

## DINÂMICA DO USO E OCUPAÇÃO DO SOLO NA ÁREA DE DRENAGEM DO RESERVATÓRIO DE ABASTECIMENTO DO SISTEMA JURAMENTO/MG

**Willer Fagundes de Oliveira**

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Geografia  
Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes  
[willerengenharia@hotmail.com](mailto:willerengenharia@hotmail.com)

**Rafael Alexandre Sá**

Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal no Semiárido  
Universidade Estadual de Montes Claros – Unimontes  
[rafaelsagradv@hotmail.com](mailto:rafaelsagradv@hotmail.com)

**Marcos Esdras Leite**

Doutor em Geografia  
Professor do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Unimontes  
Bolsista Produtividade da FAPEMIG  
[marcosesdras@ig.com.br](mailto:marcosesdras@ig.com.br)

### RESUMO

Em condições hidrológicas naturais, grande parte dos rios do semiárido apresenta-se sujeitos a uma forte sazonalidade em suas vazões durante o ano, sendo que os reservatórios de água apresentam-se como uma das melhores alternativas para regularização dessa vazão anual. Dessa forma a avaliação da dinâmica hidroambiental em bacias hidrográficas aliadas as geotecnologias, especificamente sensoriamento remoto e SIG, se justifica pela visão integrada de todos os elementos do meio, tornando viável a tarefa de gerenciamento dos recursos naturais, além disso, as análises da dinâmica do uso e ocupação do solo colaboram de maneira consistente para o conhecimento aprofundado desse ambiente. Diante desse contexto, este trabalho analisou as mudanças do uso da terra na área de drenagem do reservatório Sistema Juramento, nos anos de 1984, 1995 e 2005 e 2014, através de imagens de satélites da série Landsat. Foi possível analisar que, embora haja incremento das atividades agropecuárias nas últimas décadas, a referida área, ainda apresenta percentual expressivo de vegetação natural. Os resultados deste trabalho, no que concerne o uso e ocupação do solo, poderão contribuir na continuidade das pesquisas hidroambientais e gestão de recursos hídricos na área de estudo, subsidiando projetos e ações de conservação do sistema de abastecimento.

**Palavras-chave:** Gestão dos Recursos Hídricos; Bacia Hidrográfica; Sensoriamento Remoto.

### DYNAMICS OF USE AND OCCUPATION OF LAND IN THE DRAINAGE AREA OF RESERVOIR SUPPLY OF THE JURAMENTO SYSTEM/MG

### ABSTRACT

In natural hydrological conditions, most of the rivers in these mi arid region are exposed to strong seasonality in its flow during the year, and the water reservoirs appear as one of the best alternatives to regularize this annual flow. Thus the evaluation of hydro-environmental dynamics in watershed allied with geotechnologies, specifically remote sensing and geoprocessing, is justified by the integrated view of all the elements from the environment, making possible the management of natural resources, moreover, the analyzes of land use and occupation dynamics collaborate consistently to knowledgement of this environment. In this context, this study aimed to analyze the changes in land use in the drainage

---

Recebido em 07/04/2015

Aprovado para publicação em 02/02/2016

area of water reservoir of the Juramento System, in the years 1984, 1995, 2005 and 2014. Was possible analyze, although there is an increase of agricultural activities in the last decades, this basin, still presents significant percentage of natural vegetation. The results of this study, about the land use and occupation, may contribute to the hidro-environmental researches and management of water resources in the study area, subsidizing projects and conservation actions of supply system.

**Keywords:** Water management; Watershed; Remote sensing.

---

## INTRODUÇÃO

A civilização sempre considerou a água como um bem fundamental, e preocupações em como disponibilizar este recurso natural para consumo humano sempre estiveram presentes na sociedade (KAPLAN, 2010).

As primeiras barragens sugeriram da necessidade de armazenar as águas de chuvas de modo a poder utilizá-las durante a seca, pode-se dizer que esse tipo de obra hidráulica tem como função o armazenamento de águas disponíveis no período de cheias para compensar as deficiências nos períodos de estiagem (COSTA e LANÇA, 2001 *apud* KAPLAN, 2010).

