

DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO DA ÁREA DESAPROPRIADA DO LAGO ARTIFICIAL DO BICO DA PEDRA NO NORTE DO ESTADO DE MINAS GERAIS¹

Fernando Hiago Souza Fernandes

Engenheiro Ambiental – Instituto Educacional Santo Agostinho
hiagosf@hotmail.com

Adriana Aparecida Moreira

Mestranda em Sensoriamento Remoto – UFRGS
moreiradriana00@gmail.com

César Vinícius Mendes Nery

Doutorando em Geografia, PUC Minas, Montes Claros-MG
cvmn@hotmail.com

RESUMO

O mapeamento da superfície terrestre por meio do sensoriamento remoto possibilita estudar as mudanças desenvolvidas na paisagem. Assim, o objetivo deste trabalho é avaliar a dinâmica do uso e ocupação do solo na área desapropriada do lago artificial do Bico da Pedra no norte do estado de Minas Gerais. Para tanto, foi utilizado o classificador supervisionado de máxima verossimilhança (MAXVER) sobre as cenas do satélite Landsat TM 5. Para análise da detecção das mudanças ocorridas entre os anos de 2006 e 2011 foi utilizado a matriz de tabulação cruzada seguindo a metodologia proposta por Pontius Jr. *et al.* (2004). Os resultados apresentados apontaram um total de mudanças da ordem de 1.305 ha, com 4,04% correspondentes a variação líquida e 9,57% a troca, sendo verificado a maior persistência para a classe vegetação (4.078 ha) e a menor para classe cultura (12 ha), ganho máximo para categoria área antropizada (682 ha) e nenhum ganho para a classe água, a maior perda para a categoria vegetação (659 ha) e o ganho mínimo para a classe cultura (3 ha). Assim, pode-se verificar por meio do sensoriamento remoto as mudanças ocorridas na paisagem da área desapropriada do lago artificial do Bico da Pedra.

Palavras-Chave: Uso e Ocupação do Solo. Matriz de Tabulação Cruzada. Sensoriamento Remoto.

DYNAMICS OF USE AND LAND OCCUPANCY IN THE EXPROPRIATED AREA OF THE ARTIFICIAL LAKE BICO DA PEDRA IN THE NORTH OF THE STATE OF MINAS GERAIS

ABSTRACT

The mapping of the earth's surface by means of remote sensing allows to study how changes in the landscape have evolved. The objective of this study is to evaluate the dynamics of the use and occupation of the expropriated area of the artificial lake Bico da Pedra in the north state of Minas Gerais. For this, a maximum likelihood supervised classifier (MAXVER) was used for the scenes of Landsat TM 5. In order to analyze the detection of changes between the years 2006 and 2011 matrix cross-tabulation was used by following the methodology proposed by Pontius Jr. *et al.* (2004). The results presented showed a total change of the order of 1.305 ha, with 4.04 % corresponding to 9.57 % and net change exchange. It could be thence confirmed the greater persistence for the class vegetation (4,078 ha) and the lowest for culture class (12 ha), maximum gain to category anthropized area (682 ha) and no gain for water class, also the biggest loss for the category vegetation (659 ha) and minimum gain for the class culture (3 ha). So, it can be verified by sensing the changes in the landscape of the expropriated area of the artificial lake of the *Bico da Pedra*.

Key words: Use and land occupancy. Matrix of cross tabulation. Remote Sensing.

Recebido em 12/02/2014

Aprovado para publicação em 23/05/2014

INTRODUÇÃO

Os ciclos e processos naturais transformam continuamente matéria e energia, renovando e mantendo as condições necessárias à existência da vida na Terra. No entanto, as alterações provocadas no meio físico pelo homem tem preponderado a diversos impactos ambientais.

O Brasil é um dos países onde há maior diversidade de ecossistemas e maior disponibilidade de água doce em seu território, entretanto, a oferta de água potável em algumas regiões do país vem se tornando um fator limitante em virtude de aspectos climáticos e, inclusive, de impactos ambientais causados a esse recurso essencial para a vida na Terra.

A barragem do Bico da Pedra formada pelo represamento do rio Gorutuba possui uma das maiores áreas inundadas do norte do Estado de Minas Gerais, e tem por função o abastecimento público de água dos municípios de Janaúba e Nova Porteirinha além de projetos de irrigação como o do Gorutuba e o Lagoa Grande, que ambos somados, possuem uma área total de 12.818 hectares, garantindo emprego e renda para boa parte da população (DIG, 2013; CODEVASF, 2013). Entretanto, a intervenção antrópica em torno do lago artificial tem se tornado fato inevitável, após a sua implantação na década de 1970, alterando a qualidade e quantidade da água no reservatório. Assim, se faz necessário a utilização de novas tecnologias capazes de mapear o uso e ocupação do solo ao longo dos anos.

Dentre essas ferramentas utilizadas atualmente para a compreensão dos organismos terrestres e das ações do homem sobre o mesmo está o sensoriamento remoto e o geoprocessamento.

Segundo Novo (2010), o termo sensoriamento remoto pode ser definido como sendo a utilização conjunta de sensores, equipamentos para processamento e transmissão de dados, colocados a bordo de aeronaves, espaçonaves, ou outras plataformas, com o objetivo de estudar eventos, fenômenos e processos que ocorrem na superfície do planeta Terra a partir das interações da resposta espectral dos alvos que compõem a superfície.

Aliado ao exposto, a utilização do sensoriamento remoto a respeito do lago artificial do Bico da Pedra são necessários para análise e monitoramento da dinâmica da superfície terrestre, a fim de subsidiar as tomadas de decisão por parte de entidades públicas e classes interessadas e de elaborar um plano de gerenciamento da área desapropriada do lago artificial do Bico da Pedra, inclusive sobre as áreas de preservação permanente inseridas dentro deste polígono. Assim, o objetivo deste trabalho é verificar as mudanças ocorridas do uso e ocupação do solo da área desapropriada do lago artificial do Bico entre os anos de 2006 e 2011.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O lago artificial do Bico da Pedra é responsável atualmente pelo abastecimento de água das cidades de Janaúba e Nova Porteirinha, é também utilizado para a sedentação de animais, prática de lazer, piscicultura e irrigação, sendo o Gorutuba um dos maiores projetos de irrigação de fruticulturas do Brasil (JANAÚBA, 2006). Assim, a utilização de dados de sensoriamento remoto da área desapropriada do lago artificial do Bico da Pedra se faz necessário em virtude da facilidade do processamento de dados digitais e de baixos investimentos para o mapeamento de uma área.

Desta forma, as imagens do satélite Landsat TM 5 apresentam vantagens, pois possibilitam a caracterização da escala de crescimento urbano, irrigação agrícola e desmatamento, além da possibilidade de análises temporais do uso e ocupação do solo de aproximadamente quatro décadas (FLORENZANO, 2011).

O mapeamento do solo pode ser realizado por meio de classificadores pixel a pixel ou classificadores por região (SHIMABUKURO e SMITH, 1991). A metodologia da classificação de imagens multiespectrais associa cada pixel da imagem ou cada região a um tema que descreve a representação da superfície.

Na classificação supervisionada, as amostras de treinamentos para cada uma das classes definidas na imagem são realizadas a *priori* pelo analista. Na classificação não supervisionada, cada pixel ou região da imagem são definidas a *posteriori*, como um resultado de análise, isto é o usuário não possui conhecimento do comportamento espectral dos alvos presentes na

imagem (FLORENZANO, 2011). Dentre os classificadores supervisionados, o MAXVER tem sido bastante utilizado para análise das alterações ocorridas na paisagem (NERY *et al.*, 2013).

Segundo Gonzales e Woods (2000), o classificador máxima verossimilhança (MAXVER) é um algoritmo paramétrico, ou seja, o algoritmo computa a probabilidade estatística de um pixel desconhecido pertencer a uma ou outra classe que associa classes considerando pontos individuais da imagem e assume que essas classes possuem distribuição normal a partir dos parâmetros definidos de acordo com a amostra dos pixel adquiridos. Ainda sobre o classificador MAXVER, Tso e Mather (2009) refere-se a ele como um procedimento que avalia a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes. No entanto, para a análise de mapas de comparações é fundamental que se consiga uma visão sobre os padrões que determinam as mudanças na superfície da terra. Desta maneira, Pontius Jr. *et al.* (2004) propõe a utilização de uma matriz de transição para estudos correlatos a evolução espaço temporal do uso do solo, pois esta análise apresenta o quantitativo de áreas que se mantiveram entre dois momentos distintos, bem como as suas alterações, podendo assim, contabilizar os ganhos e as perdas de cada categoria, por meio da soma de sua classe em cada coluna e linha com a subtração de sua permanência respectivamente, conforme verificado na Tabela 1.

Tabela 01. Matriz geral de tabulação cruzada para a comparação de dois mapas em dois momentos distintos.

| Matriz de Tabulação Cruzada | | Momento 2 | | | | Total momento 1 | Perdas |
|-----------------------------|----------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--|--------------------------------|
| | | Classe 1 (j) | Classe 2 (j+1) | Classe 3 (j+2) | Classe 4 (j+3) | | |
| Momento 1 | Classe 1 (i) | C_{11} | C_{12} | C_{13} | C_{14} | $\sum_{j=1}^n C_{1+}$ | $\sum_{j=1}^n C_{1+} - C_{11}$ |
| | Classe 2 (i+1) | C_{21} | C_{22} | C_{23} | C_{24} | $\sum_{j=1}^n C_{2+}$ | $\sum_{j=1}^n C_{2+} - C_{22}$ |
| | Classe 3 (i+2) | C_{31} | C_{32} | C_{33} | C_{34} | $\sum_{j=1}^n C_{3+}$ | $\sum_{j=1}^n C_{3+} - C_{33}$ |
| | Classe 4 (i+3) | C_{41} | C_{42} | C_{43} | C_{44} | $\sum_{j=1}^n C_{4+}$ | $\sum_{j=1}^n C_{4+} - C_{44}$ |
| Total momento 2 | | $\sum_{j=1}^n C_{+1}$ | $\sum_{j=1}^n C_{+2}$ | $\sum_{j=1}^n C_{+3}$ | $\sum_{j=1}^n C_{+4}$ | $\sum_{j=1}^n C_{ij} = \sum_{i=1}^n A_T$ | |
| Ganhos | | $\sum_{i=1}^n C_{+1} - C_{11}$ | $\sum_{i=1}^n C_{+2} - C_{22}$ | $\sum_{i=1}^n C_{+3} - C_{33}$ | $\sum_{i=1}^n C_{+4} - C_{44}$ | | |

Fonte: Adaptado de Pontius Jr. *et al.* (2004).

