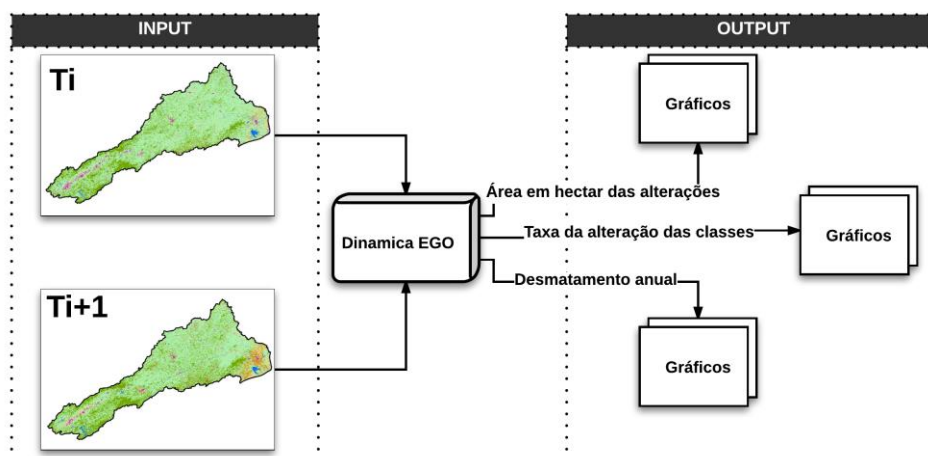


Figura 3. Fluxograma do modelo elaborado no software Dinamica EGO para avaliar e quantificar as alterações do uso e cobertura do solo ocorridos na bacia do rio Paraíba do Sul.

Tabela 2. Código da alteração do uso e cobertura do solo.

Código da transição	Natureza da alteração uso e cobertura do solo	Código da transição	Natureza da alteração uso e cobertura do solo
1	Floresta para Área Urbana	16	Água para Floresta
2	Floresta para Solo Exposto	17	Água para Área Urbana
3	Floresta para Água	18	Água para Solo Exposto
4	Floresta para Pasto	19	Água para Pasto
5	Floresta para Agricultura	20	Água para Agricultura
6	Área Urbana para Floresta	21	Pasto para Floresta
7	Área Urbana para Solo Exposto	22	Pasto para Área Urbana
8	Área Urbana para Água	23	Pasto para Solo Exposto
9	Área Urbana para Pasto	24	Pasto para Água
10	Área Urbana para Agricultura	25	Pasto para Agricultura
11	Solo Exposto para Floresta	26	Agricultura para Floresta
12	Solo Exposto para Área Urbana	27	Agricultura para Área Urbana
13	Solo Exposto para Água	28	Agricultura para Solo Exposto
14	Solo Exposto para Pasto	29	Agricultura para Água
15	Solo Exposto para Agricultura	30	Agricultura para Pasto

3. Resultados e Discussão

Na Figura 4 observa-se o resultado da classificação das imagens Landsat para os anos de 1986 e 2015 e também a área em porcentagem de cada um dos 6 tipos de uso e cobertura do solo. Nota-se um acréscimo de 7,90% da classe pasto e um acréscimo de 0,58% da classe área urbana. Em contrapartida temos uma diminuição de 3,80% da classe floresta.