Em condições hidrológicas naturais, diversos rios do semiárido apresentam-se sujeitos a uma forte sazonalidade em suas vazões durante o ano. Em algumas regiões, o regime sazonal compreende seis a oito meses com vazões na calha do rio e seis a quatro meses com vazão nula. Os reservatórios de água em regiões semiáridas, como no Norte de Minas Gerais, apresentam muitos benefícios, constituindo uma das melhores alternativas para combater as consequências negativas das adversas condições ambientais típicas desse clima (BRASIL, 2005).

A barragem de captação e regularização do Rio Juramento faz parte do Sistema de Verde Grande responsável por atender 67% da demanda de água do município de Montes Claros (ANA, 2010).

De acordo com os dados da Agência Nacional de Águas (ANA), para o atendimento da demanda de abastecimento de Montes Claros será necessário recorrer a novos mananciais de água, como forma de complementação do sistema implantado. Isso se deve ao fato do reservatório do Rio Juramento permite atender a uma demanda de abastecimento de no máximo 500.000 habitantes (COPASA, 1983). No entanto, a população estimada do município, em 2014, era de 390.213 mil habitantes (IBGE, 2010), além disso, soma-se uma população flutuante de cerca de 400 mil pessoas (MORAES, 2014).

Neste contexto, aliado ao déficit hídrico ocorrido nos últimos anos na região, a elaboração de um estudo hidroambiental da área de contribuição do reservatório do Rio Juramento, faz-se necessário. Essa afirmação vai ao encontro dos fundamentos da Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH disciplinada pela Lei nº 9433 de 1997, que estabelece no artigo 1º inciso V, que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da PNRH e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

Essa unidade territorial se justifica no fato de a bacia hidrográfica ser uma unidade geomorfológica fundamental da superfície terrestre, isso porque suas características determinam todo o fluxo superficial da água. Esse fato transforma essa unidade em uma área ideal para o planejamento integrado do manejo dos recursos naturais no meio ambiente por ela definido, que aliado ao o uso de geotecnologias, permite identificar e quantificar os problemas causados por ações antrópicas, assim como correlacionar dados com conceitos como conservação e exploração dos recursos naturais, além de auxiliar no direcionamento adequado de seu manejo (MOREIRA et al., 2006).

Na elaboração de um diagnóstico de aspectos hidroambientais que retrata a unidade de planejamento, faz-se necessário obter o máximo de informações e dados referentes à realidade da área, e isso se torna mais viável e prático com o auxílio do sensoriamento remoto e dos Sistemas de Informação Geográfica - SIG (MARTINS et al., 2014).

O uso de técnicas de interpretação visual de imagens oriundas de sensoriamento remoto possibilita a identificação de regiões de maior homogeneidade e sua distribuição geográfica dentro da área de estudo de acordo com critérios pré-estabelecidos, considerando-se para isso semelhanças entre feições e objetos vizinhos (SOUSA et al., 2010).

A utilização de imagens de sensoriamento remoto permite a obtenção de informações sobre grandes áreas de vegetação nativas e agricultáveis em um tempo reduzido e com menor custo quando comparado com as atividades em campo (DISPERATI et al., 2007). Além disso, para mitigar os efeitos deletérios de uso do solo e fomentar o desenvolvimento de políticas públicas, visando uma gestão sustentável dos recursos naturais, torna-se imprescindível o monitoramento do Uso e Ocupação do Solo (UCS), por meio de informações espaço-temporais detalhadas das modificações ocorridas na paisagem (SOUTHWORTH et al., 2004; COELHO, et al., 2014).

O conhecimento da distribuição espaço-temporal, em seus aspectos quantitativos e qualitativos, é fundamental para o desenvolvimento econômico, social e ambiental de uma determinada região ou país. Para tanto é indispensável o monitoramento e a análise de informações sistematizadas (HOLLER, 2014).

As geotecnologias vêm sendo amplamente utilizadas em estudos ambientais, permitindo analisar as informações de uso do solo em bacias hidrográficas de forma mais rápida e precisa (VELOSO, et al., 2011). Os mesmos autores demonstraram as aplicações das geotecnologias na dinâmica de uso do solo na bacia hidrográfica do Riachão, Norte de Minas Gerais, apontando que além de possuírem ferramentas que auxiliam na análise hidroambiental, as mesmas podem ser utilizadas pelo poder público na tomada de decisões sobre o planejamento e a gestão dos recursos ambientais.