A notação C_{ij} representa a mudança do uso do solo, em hectares, da Classe i para a Classe j, sendo que as classes i, nas linhas, correspondem ao momento 1 e as classes j, nas colunas, ao momento 2. Os valores C_{jj} correspondem à persistência da classe e estão registrados na entrada da diagonal da matriz, de forma descendente. A notação na coluna $\sum_{j=1}^n C_{1+}$ 'Total momento 1' corresponde ao total da classe 1 no momento 1, ou seja, à soma de todos valores C_{ij} ao longo de i, corresponde ao total da classe 1 no espaço geográfico. De uma forma análoga, a linha 'Total momento 2' corresponde ao total da Classe 1, $\sum_{i=1}^n C_{+1}$, isto é, à soma de todos os valores C_{ij} ao longo da Classe j (PONTIUS JR. *et al.*, 2004).

Por meio dos dados da matriz de tabulação é possível incluir duas variáveis como as perdas e as aquisições das áreas para cada classe. A variável “Ganhos” está relacionada com a linha correspondente ao total de classe na categoria j , C_{+j} , pela diferença da persistência da classe C_{ij} , e a coluna “Perdas” que representa o total das perdas relativas para cada classe de uso do solo i entre os momentos 1 e 2. O valor da perda para uma dada classe é calculado por meio da diferença entre o total da linha e a persistência para classe correspondente (PONTIUS Jr., 2000).

De acordo, Pontius Jr. *et al.* (2004), a maioria das análises estatísticas para verificação das mudanças do uso e ocupação do solo são baseadas em matrizes com um tipo de qui-quadrado de teste, onde o método do qui-quadrado determina a permanência da classe presente no recorte espacial por meio de estimativas aleatórias das classes, ou seja, ele calcula os valores esperados, assumindo que cada total C_{i+} e C_{+j} , é dada a priori. A proporção esperada da paisagem que sofre uma transição de categoria i para a categoria j devido ao acaso é C_{i+} vezes C_{+j} .

No entanto, este é um dado que pode ser facilmente obtido por meio da observação e contabilização dos mapas e tabelas obtidos, não requerendo, para isso, uma abordagem mais complexa, uma que vez a dificuldade da análise não reside na identificação e quantificação do grau de persistência, mas sim na detecção correta das alterações dos diversos usos existentes na superfície terrestre (LOURENÇO *et al.*, 2008).

Assim, Pontius Jr. *et al.* (2004), definiram dois parâmetros adicionais capazes de descrever o estado diferencial para cada categoria entre o momento 1 e momento 2 além de inferir, ainda que de uma forma coerente, os processos de alteração em curso e possíveis tendências futuras. Para análise destes parâmetros ou diferenciais de estado são necessários os dados matriciais obtidos na planilha de tabulação cruzada (Tabela 1).

O parâmetro mudança líquida ou variação líquida “*Net Change*” é utilizado para verificar as mudanças correspondentes a uma dada classe no seu total. É calculado com base num outro parâmetro, designado por percentagem de classe (%C) conforme equação 1.

$$\% C_{i,t} = \frac{\sum_{j=1}^n C_{ij}}{A_T} \quad (1)$$

Onde: $\% C_{i,t}$: percentagem de classe i no momento t ; $\sum_{j=1}^n C_{ij}$: somatório da classe específica;

A_T : área total das classes em análise.

Enquanto a variável líquida apresenta informações que podem ser úteis, a falta de mudança líquida não indica necessariamente a falta de mudança na paisagem Lourenço *et al.* (2008), ou seja, uma classe Y no momento 1 pode perder uma determinada quantidade X de área Z que é ganhada com o mesmo percentual X na classe Y no segundo momento por uma área diferente de Z . Este tipo de mudança de localização é denominado de “*Swap*”, ou seja, “Troca”. O conceito de troca é particularmente importante porque algumas das fontes mais comuns de mapeamento da terra estão disponíveis por meio de dados quantitativos de cada tipo de cobertura do solo ao longo do tempo (PONTIUS Jr. *et al.*, 2004).

Para Lourenço *et al.* (2008), o parâmetro troca permite corrigir potenciais erros induzidos pela informação obtida por meio do cômputo da variável líquida, complementando-a. Em termos espaciais, a troca simbolizada por (S_j) é o total correspondente a uma determinada classe de ocupação do solo que se perdeu num local, mas que foi recompensado por um ganho equivalente desta mesma classe em uma região distinta da primeira Pontius Jr. *et al.* (2004). Isto equivale a definir a transferência de uma mesma classe de uso do solo como o dobro da percentagem mínima de ganho ou perda para uma dada categoria. A formulação matemática é apresentada na equação 2.

$$S_j = 2X \min \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij} - C_{jj}}{A_T} \times 100, \frac{\sum_{i=1}^n C_{ij} - C_{jj}}{A_T} \times 100 \right), \text{ quando } i = j \quad (2)$$

Para a qual,

$$\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij} - C_{jj}}{A_T} \times 100 : \text{perdas, expressas em percentagem da área total;}$$

$$\frac{\sum_{i=1}^n C_{ij} - C_{jj}}{A_T} \times 100 : \text{ganhos, expressos em percentagem da área total;}$$

A_T = área total das classes em análise.

A transferência de uma mesma classe para outra categoria (troca) ou alteração no uso da paisagem por classes distintas (variação líquida) apresentam ligação entre as variáveis, seja por categorias similares ou diferentes. Assim, a variação total na paisagem é uma metade da soma das alterações no indivíduo categorias (PONTIUS Jr. *et al.*, 2004).

Com base nos dois parâmetros adicionais assim definidos, pode-se então determinar o valor da alteração total para cada uso do solo entre dois momentos conforme a equação 3 (PONTIUS Jr. *et al.*, 2004).

$$\text{Total Mudança} = \left(\frac{\sum_{j=1}^n C_{ij} - C_{jj}}{A_T} \times 100 + \frac{\sum_{i=1}^n C_{ij} - C_{jj}}{A_T} \times 100 \right), \text{ quando } i=j \quad (3)$$

MATERIAL E MÉTODOS

Diante dos fatores climáticos e devido ao baixo poder aquisitivo da maioria da população dos municípios do norte de Minas Gerais implantou-se no ano de 1978 a barragem do Bico da Pedra, a fim de subsidiar um projeto de irrigação (MARCATTI *et al.*, 2009). A área desapropriada do lago artificial encontra-se localizada entre os municípios de Janaúba e Porteirinha, respectivamente a margem esquerda e a direita do Rio Gortuba, compreendida pelas coordenadas 15° 40' 0"N e 16° 10' 0"S de latitude e 43° 20' W" e 43° 00' 0"E de Longitude (Figura 1), distante a 6 Km da área urbana do município de Janaúba e aproximadamente a 7 km da cidade de Nova Porteirinha.

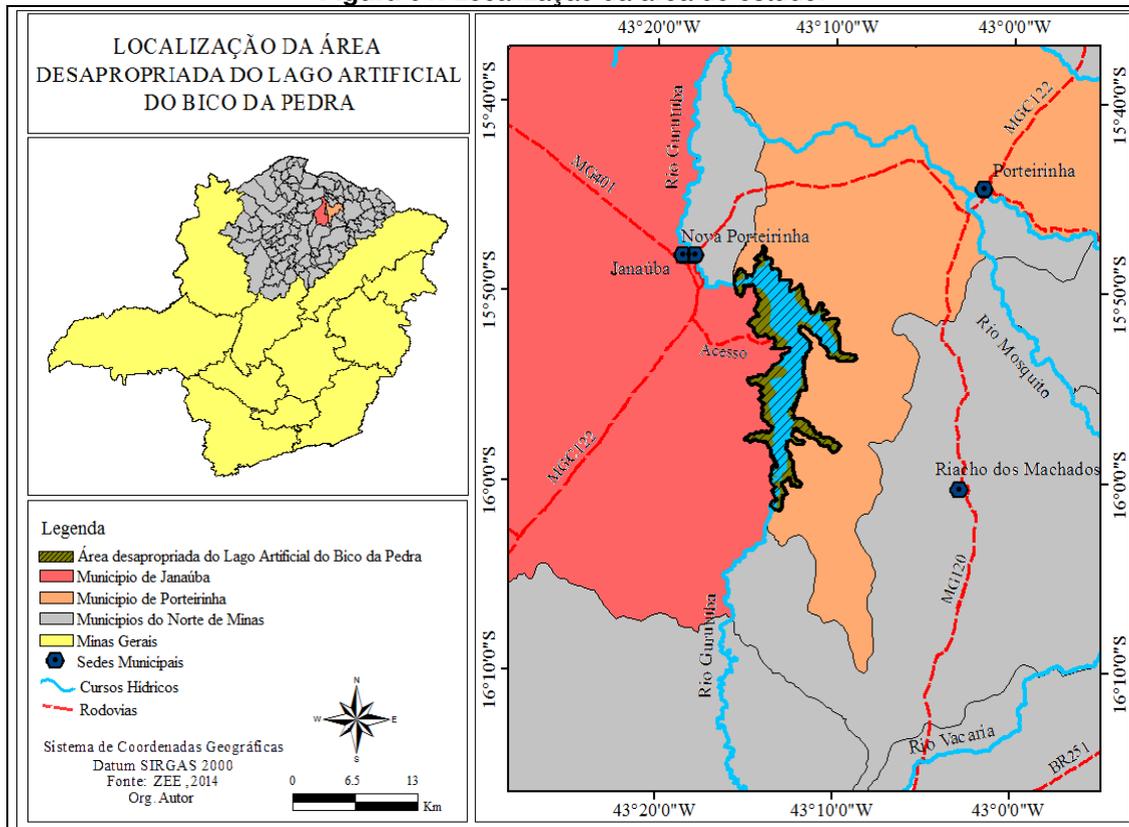
Os municípios de Janaúba e Porteirinha possuem um total de 104.430 habitantes (IBGE, 2010), com predominância de uma região de clima semiárido apresentando fitofisionomia vegetais do tipo floresta decídua sub-xerófila não espinhosa ou mata seca, com forte influência da caatinga e do cerrado (SANO *et al.*, 2007), temperatura média anual de 26°C e índice médio pluviométrico anual de 850 mm (DIG, 2013). O lago artificial está inserido na bacia hidrográfica do rio Gortuba de domínio estadual e esta inserida na Bacia do rio Verde Grande que por sua vez deságua na bacia do rio São Francisco de domínio Federal (IGAM, 2010).