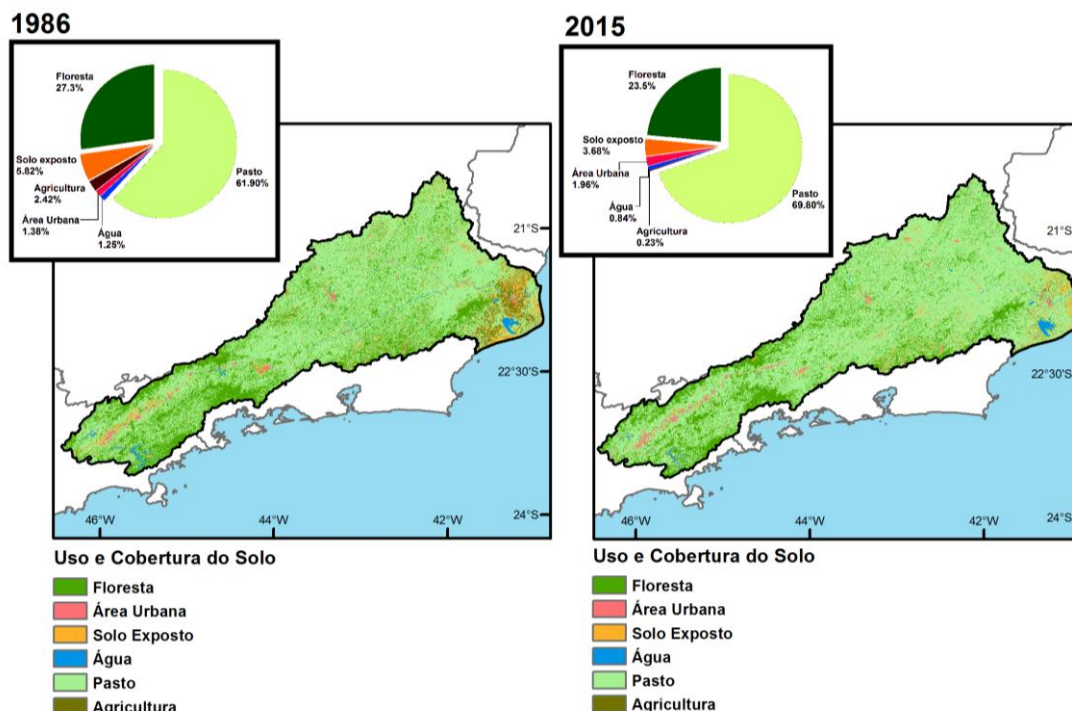


Figura 4. Classificação e porcentagem do uso e cobertura do solo provenientes de imagens Landsat para os anos de 1986 e 2015.

Na Figura 5 temos a área, em hectare, e o código das alterações obtidos pela diferença entre os mapas de uso e cobertura do solo. A transição que predominou na região da bacia do rio Paraíba do Sul de 1986 a 2015 corresponde ao código 4 (Floresta para Pasto). Entretanto, a transição do código 21 (Pasto para floresta) foi o segundo tipo de alteração mais relevante. Também se observou que o tipo de alteração do uso e cobertura do solo que mais contribuiu para o aumento da classe área urbana foi a transição correspondente ao código 22 (Pasto para Área Urbana).