Dessa forma o estudo hidroambiental em bacias hidrográficas aliadas as geotecnologias, especificamente sensoriamento remoto e geoprocessamento, se justifica pela visão integrada de todos os elementos do meio, tornando mais fácil a tarefa de gerenciamento dos recursos naturais, análises da dinâmica do uso e ocupação do solo, colaboram assim de maneira consistente no conhecimento aprofundado de uma determinada região (VEAZA et al., 2010).

Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo descrever, cronologicamente, a dinâmica do uso e ocupação do solo na área de drenagem do reservatório do Rio Juramento (Sistema Juramento) nos anos de 1984, 1995, 2005 e 2014, através das ferramentas proporcionadas pelas Geotecnologias. Pretende-se, também, com os resultados deste trabalho, contribuir com a continuidade das pesquisas hidroambientais e gestão de recursos hídricos na área de estudo, subsidiando projetos e novos estudos de conservação neste sistema de abastecimento.

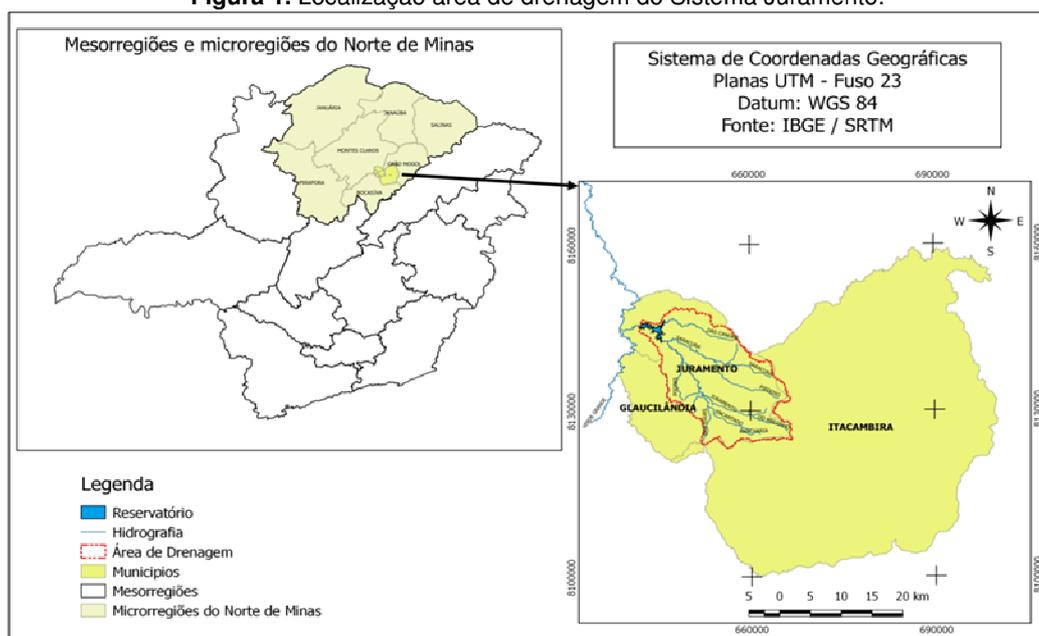
## **CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo, que compreende a área de drenagem do reservatório do Rio Juramento (Sistema Juramento), está localizada na mesorregião Norte de Minas, Estado de Minas Gerais, especificamente na microrregião de Montes Claros. O limite da área de drenagem está inserido em um retângulo envolvente entre as coordenadas Planas UTM E 641.911 e N 8.123.210, E 666719 e N 8148631, fuso 23 k, Datum WGS 84, com uma área de 352,28 km<sup>2</sup>, na qual está totalmente inserida no município de Juramento, correspondendo 81,63% da área total deste município, conforme a figura 1.