Base metodológica

As imagens utilizadas para obtenção dos resultados foram adquiridas gratuitamente da série do satélite Landsat TM 5 de nível 1, disponíveis no catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), com a órbita 218 e ponto 071, datadas de 2006/07/21 e 2011/06/17, essas imagens foram analisadas em virtude da redução da lamina d'água verificada a partir dos anos de 2006/2007 e o Landsat TM 5 possuem imagens até ano de

2011. Para seleção das imagens foram observadas características como, cenas sem a presença de nuvens e imagens de período seco, de forma a não influenciar nos resultados.

Figura 01. Localização da área de estudo.



Posteriormente as cenas foram importadas para o banco de dados geográfico criado no software ENVI 5.0 do Laboratório de Topografia, Cartografia e Geoprocessamento (LABGEO), das Faculdades de Ciências Exatas e Tecnológicas Santo Agostinho (FACET), com sistema de referência, latitude e longitude e modelo de terra, SIRGAS 2000. Para o georreferenciamento das imagens foi utilizado como referência a imagem ortorretificada do ano de 2005 disponibilizada pela *National Aeronautics and Space Administration* (NASA).

Utilizando-se das bandas espectrais e suas respectivas composições 3(B), 4(G) e 5(R) das imagens georreferenciadas do satélite Landsat TM 5 foi realizado o recorte espacial da área desapropriada do lago artificial do Bico da Pedra, sendo o mesmo adquirido junto ao LABGEO - FACET. Paralelamente foram definidas e adquiridas amostras pixel a pixel de quatro classes de uso e ocupação do solo, água, área antropizada, cultura e vegetação, sendo a classe área antropizada composta por áreas de solo exposto e pastagem.

Para a classificação das imagens foi utilizado o algoritmo supervisionado de Máxima Verossimilhança (MAXVER) com limiar de aceitação de 0.99 (SHIMABUKURO e SMITH, 1991). Após imagem classificada foi realizada a edição matricial nas imagens, em virtude da semelhança da resposta espectral de algumas classes.

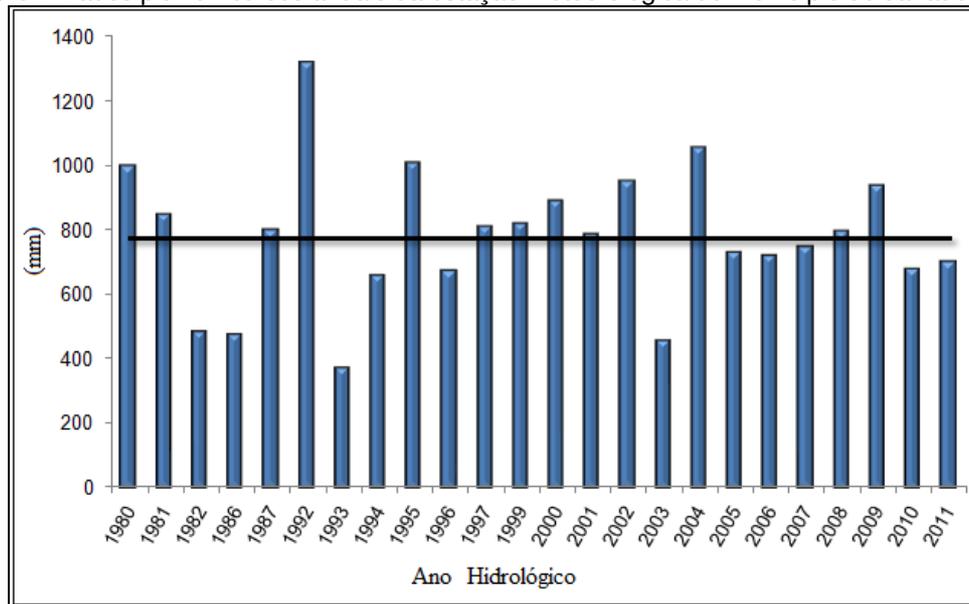
Em seguida foi quantificado o total de cada classe respectiva nas duas imagens por meio da análise estatística *Class Statistics* e logo após obtido as imagens diferença das alterações do uso e ocupação do solo e uma matriz de tabulação cruzada por meio da ferramenta *Change Detection Statistics* disponível no software ENVI 5.0. A partir dos dados da matriz de tabulação efetuou-se as análises progressivas de ganho, perda, variação líquida, troca e o total de mudanças ocorridas entre os anos de 2006 e 2011.

Para confecção das cartas temáticas utilizou-se o software ArcGis 10.1 do LABGEO - FACET.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

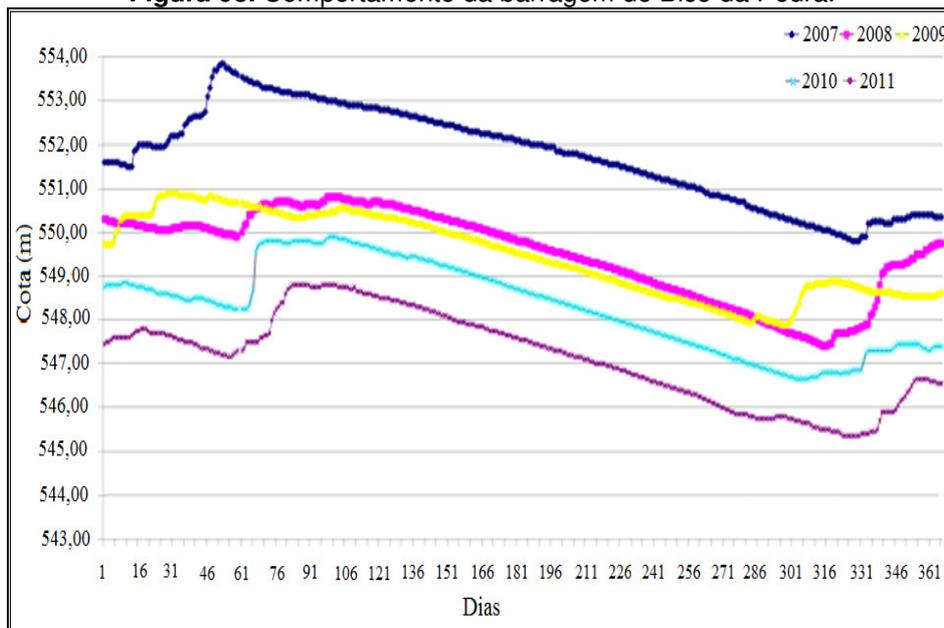
Na Figura 2 são apresentados os dados pluviométricos anuais totais disponíveis do município de Janaúba em uma série temporal de 31 anos. Diante dos dados verificados é possível observar uma variação da precipitação total anual para o município, entretanto, nos últimos sete anos analisados percebe-se que os índices pluviométricos da região mantiveram-se abaixo da linha de tendência (775,49 mm), exceto para os anos de 2008 e 2009, sendo este último apresentando uma quantidade expressiva de 157,61 mm acima da linha tendência. Desta forma, a ocorrência desta situação pode ter sido ocorrida para toda a área de drenagem do lago, o que de fato pode ser comprovado pelos dados de cota do reservatório do Bico da Pedra (Figura 3), onde se percebe uma redução acentuada da capacidade de armazenamento de água no reservatório, até mesmo em períodos de chuva.

Figura 02. Dados pluviométricos anuais da estação meteorológica do município de Janaúba – MG.



Fonte: INMET, 2014.

Figura 03. Comportamento da barragem do Bico da Pedra.



Fonte: Adaptado de DIG, 2013.

A representação espacial do uso e ocupação do solo para a área desapropriada do lago artificial do Bico da Pedra, por meio da classificação supervisionada de máxima verossimilhança (MAXVER) durante o período entre 2006 e 2011, é apresentada nas figuras a seguir (Figura 4 e 5). Pela simples análise visual do uso e ocupação do solo pode-se verificar perceptíveis mudanças entre elas. A mais marcante é que em ambas as cenas ocorrem alterações sobre as classes analisadas entre os dois períodos distintos, exceto para classe cultura que apresenta formato similar de área sobre o aspecto aparência.

Para a classe água e vegetação é possível observar uma redução significativa dessas categorias para o período de 2011, quando comparadas com o mapeamento da superfície realizado para o ano de 2006. Ao mesmo tempo em que se percebe uma perda para as categorias água e vegetação é possível verificara um aumento considerável para a classe área antropizada no ano de 2011, sendo a categoria área antropizada composta por áreas de pastagem e solo exposto.

Figura 04. Mapa de uso e ocupação do solo da área desapropriada do lago artificial Bico da Pedra para o ano de 2006.