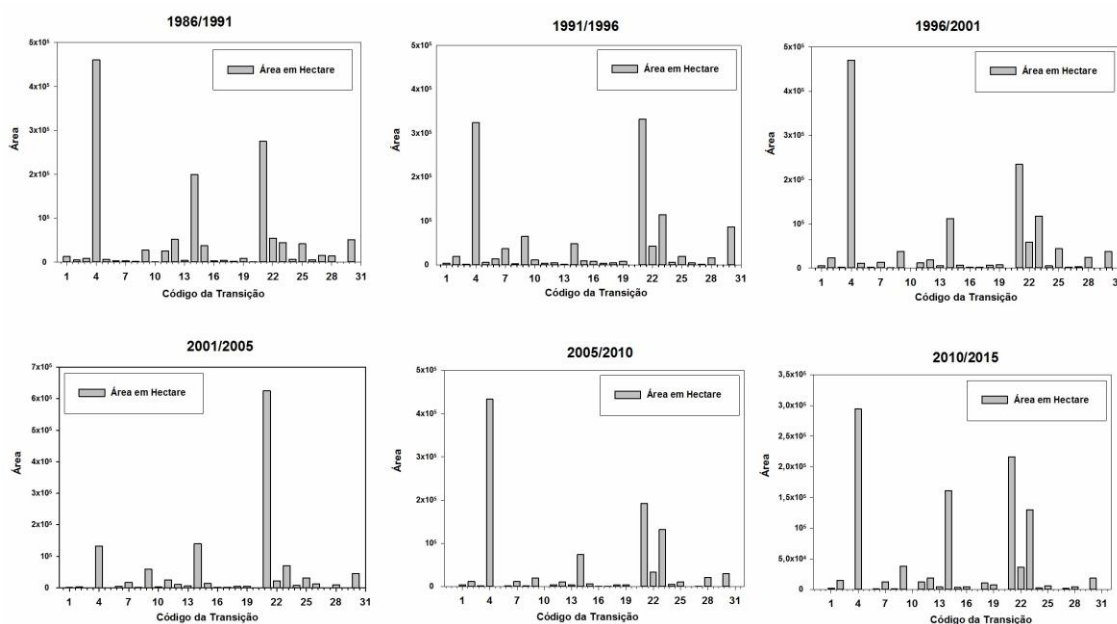


Figura 5. Resultado da diferença entre os mapas de uso e cobertura do solo, onde no eixo y temos contabilidade da área, em hectare, da alteração do tipo de uso e cobertura do solo e já no eixo x temos os códigos das transições, cuja natureza foi explicitada na tabela 2.

Na Figura 6 temos a taxa do desmatamento (transição Floresta para pasto ou área urbana) ocorrido durante o período de 1986 a 2015. Notou-se que a taxa de desmatamento teve uma tendência de decréscimo durante o período estudado e que o desmatamento médio foi de 363000.30 hectares.

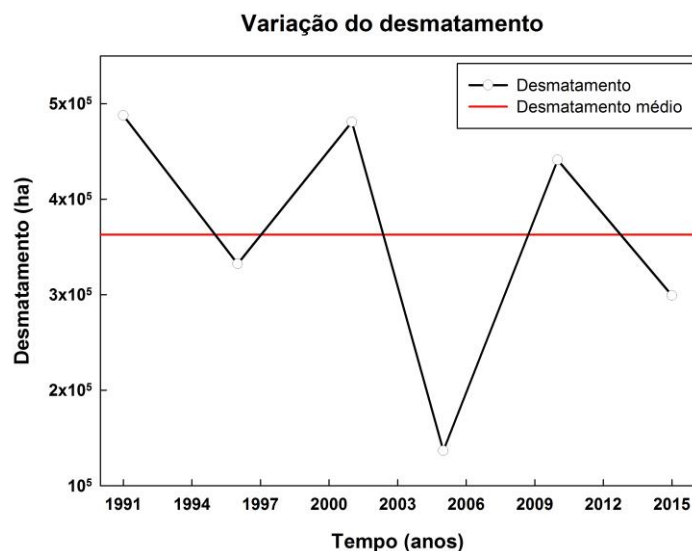


Figura 6. Taxa de desmatamento na bacia do rio Paraíba do Sul.

Na Figura 7 temos a variação de cada classe de uso e cobertura do solo na bacia do rio Paraíba do Sul para o período estudado. A partir deste resultado observou-se que a área da classe pasto de 1986 a 2015 possui tendência de acréscimo e que é a classe de uso e cobertura do solo predominante na bacia.

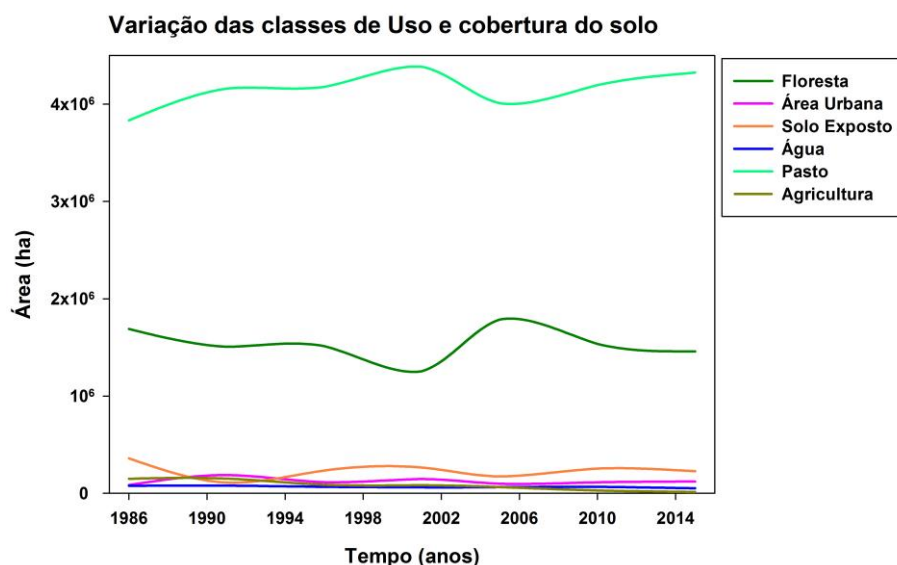


Figura 7. Variação da área dos tipos de uso e cobertura do solo da bacia do rio Paraíba do Sul.