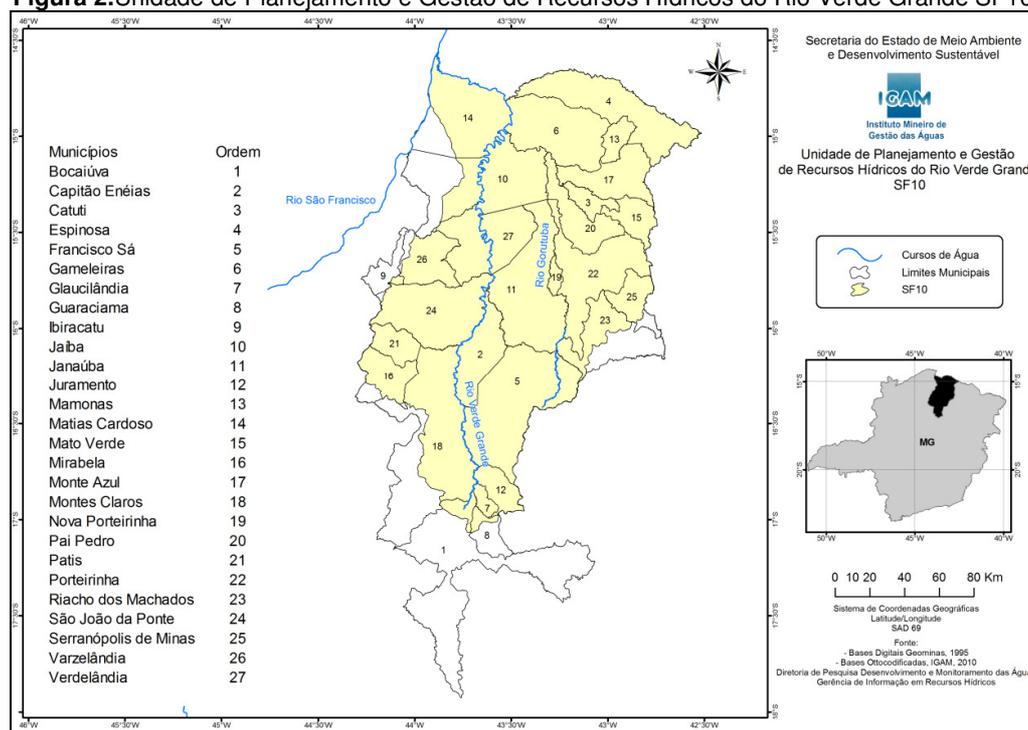
O sistema de abastecimento Juramento está inserido na bacia hidrográfica do Rio Verde Grande, como mostra a figura 2. Para fins de planejamento e gestão dos recursos hídricos na bacia do Verde Grande, esta foi subdividida em oito sub-bacias, sendo que o Sistema Juramento está inserido na subdivisão Alto Verde Grande (ANA, 2011).

Segundo os dados do Plano Diretor da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande, a subdivisão Alto Verde Grande (AGV) possui uma área de 3.102,2 km<sup>2</sup>, corresponde a 10% da área da bacia, onde se insere os municípios de Montes Claros, Glaucilândia, Juramento e Guaraciama, contemplando rios, como: Rio Verde Grande, Rio Cana-Brava, Ribeirão Boa Vista, Rio Vieira, Rio da Prata, Rio Juramento e Rio Saracura (ANA, 2011).

**Figura 1.** Localização área de drenagem do Sistema Juramento.



**Figura 2.** Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Rio Verde Grande SF10.



**Fonte:** IGAM, 2010.

A barragem de Juramento se destaca como principal reservatório de água da microrregião de Montes Claros, que é composta por vinte e dois municípios. Essa barragem é a maior dessa região, pois apresenta as seguintes características: 675 m de comprimento de crista, elevação de 647,80 de altura máxima, com aproximadamente 700.000 m<sup>3</sup> de aterro compactado e 20.000 m<sup>3</sup> de concreto em suas estruturas (COPASA, 1983). Com base nas características hidrológicas e hidráulicas da área de drenagem, foram dimensionados no projeto construtivo os seguintes dados, exposto na tabela 1.