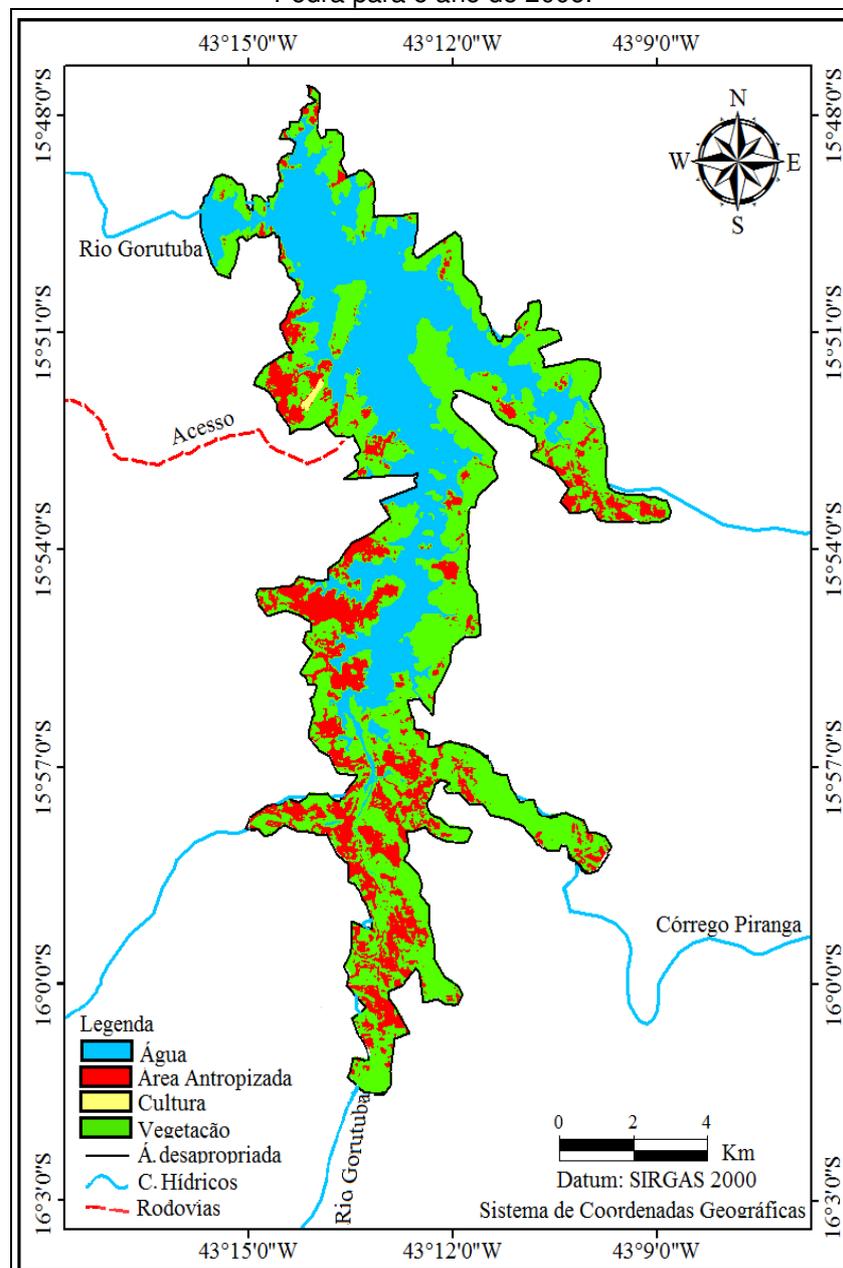
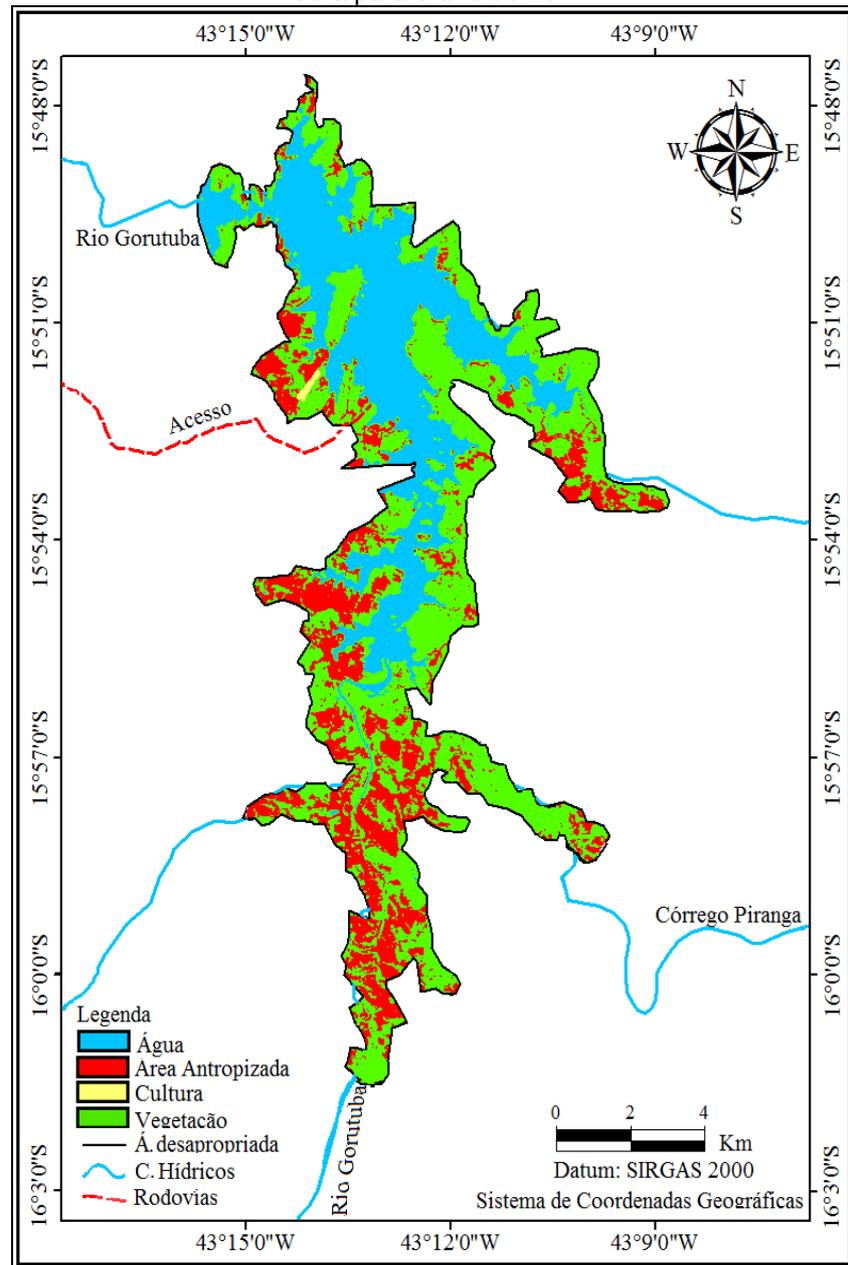


Figura 05. Mapa de uso e ocupação do solo da área desapropriada do lago artificial Bico da Pedra para o ano de 2011.



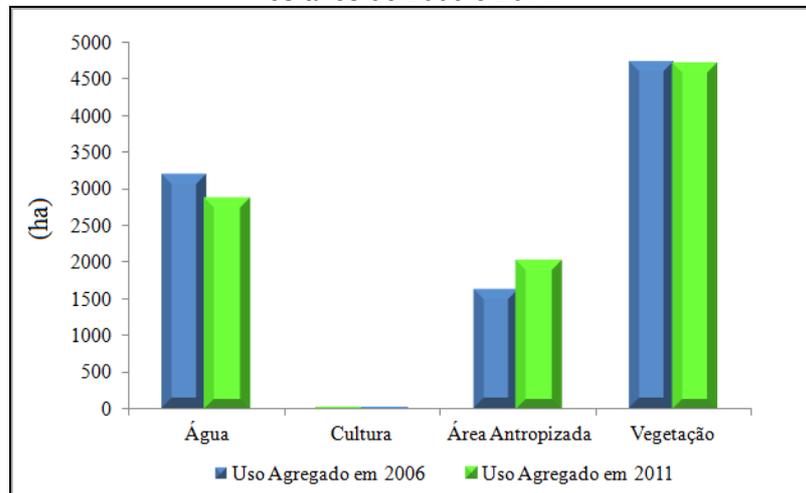
As distribuições de classes de uso e ocupação do solo para os dois momentos distintos em hectares podem ser vistas na Figura 6.

Observa-se na Figura 6, que a classe área antropizada apresentou um aumento na superfície da ordem de 4,03% (386 ha) quando comparado com a paisagem do ano de 2006. Em contrapartida à classe área antropizada pode-se verificar na análise quantitativa da categoria água e da categoria vegetação que estas sofreram uma de redução de 387 ha, representadas respectivamente por 89,65% e 10,35%, corroborando assim, com os resultados apresentados por Fernandes e Nery (2013)², ao avaliarem em seu trabalho o mapeamento da superfície da

² Apresentação sobre a "Utilização do NDVI para análise temporal do uso e ocupação do solo em torno do lago artificial do Bico da Pedra no município de Janaúba – MG" proferida por Fernando Hiago Souza Fernandes e César Vinícius Mendes Nery, na Faculdade de Ciência Exata e Tecnológica Santo Agostinho Montes Claros – MG em 17 de setembro de 2013

área desapropriada do lago artificial do Bico da Pedra por meio do índice da diferença normalizada de vegetação (NDVI). Quanto à classe cultura, esta permaneceu de forma linear entre os dois momentos distintos. No entanto, embora o somatório das áreas seja parecido, isso pode refletir necessariamente em mudança de espaço (MARTINS *et al.*, 2013).

Figura 06. Uso e ocupação do solo da área desapropriada do lago artificial Bico da Pedra entre os anos de 2006 e 2011.



Para melhor elucidação das mudanças ocorridas no uso e ocupação do solo sob a ótica das classes mapeadas, temos a distinção e conseqüentemente, a qualificação das transformações ocorridas, com maior grau de exatidão exemplificado pela matriz de tabulação (Tabela 2).

Tabela 02. Matriz de tabulação cruzada por classe do uso e ocupação do solo entre os anos de 2006 e 2011.

| Matriz de detecção de Mudança | Uso Agregado em 2011 | | | | Total 2006 | Perdas |
|-------------------------------|----------------------|---------|--------------|-----------|------------|--------|
| | Água | Cultura | Área Antrop. | Vegetação | | |
| Uso Agregado 2006 | | | | | | |
| Água | 2.855 | 0 | 25 | 322 | 3.202 | 347 |
| Cultura | 0 | 12 | 0 | 3 | 15 | 3 |
| Área Antrop. | 0 | 2 | 1.339 | 294 | 1.635 | 296 |
| Vegetação | 0 | 2 | 657 | 4.078 | 4.737 | 659 |
| Total 2011 | 2.855 | 16 | 2.021 | 4.697 | 9.589 | 1.305 |
| Ganhos | 0 | 4 | 682 | 619 | 1.305 | 8.284 |

Por meio da matriz de tabulação cruzada pode-se perceber nas linhas o total de classe que foram perdidas para as demais categorias, sendo o somatório de todas as classes da linha responsável pelo uso agregado de cada categoria no primeiro momento analisado (2006), da mesma forma foi verificado os usos correspondentes ao momento 2 (2011) por meio da adição total da persistência e dos ganhos apresentados na coluna relativa a cada classe mapeada. A persistência de cada categoria é apresentada nas células em azul da matriz de tabulação pela diagonal descendente. A análise exploratória dos ganhos e das perdas foi verificada pela diferença do total de cada classe com a sua permanência, sendo confirmados os valores apresentado com a soma das perdas ocorridas em cada categoria nas linhas e pela adição dos ganhos na coluna. Por exemplo, em se tratando da classe água, esta apresentou uma área de 3.202 (ha) para o ano de 2006 em razão da soma da primeira linha da matriz de tabulação com as seguintes perdas para as categorias subseqüentes 0 (ha) para cultura, 25 (ha) representada por área antropizada, 322 (ha) restritas a classe vegetação e por fim 2.855 (ha) de área persistentes, ou seja, áreas que permaneceram. O total no momento 2 foi de 2.855 (ha), sendo

este o mesmo valor apresentado pela permanência da classe, comprovando assim, a inexistência de ganhos nessa categoria. Entretanto, Schneider e Pontius Jr. (2001), afirmam que a mudança na persistência de uma classe é importante e/ou grande, em virtude da transferência de áreas de uma mesma categoria do momento 1 para o momento 2.