4. Conclusões

Os resultados apresentados neste trabalho mostraram que a área da classe pasto aumentou durante o período de 1986 a 2015 e que cerca de 69.80% da área da bacia do rio Paraíba do Sul, em 2015, corresponde a este mesmo tipo de uso e cobertura do solo. Outro dado importante alcançado foi a constatação de uma tendência de decréscimo do desmatamento

(floresta para pasto e para área urbana) durante o período estudado. Notou-se que a classe pasto possui um comportamento ascendente e que em contrapartida a classe floresta sofreu uma pequena recessão.

Mesmo com os erros existentes do processo de classificação, concluiu-se que foi possível entender o comportamento, observar tendências e quantificar os tipos de uso e cobertura do solo e na bacia do rio Paraíba do Sul. Por fim, os resultados aqui apresentados podem servir de auxílio na elaboração de futuros trabalhos que busquem estudar a influência do uso e cobertura do solo na qualidade e quantidade da água.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Pró-reitora de Graduação da Universidade Federal de Juiz de Fora (PROGRAD/UFJF) pela concessão de bolsa.

Referências

Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP). **Relatório de situação trienal bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul (2010/2011/2012)**. 2012. Disponível em: <<http://agevap.org.br/agevap/conteudo/relsituacao20102012.pdf>>. p. 1-114. Acesso em: 13 de maio de 2016.

Associação Pró-Gestão das Águas da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (AGEVAP). **Plano integrado de recursos hídricos da bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul e planos de ação de recursos hídricos das bacias afluentes**. Fevereiro 2014, disponível em: <www.ceivap.org.br>. p. 1-378. Acesso: 26 de maio de 2016.

Deng, X.; Shi, Q.; Zhang, q.; Shi, C.; Yin, f. Impacts of land use and land cover changes on surface energy and water balance in the Heihe River Basin of China, 2000–2010. **Physics And Chemistry Of The Earth, Parts A/b/c**, v. 79-82, p. 2-10, 2015.

Dimiyati, M.; Mizuno, K.; Kitamura, T. An analysis of land use/cover change using the combination of MSS Landsat and land use map: a case study in Yogyakarta, Indonesia. **International journal of remote sensing**, V. 17, p. 931–944, 1996.

Hirt, C.; Filmer, M. S.; Featherstone, W. E. Comparison and validation of the recent freely available ASTER-GDEM ver1, SRTM ver4.1 and GEODATA DEM-9S ver3 digital elevation models over Australia. **Australian Journal of Earth Sciences**, v. 57, n. 3, p. 337- 347, 2010.

Instituto Estadual do Ambiente (INEA). **NOTA TÉCNICA DIGAT/INEA nº 01-A/2014**. Disponível em: <<http://inea.rj.gov.br>>. p. 1-20. Acesso em: 11 de abril de 2016.

Rawat, J. S.; M. Kumar. Monitoring land use/cover change using remote sensing and GIS techniques: A case study of Hawalbagh block, district Almora, Uttarakhand, India. **The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science** n. 18, v. 1, p. 77-84, 2015.

Souza, M. M.; Gastaldini, m. C. C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, n. 3, p.263-274, jul-set 2014. FapUNIFESP (SciELO).

Souza Lima, R. N.; Melo Ribeiro, C. B. Comparação de métodos de correção topográfica em imagen Landsat sob diferentes condições de iluminação. **Revista Brasileira de Cartografia**, v.5 n.66, p. 1098- 1116, 2014.

Valeriano, M. M.; Rossetti, D. F.; Albuquerque, P. C. G. TOPODATA: desenvolvimento da primeira versão do banco de dados geomorfométricos locais em cobertura nacional. In: XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 25-30 abril 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. Artigos p. 5499-5506. Disponível em: <<http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.14.21.06/doc/5499-5506.pdf>>. Acesso: 12 set. 2016.