**Tabela 1.** Características hidrológicas e hidráulicas do reservatório do Sistema Juramento

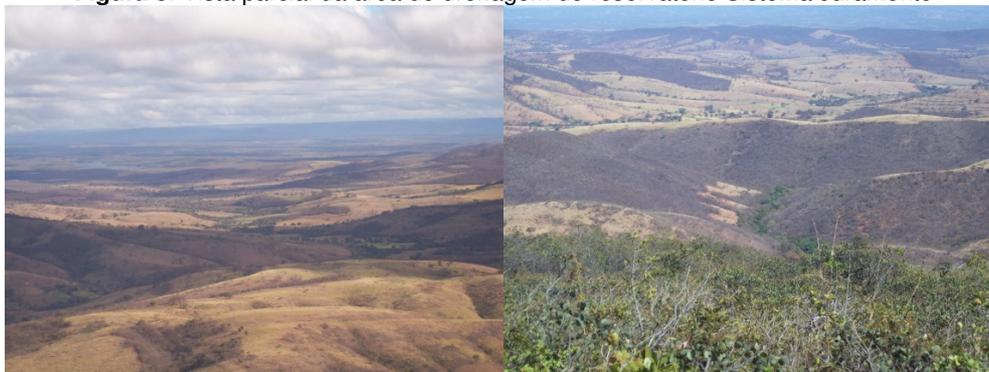
Características	Dimensionamento
Vazão média anual regularizada	1,30 m <sup>3</sup> /s
Fluxo residual mínimo de jusante	0,200 m <sup>3</sup> /s
Vazão média aduzida para estação de tratamento de água - ETA	1,100 m <sup>3</sup> /s
Área de drenagem do reservatório	326 km <sup>2</sup>
Área máxima de inundação	7,63 km <sup>2</sup>
Volume útil	25,24 x 10 <sup>6</sup>
Volume total	42,49 x 10 <sup>6</sup>
Nível de Água mínimo do reservatório	632,25 m
Nível de Água normal do reservatório	640,25 m
Nível de Água máximo do reservatório	646,30 m

Fonte: COPASA, 1983.

A bacia do rio Verde Grande, onde se insere a área de drenagem do reservatório do Sistema Juramento, objeto do estudo, apresenta clima característico do semiárido brasileiro. Segundo a classificação de Köppen, predomina amplamente o tipo Aw, clima tropical quente e úmido com estação seca bem acentuada, enquanto o Cwa, mesotérmico de altitude com verões quentes e chuvosos e inverno seco com temperaturas mais amenas, está restrito às porções mais elevadas da Serra do Espinhaço, na borda oriental (ANA, 2002).

Já em relação à cobertura vegetal natural na área da barragem Juramento, conforme o Sistema Integrado de Informações Ambientais do Estado de Minas Gerais – SIAM, as coberturas vegetais presentes nesse local são: Campo, Campo Cerrado, Cerrado Senso Stricto, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual. Há destaque, também, para a floresta plantada, ou seja, a Silvicultura, representada pelo cultivo de Eucalipto. Em campo, se constatou essas formações sobre a paisagem da área de estudo, conforme exposto na figura 3.

**Figura 3.** Vista parcial da área de drenagem do reservatório Sistema Juramento



Fonte: Autores, 2015.

Para fins de classificação e avaliação da dinâmica de uso e ocupação do solo nesse estudo, a cobertura vegetal na área de drenagem foi dividida em: Pastagem, Solo Exposto, Água, Mata Ciliar, Cerrado Stricto Senso e Campo Cerrado, Cerrado Denso e Eucalipto, uma vez que foram esses os usos identificados na área de estudo pela pesquisa de campo e pela imagem de satélite. Nessa área estão presentes, conforme classificação do SIAM de Minas Gerais, dois biomas distintos, são eles: Cerrado e Caatinga. O bioma Cerrado, segundo a EMBRAPA (2014) apresenta formações vegetais variando desde campos abertos até formações densas de florestas, que podem atingir 30 m de altura.

Ainda, de acordo com a EMBRAPA (2014), as principais ameaças a esse ambiente são: erosão hídrica e eólica dos solos; degradação dos diversos tipos de vegetação, perda da biodiversidade, e invasão biológica causada por dispersão de espécies exóticas.