De acordo os dados obtidos e como esperado, constata-se a maior permanência para as classes vegetação e água, uma vez que, os usos do solo presentes em uma maior quantidade de área favorecem a uma maior persistência da categoria (LOURENÇO *et al.*, 2008; PONTIUS Jr. *et al.*, 2004). Em termos globais, a consistência das classes verificadas no mapeamento do uso e ocupação do solo entre os anos de 2006 e 2011 corresponde a 42,53% (4.078 ha) de vegetação, 29,77% (2.855 ha) de áreas alagadas, 13,96% (1.339 ha) de área antropizada e 0,13% (12 ha) referente à cultura, conforme informações complementares mostradas na (Tabela 3).

Tabela 03. Persistência, perdas e ganhos por classe, em hectares e porcentagem.

| Classe | Persistência (ha) | Perdas (ha) | Ganhos (ha) | Persistência (%) | Perdas (%) | Ganhos (%) |
|-------------|-------------------|-------------|-------------|------------------|------------|------------|
| Água | 2.855 | 347 | 0 | 29,77 | 3,62 | 0 |
| Cultura | 12 | 3 | 4 | 0,13 | 0,03 | 0,04 |
| Área Antrp. | 1.339 | 296 | 682 | 13,96 | 3,08 | 7,11 |
| Vegetação | 4.078 | 659 | 619 | 42,53 | 6,87 | 6,45 |
| Total | 8.284 | 1.305 | 1.305 | 86,39 | 13,6 | 13,6 |

$A_T = 9.589$ ha

Quanto aos ganhos e perdas é possível verificar na tabela acima (Tabela 3) que a maior perda de área ocorreu na classe correspondente à vegetação com 6,87%, sendo perdido 0,02% (2 ha) para cultura e 6,85% (657 ha) para área antropizada (Figura 7), embora esta classe seja a categoria de maior persistência. Em contrapartida a classe vegetação apresentou o segundo maior ganho das classes com 6,45%, perdendo apenas para a classe área antropizada composta por áreas de pastagem e solo exposto com 7,11% do total da área desapropriada do lago artificial do Bico da Pedra.

Conforme verificado na Figura 7, pode-se perceber que as áreas anteriormente presentes pela classe vegetação sofreram suas reduções principalmente ao sul e à margem esquerda da barragem do Bico da Pedra, de fato a predominância dessas áreas pode ser analisada em virtude de dois aspectos, para a região sul a ocorrência da supressão da vegetação pode estar associada com as variações do regime pluviométrico da região, uma vez que, o deslocamento da margem d'água em períodos de seca nas regiões com cota mais altas deixa à mostra um solo rico, fertilizado pelos nutrientes trazidos pelas enchentes e, por esse motivo, as várzeas são áreas disputadas para manejo e uso do solo na vazante, para o plantio de culturas temporárias e aproveitamento das pastagens naturais (MARTINS *et al.*, 2013).

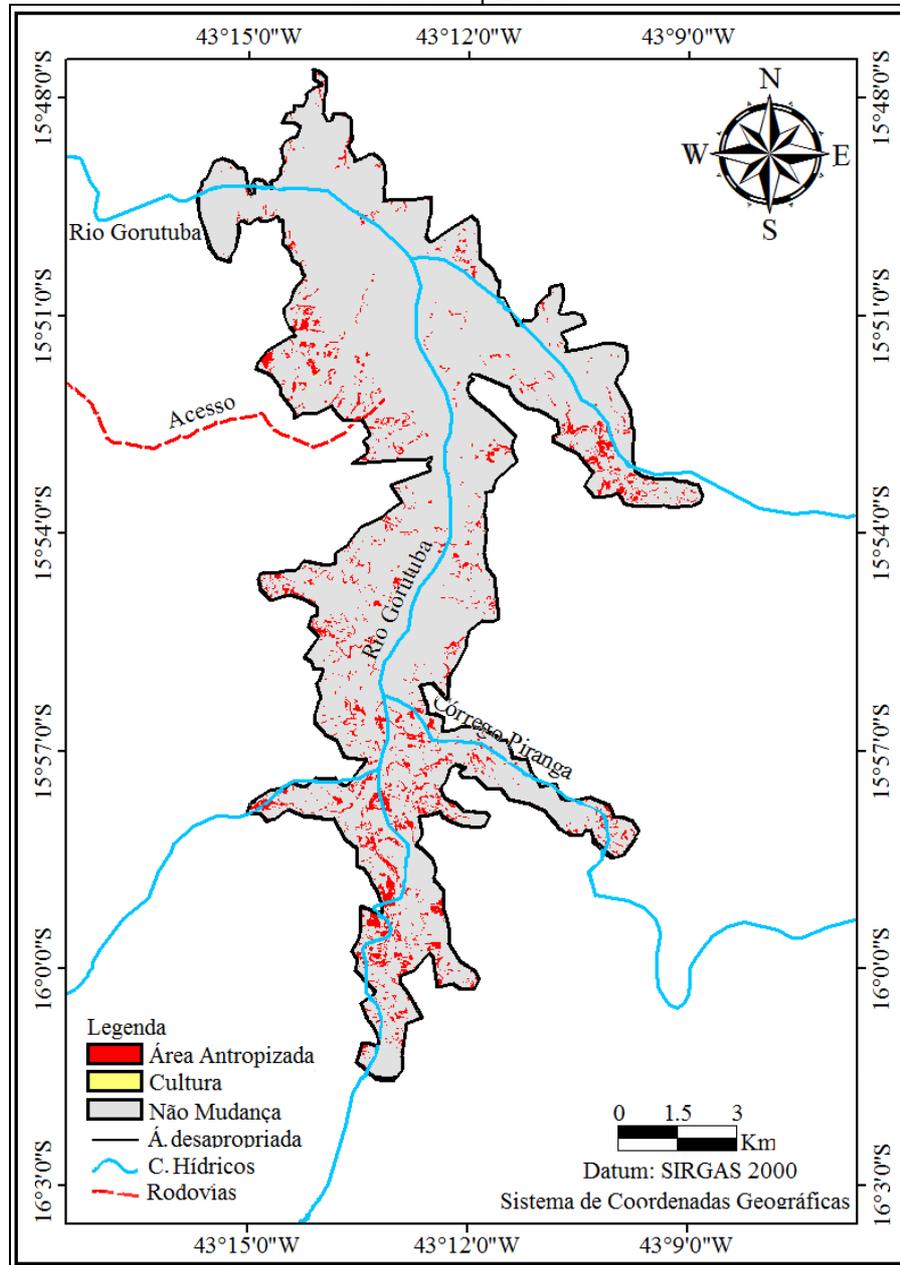
Em relação ao aumento da área antropizada na margem esquerda da barragem essa situação pode ser explicada pela beleza cênica que o local proporciona e pelas proximidades da área urbana dos municípios de Janaúba e Nova Porteirinha (FERNANDES e NERY, 2013)³, além da facilidade de acesso de rodovias pavimentadas, uma vez que, as estradas, funcionam como vetores de desmatamento, e tendem a apresentar um crescimento linear das taxas de antropização ao longo do tempo (MARTINS *et al.*, 2013).

As suaves alterações da classe cultura por áreas de vegetação podem ser verificadas pela Figura 8. Nota-se, que a área de perda da categoria cultura é representada por um valor muito pequeno (0,03%) (Tabela 3), quando comparado ao total da área desapropriada do lago. Essa

³ Apresentação sobre a "Utilização do NDVI para análise temporal do uso e ocupação do solo em torno do lago artificial do Bico da Pedra no município de Janaúba – MG" proferida por Fernando Hiago Souza Fernandes e César Vinícius Mendes Nery, na Faculdade de Ciência Exata e Tecnológica Santo Agostinho Montes Claros – MG em 17 de setembro de 2013

pequena alteração da classe cultura para áreas de vegetação pode ser justificada pela similaridade da resposta espectral de ambas as classes, pois segundo Jensen (2009) e Ponzoni *et al.* (2012), o vigor vegetativo de áreas cultivadas apresentam semelhanças entre áreas compostas por vegetação natural dependendo do tipo da cultura e da variação climática da região de estudo.

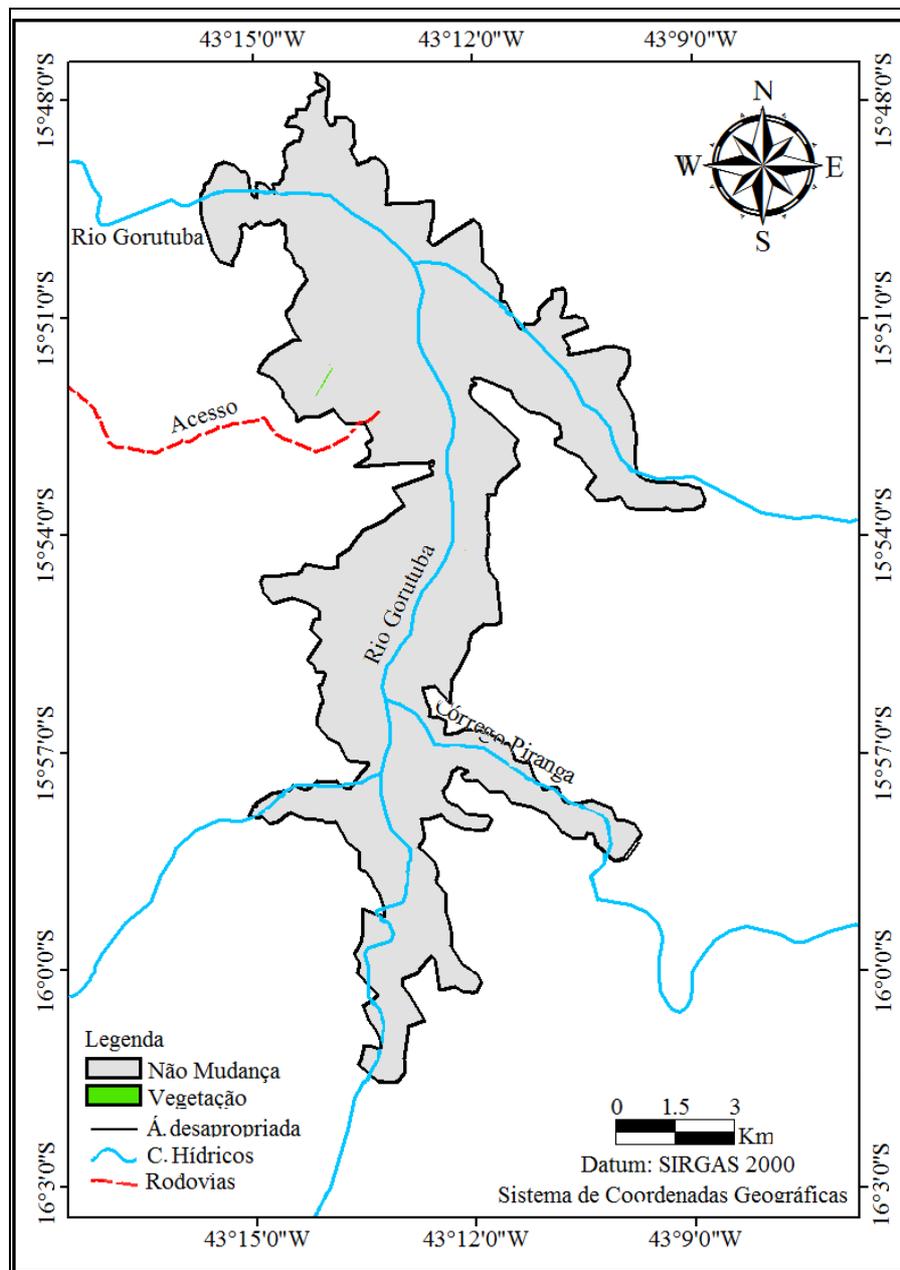
Figura 07. Detecção de mudanças da classe vegetação perdidas para as classes cultura e área antropizada.



Outro aspecto que pode ter induzido a tal situação é a respeito do registro das imagens (FREITAS *et al.*, 2009), apesar das cenas apresentarem um erro quadrático médio de valor inferior a 0,5 pixel, que corresponde a 15 metros no campo. Este erro é estabelecido pelo modelo polinomial, onde se estabelece uma correspondência entre o sistema de coordenadas da imagem (linha, coluna) e um outro sistema de coordenadas escolhido como referência (p.ex.: coordenadas geográficas; uma projeção cartográfica), utilizando pontos de controle (PCs) cuja localização é conhecida em ambos os sistemas. A transformação geométrica pode

ser realizada através da operação de registro da imagem, que permite mapear as coordenadas dos PCs de um sistema para o outro e vice-versa, isto torna possível gerar uma imagem geometricamente corrigida (MATHER, 1987). Ainda assim, deve-se atribuir estas mudanças a possíveis erros de classificação das imagens, não descartando esta hipótese, pois as amostras para a classificação do recorte espacial das cenas foram adquiridas *a priori* pelo conhecimento da resposta espectral de cada alvo determinado para análise do uso e ocupação do solo da área de estudo por meio do classificador de máxima verossimilhança.

Figura 08. Detecção de mudanças da classe cultura perdida para a classe vegetação.

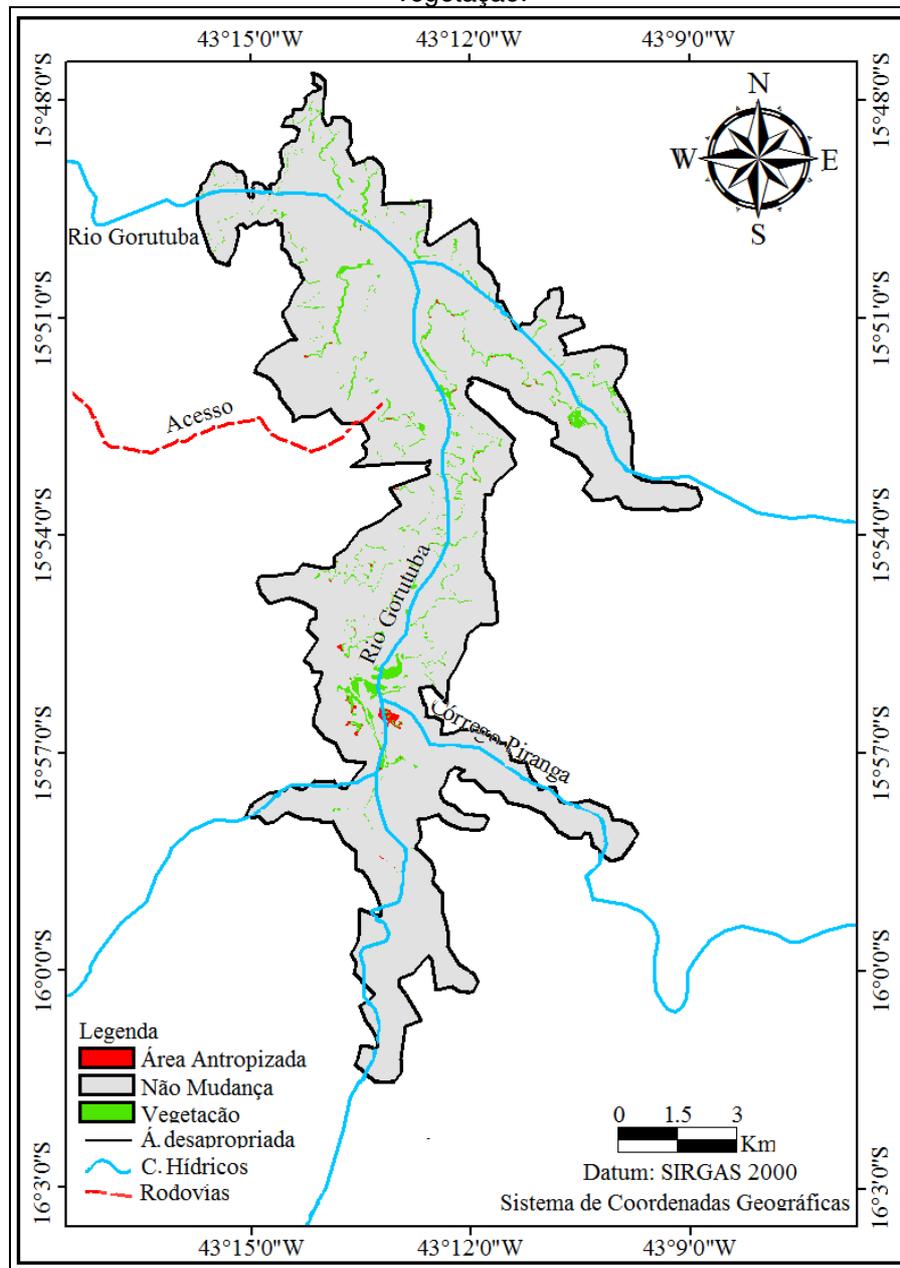


Por meio da Figura 9 e dos valores apresentados nas tabelas 2 e 3, é possível observar duas situações para as classes água e vegetação. Com relação a vegetação, verifica-se que o maior ganho expresso ocorreu sobre áreas inundadas. A ocorrência desta situação pode ser explicada pela observação, áreas próximas a margens do lago são locais com alto teor de matéria orgânica, o que aumenta a possibilidade do crescimento da vegetação rasteira nessas áreas podendo alcançar estrutura de médio e grande porte dependendo dos fatores ambientais

e das condições climáticas (MARTINS *et al.*, 2013). Outro aspecto visualizado com o rebaixamento de áreas alagadas é o surgimento das áreas antropizadas composta pelas classes solo exposto e pastagem, que pode ser justificada pelo fato da vegetação ser asfixiada pela camada d'água e durante a sua sucessão ocorrer condições climáticas adversas ou até mesmo a intervenção antrópica nessas áreas (MARTINS *et al.*, 2013).

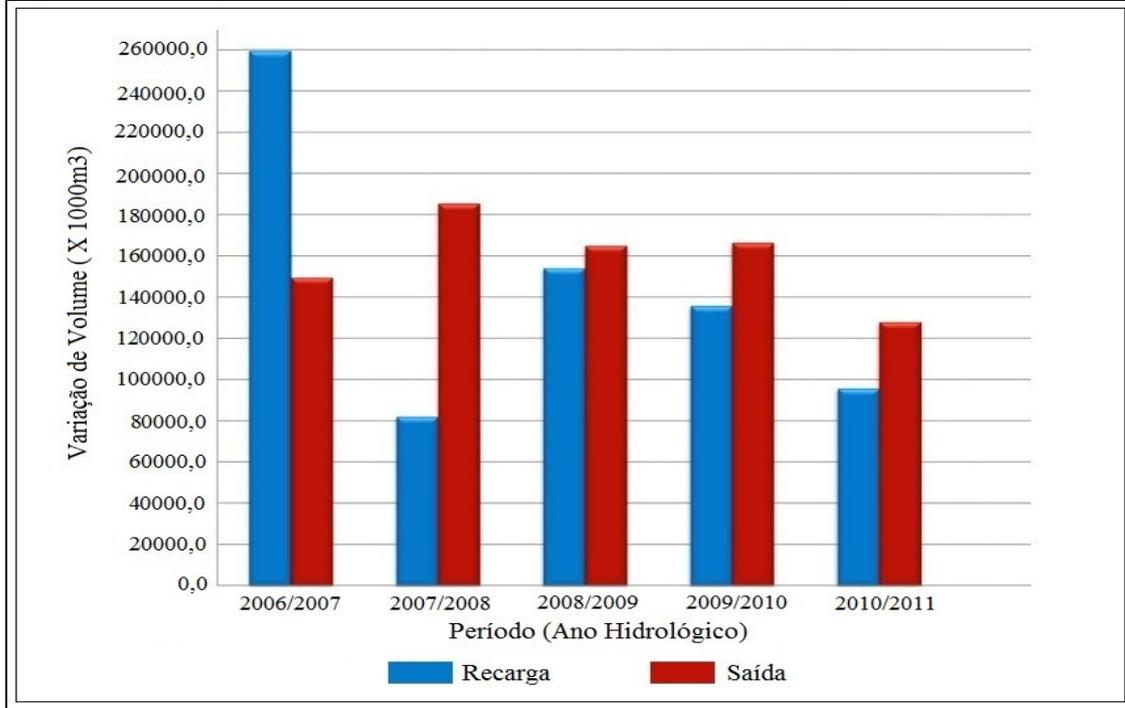
Vale ressaltar também que as imagens utilizadas para este estudo possuem resolução espacial de 30 m, podendo apresentar assim uma mistura espectral dos objetos presentes na superfície de áreas fragmentadas Shimabukuro *et al.* (2013), o que pode ter ocasionado uma maior proporção da classe vegetação. Com relação a classe água, verificou-se uma redução significativa com um abaixamento de 3,62% (347 ha) entre o período de estudo de área alagadas (Tabela 3) e (Figura 9).