O bioma caatinga, apresenta vegetação com cerca de 930 espécies conhecidas, além de demonstrar características de sobrevivência aos longos períodos de falta de água na região. Cactos, bromélias e leguminosas com troncos espinhosos e retorcidos se destacam nessa paisagem (EMBRAPA, 2014). A exploração inadequada afeta seu equilíbrio ecológico, provocando perda da biodiversidade (EMBRAPA, 2014).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

A análise da dinâmica de uso e ocupação do solo em uma determinada área de interesse envolve uma série de procedimentos metodológicos quando se usa as técnicas de Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento. Neste sentido, o presente trabalho foi dividido nas seguintes etapas abaixo.

### ***DELIMITAÇÃO DA ÁREA DE DRENAGEM***

Este procedimento é o primeiro passo para análises hidrológicas ou ambientais dentro de uma bacia hidrográfica e/ou área de drenagem. Para tal propósito, faz-se necessário a aquisição do MDE (Modelo Digital de Elevação), que neste estudo, foi obtido através do recurso interativo de Banco de Dados Geomorfométricos do Brasil-TOPODATA/INPE, uma derivação, refinamento e pós-processamento do *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), disponibilizados pelo *United States Geological Survey* (USGS).

Nesta etapa de processamento dos dados, consistiu-se primeiramente na geração do mosaico dos mapas índices 16S45\_ZN e 16S435\_ZN, e conseqüentemente, a delimitação automática da área de drenagem, definindo como limiar a foz do reservatório. Neste procedimento, utilizou-se o aplicativo Terra Hidro do software livre Terra View, seguido pela metodologia apresentada por (LIMA et al, 2012).

### ***PROCESSAMENTO DIGITAL DA IMAGEM***

Neste trabalho priorizou-se adquirir cenas na mesma época do ano para todas as imagens, uma vez que o índice foliar pode apresentar diferentes respostas espectrais em períodos de precipitação distintos (COELHO et al., 2014). Esta série de imagens corresponde ao fim da estação seca na região.

As imagens de satélite utilizadas são provenientes do Landsat-5, sensor TM (Thematic Mapper), com as datas de passagem das cenas do satélite nos dias 09/08/1984, 09/09/1995 e 31/07/2004, órbita 218 e ponto 72, disponibilizadas pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais). Já para a data 12/08/2014, foi utilizada a imagem do Landsat-8, sensor, OLI (Operational Land Imager), órbita 218, ponto 71, disponibilizada pela USGS. Ambos os sensores com bandas multiespectrais e resolução espacial de 30 m.

A classificação das imagens para a geração do mapa temático da área de interesse foi realizada no software Open Source SPRING 5.2.7, através de treinamento supervisionado, com classificador Máxima Verossimilhança. Os elementos presentes nas imagens foram identificados e associados utilizando-se a composição 5R/4G/3B para as imagens derivadas do sensor TM, Landsat-5 e 6R/5G/4B para o sensor OLI do Landsat-8.

Os erros geométricos das quatro séries das imagens foram avaliados e corrigidos através do processo de georreferenciamento ou registro. Foram definidos seis pontos de controle bem distribuídos na imagem entorno da área de estudo e, conseqüentemente, obtidos em campo com o receptor GPS de navegação, nesta fase procurou-se obter precisão posicional inferior a 7 metros. De posse dos pontos coletados em campo, foi possível referenciar as imagens de 1984, 1995, 2005 e 2014 obtendo um erro quadrático médio de 0,315, 0,13 e 0,477 e 0,307 pixels, respectivamente. O processo de transformação foi do tipo polinomial de segundo grau e método de amostragem por vizinho mais próximo. O sistema de projeção adotado foi o UTM (Universal Transversa de Mercator) e o Datum WGS 84.

A partir do produto gerado da etapa anterior (limite da área de drenagem) e a correção geométrica das imagens, foi possível realizar o recorte espacial da área de interesse. Durante a fase de obtenção de pontos de controle, também foram realizadas vistas in loco no interior da área de estudo, no intuito de identificar os usos do solo, subsidiando o processo de fotointerpretação, definindo assim as seguintes classes de uso e ocupação do solo: água, mata ciliar, solo exposto, pastagem, campo cerrado, cerrado stricto sensu, cerrado denso e eucalipto.