Figura 09. Detecção de mudanças da classe água perdidas para as classes área antropizada e vegetação.



A redução de áreas inundadas estão diretamente relacionadas com a escassez de chuva na região (Figura 2), conforme já apresentado anteriormente pelos valores de cota no reservatório ao longo dos anos (Figura 3), sendo estes valores acentuados pela maior demanda d'água do que os volumes de reposição (Figura 10).

Figura 10. Recarga X saída do reservatório do Bico da Pedra entre o período de 2006 a 2011.



Fonte: Adaptado de DIG, 2013.

As mudanças ocorridas na classe área antropizada apresenta uma perda de 3,08% (296 ha) (Tabela 3), sendo transferido 2 ha para a classe cultura e 294 ha para a classe vegetação (Tabela 2), desta forma é possível identificar que houve a regeneração da vegetação natural ou plantio de espécies exóticas na região, principalmente na margem esquerda do lago artificial do Bico da Pedra e na região sul (Figura 11). Diante dessas informações apresentadas é importante ressaltar que a regeneração da vegetação contribuirá de forma positiva para a biodiversidade presente na região do lago artificial, minimizando a formação de sulcos, ravinas e até voçorocas, evitando, assim, o assoreamento do lago e consequentes danos ao ecossistema aquático.

A tabela 4 apresenta os dados correspondentes às variações líquidas de cada classe de uso e ocupação do solo referente aos anos de 2006 e 2011.

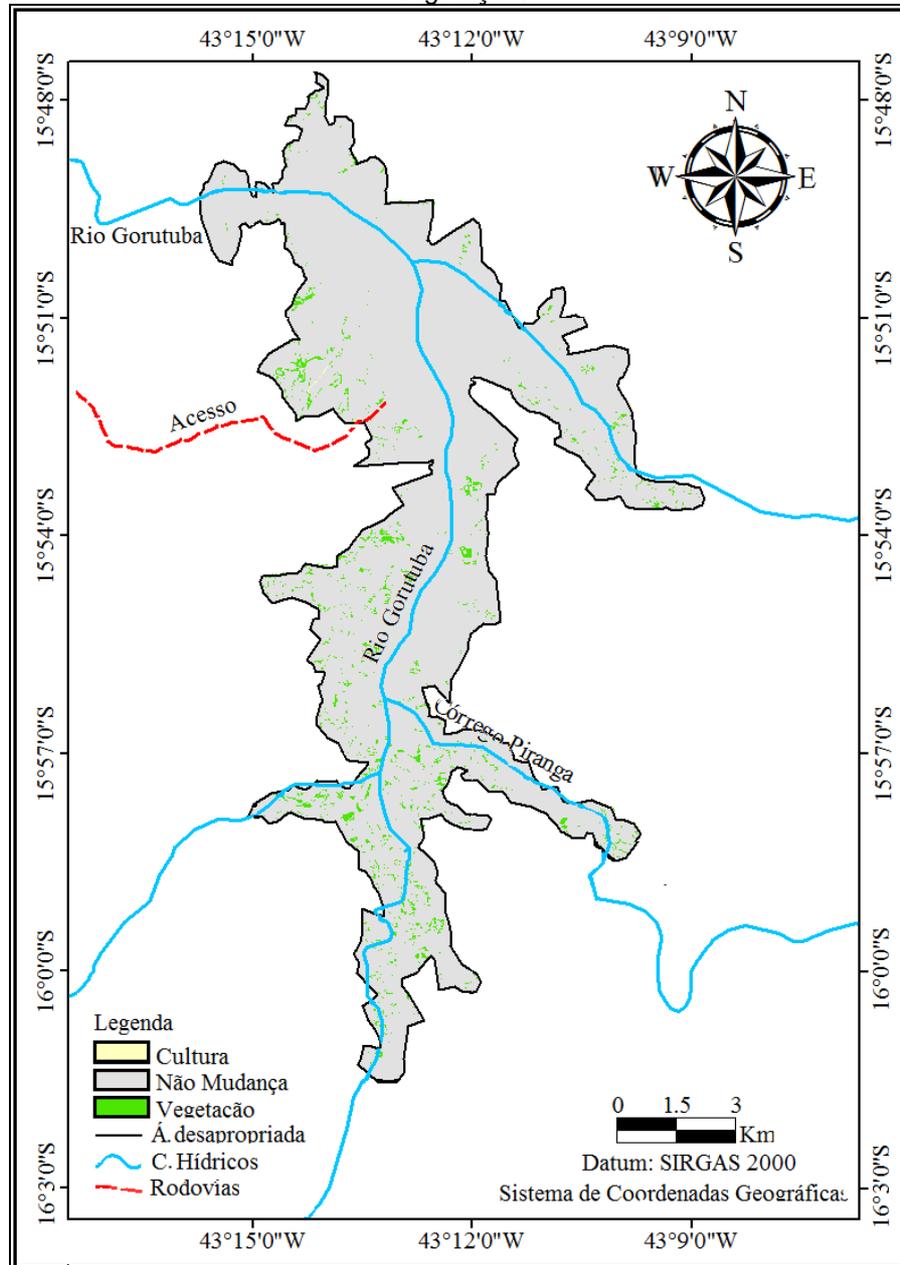
Tabela 04. Área total de cada classe e variação líquida, em hectares e porcentagem.

| Classe | Total 2006 (ha) | %C 2006 | Total 2011 (ha) | %C 2011 | Variação Líquida (ha) | Variação Líquida (%) |
|-------------|-----------------|---------|-----------------|---------|-----------------------|----------------------|
| Água | 3.202 | 33,39 | 2.855 | 29,77 | 347 | 3,62 |
| Cultura | 15 | 0,16 | 16 | 0,17 | 1 | 0,01 |
| Área Antrp. | 1.635 | 17,05 | 2.021 | 21,08 | 386 | 4,03 |
| Vegetação | 4.737 | 49,40 | 4.697 | 48,98 | 40 | 0,42 |
| Total | 9.589 | 100 | 9.589 | 100 | 774 | 8,08 |

Em análise sobre os dados apresentados na (Tabela 4) verifica-se que a maior mudança de uma classe para outra é representada pela categoria área antropizada, podendo causar alterações na biodiversidade da região, uma vez que esta classe corresponde às áreas de solo exposto e pastagem. A segunda mudança mais representativa da variação líquida foi para as

áreas alagadas 3,62%. A ocorrência desta mudança indica a diminuição de água no lago podendo acarretar conflitos futuros para a população do município de Janaúba e Nova Porteirinha, pois o abastecimento público de água dessas cidades provém da água captada pela barragem (COPASA, 2013), além de possíveis interrupções de água para os dois grandes projetos de irrigação instalados na região (DIG, 2013; CODEVASF, 2013).

Figura 11. Detecção de mudanças da classe área antropizada perdidas para a classe cultura e vegetação.



Para análise do total das mudanças ocorridas na paisagem entre os anos de 2006 e 2011 da área desapropriada do lago artificial do Bico da Pedra se fez necessário a contabilização das alterações ocorridas entre classes idênticas para os diferentes momentos, pois apesar da variação líquida ser útil ela não indica necessariamente mudança da paisagem YANG e LO (2002). Assim, a tabela a seguir (Tabela 5) apresenta os dados relativos ao cálculo dos parâmetros complementares de alteração dos usos, variação líquida, troca e total de mudanças, bem como aos parâmetros auxiliares entre os anos de 2006 e 2011.

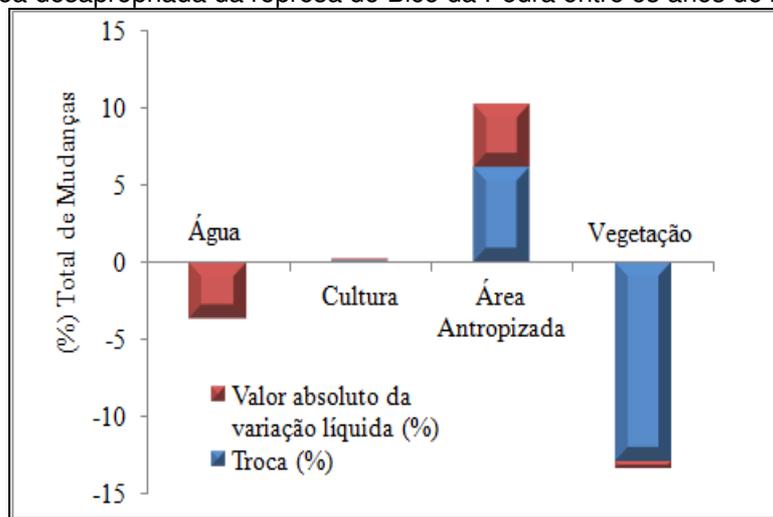
Tabela 05. Perdas, ganhos, troca, valor absoluto da variação líquida e total de mudanças em hectares

| Classe | Perdas (ha) | Ganhos (ha) | Variação líquida (ha) | Troca (ha) | Total de Mudanças (ha) |
|-------------|-------------|-------------|-----------------------|------------|------------------------|
| Água | 347 | 0 | 347 | 0 | 347 |
| Cultura | 3 | 4 | 1 | 6 | 7 |
| Área Antrp. | 296 | 682 | 386 | 592 | 978 |
| Vegetação | 659 | 619 | 40 | 1.238 | 1.278 |
| Total | 1.305 | 1.305 | 387 | 918 | 1.305 |

Os resultados apresentados na Tabela 5 confirmam a discussão quanto ao caráter representativo das variações quantitativas de natureza ocorridas entre o período de estudo, sendo possível assim avaliar não somente o quantitativo mais o qualitativo das alterações ocorridas. Para a classe água pode ser observado que o valor da perda 347 ha é igual ao total das mudanças verificadas nesta classe por porcentagem 3,62% (347 ha), ou seja, não houve troca de área inundadas dentre um período para o outro. Com relação à classe cultura pode-se perceber que o ganho expresso de 0,04% é quase igual ao mesmo valor obtido pela perda com 0,03%, ocorrendo assim, uma mudança insignificante de variação líquida e até mesmo de troca (0,06%) e do total de mudanças ocasionadas (0,07%).

Quando observado a classe área antropizada composta por áreas de solo exposto e pastagem verificou-se a maior ocorrência de mudança líquida 386 ha, sendo estas mudanças caracterizadas pelo baixo valor de perdas e pelos seus altos valores de ganhos. Para a classe vegetação verificaram-se valores expressivos para o ganho e perda desta categoria assim poderia afirmar que não houve mudança desta classe, no entanto a troca desta categoria representa quase que 50% do total das mudanças ocorridas. A figura abaixo (Figura 12) ilustra a contribuição de cada mecanismo de transformação no total das alterações observadas e quantificadas entre o período de estudo.

Figura 12. Total de mudanças e contribuições relativas dos processos de variável líquida e troca da área desapropriada da represa do Bico da Pedra entre os anos de 2006 e 2011.



Diante do exposto pela figura acima é possível perceber com uma melhor clareza que a vegetação foi a classe de maior alteração entre o ano de 2006 e 2011 com (13,33%), logo após as áreas antropizadas (10,19%), em seguida a categoria água com (3,62%) e por fim a classe cultura (0,05%).

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Fundação Santo Agostinho e ao Núcleo Interinstitucional de Estudos Ambientais pelo apoio a pesquisa científica.

CONCLUSÕES

Com base nos objetivos propostos pelo trabalho, chegou-se as seguintes conclusões a presença de áreas de vegetação e água sofreram grandes perdas entre os cinco anos analisados, em contrapartida percebeu-se um aumento de áreas antropizadas, representadas por regiões de solo exposto e pastagem.

As imagens do satélite Landsat TM 5 permitiram a identificação e quantificação do uso e ocupação do solo para o anos de 2006 e 2011, através do classificador supervisionado de máxima verossimilhança (MAXVER).

Por meio do mapeamento das quatro classes determinadas para o uso e ocupação do solo da área desapropriada do lago artificial do Bico da Pedra foi possível identificar as mudanças ocorridas no espaço temporal de cinco anos, utilizando-se da matriz de tabulação cruzada.

Os resultados apresentados apontaram as maiores mudanças para a classe vegetação (13,33%) em consequência principal do alto valor verificado para transferências de áreas (1.238 ha) entre os anos de 2006 e 2011. As classes área antropizada e água foram as que obtiveram maiores reduções de variação líquida, ou seja, cederam seus espaços na paisagem para distintos tipos de uso do solo, em se tratando dos baixos valores de substituição de fragmentos de mesma área para dois momentos verificados as categorias água e cultura representaram os menores percentuais desta estatística, com total ausência de troca para áreas alagadas e apenas (6 ha) para a classe cultura.

Desta forma, recomenda-se que estudos posteriores sejam realizados para analisar a atual situação do lago artificial do Bico da Pedra e que análises de resolução múltipla sejam executadas a fim de examinar as distâncias em que ocorre a troca de uma mesma classe. No entanto, os órgãos públicos com interesses na área de estudo dispõem agora de base de dados sobre as transformações ocorridas entre os anos de 2006 e 2011, podendo utilizá-la como ferramenta adicional no auxílio da tomada de decisões para planejamento adequado dos recursos naturais.

REFERÊNCIAS

CODEVASF, Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba. **Perímetros Irrigados, Lagoa Grande**. Janaúba, 15 jul. 2013. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados/elenco-de-projetos/lagoa-grande>>. Acesso em: 03 maio 2014.

COPASA, Companhia de saneamento de Minas Gerais. **Área de abrangência dos municípios usufruídos do serviço da Copasa**. Belo Horizonte, 2013. Disponível em: <<http://www.copasa.com.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=22>>. Acesso em: 18 out. 2013.

DIG, Distrito de Irrigação do Perímetro Gorutuba. **Caracterização do Perímetro de Irrigação Gorutuba**. Nova Porteirinha, 08 fev. 2013. Disponível em: <<http://www.dig.org.br/noticia/Caracterizacao-do-Perimetro-de-Irrigacao-Gorutuba-distrito-do-gorutuba/31/>>. Acesso em: 01 maio 2014.

_____. **Gráfico Ano Hidrológico**. Nova Porteirinha, 10 jul. 2013. Disponível em: <<http://www.dig.org.br/noticia/Grafico-Ano-Hidrologio--distrito-do-gorutuba/60/>>. Acesso em: 01 maio 2014.

_____. **Comportamento da Barragem do Bico da Pedra**. Nova Porteirinha, 09 set. 2013. Disponível em: <<http://www.dig.org.br/paginas/Comportamento-da-Barragem-Bico-da-Pedra-distrito-do-gorutuba/14/caminho/>>. Acesso em: 01 maio 2014.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. 128p.

FREITAS, G. M. de; ESQUERDO, J. C. D. M.; KORBES, André. Registro de imagens NOAA através de correlação de fase. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XII., 2009, Natal. **Anais...** Natal: INPE, 2008. p. 6883-6887. Disponível em: <<http://marte.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2008/11.18.00.15/doc/6883-6887.pdf>>. Acesso em: 03 jan. 2014.

GONZALES, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de Imagens Digitais**. Tradução Roberto Marcondes César Junior e Luciano da Fontoura Costa. São Paulo: Edgard Blucher Ltda, 2000.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades@**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/uf.php?lang=&coduf=31&search=minas-gerais>>. Acesso em: 02 jan. 2014.

IGAM, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Verde Grande SF10**. Belo Horizonte: IGAM, 2010. Disponível em: <<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/mapoteca/upgrhs-minas-gerais.pdf>>. Acesso em: 02 fev. 2014.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Estação 83437, Monte Claros, MG. Médias Mensais de Precipitação do período de 25/11/2011 a 06/03/2013. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 02 fev. 2014.

JANAÚBA. Decreto-lei nº 1.674 de 06 de Abril de 2006. Dispõe sobre a instituição do plano municipal decenal de educação de Janaúba e dá outras providências. **Lex**: coletânea de legislação: edição municipal, Minas Gerais, 2006.

JENSEN, J. R. **Sensoriamento Remoto do Ambiente**: uma perspectiva em recursos terrestres. Tradução José Carlos Neves Epiphânio. São Paulo: Parêntese, 2009.

LOUREIRO, E. V. C. et al. **Deteção de mudanças no uso e cobertura do solo entre os anos de 2004 e 2009 na Cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Prefeitura do Rio de Janeiro, 2011. Disponível em: <http://www.rio.rj.gov.br/dlstatic/10112/2325973/DLFE-237113.pdf/deteccao_mudanca_uso_solo.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2013.

LOURENÇO, J. M. et al. Alterações dos usos do solo: o caso do Vale do Douro. **Engenharia Civil UM**, n.30, p.33-50, jan. 2008. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/8435/1/Pag%2033.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2013.

MARCATTI, B. A. et al. Vidas Alagadas: Um resgate histórico e produtivo das famílias sertanejas atingidas pela barragem bico da pedra. **Rev. Bras. de Agroecologia**, v. 4, n. 2, p. 3482-3485, nov. 2009.

MARTINS, S. L. et al. Análise multitemporal por imagem TM do uso e ocupação do solo na região nordeste da rodovia BR-319. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XVI., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 1782-1789. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0902.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2014.

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images**: an introduction. Chichester: John Wiley & Sons, 1987.

NERY, C. V. M. et al. Avaliação das Técnicas de Classificação MAXVER, MAXVER – ICM e Distância Mínima Euclidiana de acordo com Índice Kappa. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.06, n. 02, p. 320-328, set. 2013. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbgfe/index.php/revista/article/view/635/403>>. Acesso em: 04 jan. 2014.

NOVO, E. L. M. **Sensoriamento Remoto**: Princípios e aplicações. 4.ed. São Paulo: Blucher, 2010.

PONTIUS JUNIOR, R. G.; SHUSAS, E.; MCEACHERN, M. Detecting important categorical land changes while accounting for persistence. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 101, p. 251-268, 2004. Disponível em: <http://www.clarku.edu/~rpontius/pontius_etal_2004_aee.pdf>. Acesso em: 11 dez. 2013.

_____. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, v.66, n.8, p. 1011-1016, 2000. Disponível em: <http://www.clarku.edu/~rpontius/pontius_2000_pers.pdf>. Acesso em: 08 dez. 2013.

PONZONI, F. J.; SHIMABUKURO, Y. E.; KUPLICH, T. M. **Sensoriamento Remoto da Vegetação**: edição atualizada e ampliada. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2012.

SANO, E. E. et al. Mapeamento de Cobertura Vegetal do Bioma Cerrado: Estratégias e resultados. **Documentos**, v.1, p. 1-33, nov. 2007.

SCHNEIDER, L., PONTIUS, R. Modeling land-use change in the Ipswich watershed, Massachusetts, USA. **Agric. Ecosyst. Environ**, v. 85, p. 83-94, 2001. Disponível em: <http://www.clarku.edu/~rpontius/schneider_pontius_2001_aee.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2013.

SHIMABUKURO, Y. E. et al. Monitoramento de mudanças na cobertura da terra na região da Floresta Nacional do Tapajós, Amazônia Brasileira, utilizando segmentação de imagens multitemporais. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, XVI., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: INPE, 2013. p. 7786-7794. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/sbsr2013/files/p0497.pdf>>. Acesso em: 11 Jan. 2014.

_____; SMITH, J. A. The Least-Squares Mixing Models to Generate Fraction Images Derived From Remote Sensing Multispectral Data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, p.16-20, 1991.

TSO, B.; MATHER, P. **Classification methods for remotely sensed data**. Danvers: Taylor e Francis Group, 2009.

YANG, X.; LO, C. P. Using a time series of satellite imagery to detect land use and land cover changes in the Atlanta, Georgia metropolitan area. **Int. J. Remote Sensing**, v. 23, p.1775-1798, 2002.