Todas as classes definidas foram baseadas nas características locais da área de estudo e também se encontra compatível com o sistema multinível de classificação apresentada pelo Manual Técnico de Uso da Terra do IBGE (2013): I nível (áreas antrópicas não agrícolas, áreas antrópicas agrícolas, área de vegetação natural, água e outros).

Por meio desse manual foi possível obter procedimentos técnico-metodológicos de levantamento e mapeamento, de forma a garantir a real distribuição geográfica dos recursos da terra, da sua apropriação social e das transformações ambientais.

Outro instrumento utilizado neste trabalho foi o uso das imagens disponibilizadas pelo *Google Earth*, que, possibilitaram a discriminação de alvos, auxiliado na eliminação de dúvidas de interpretação.

O algoritmo utilizado para a classificação foi o MAXVER-ICM (Máxima Verossimilhança Iterated Conditional Modes), com limiar de aceitação de 100%, que além de avaliar a variância e a covariância das categorias de padrões de resposta espectral quando classifica um pixel desconhecido, considera também a dependência espacial na classificação (MATHER, 2004). Para isto, na primeira etapa, a imagem é classificada pelo algoritmo MAXVER e, em seguida, o classificador atribui classes a um determinado pixel, considerando a sua vizinhança iterativamente (SANTOS et al., 2010).

Durante as análises das amostras, obtiveram-se os seguintes índices Kappa das classificações 0.93, 0.87, 0.84 e 0.93 para as respectivas imagens de 1984, 1995, 2005 e 2014. Esses resultados indicam precisões aceitáveis (forte concordância) para as análises de uso e ocupação do solo, como mencionaram Congalton; Green (1998) e Yu et al. (2011).

Após a classificação e mapeamento os dados foram convertidos de Raster para Vetor, seguido de cálculos de áreas de cada classe expressa em hectares (ha). Os procedimentos utilizados para analisar as modificações ocorridas na área de estudo consistiram na elaboração e interpretação de gráficos e mapas temáticos, sendo estes, confeccionados no compositor do software Open Source QGIS.

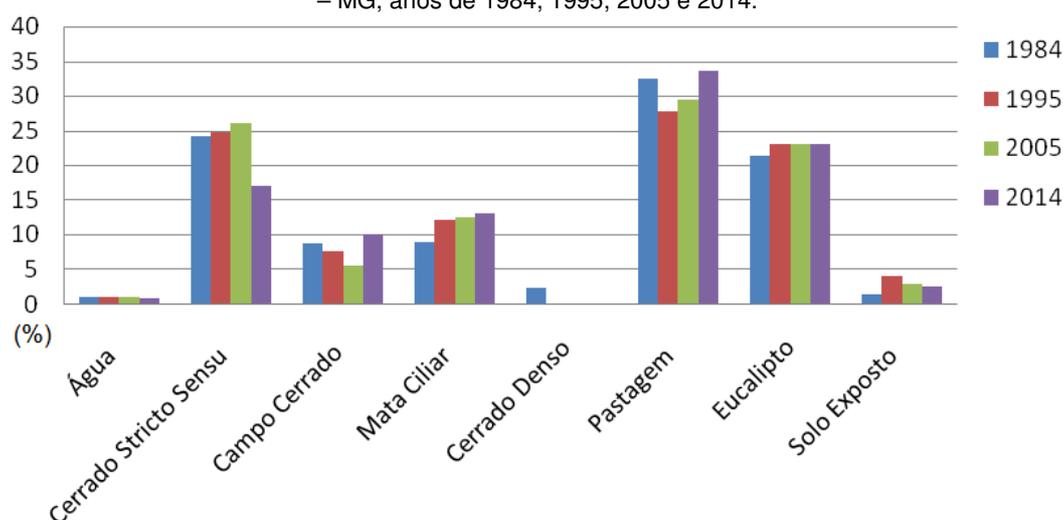
#### MAPA DE DECLIVIDADE E HIPSOMÉTRICO

Através do Modelo Digital de Elevação MDE e do recorte espacial da área de estudo, foram gerados os mapas hipsométrico e declividade, atribuindo as classes de relevo conforme os intervalos estabelecidos pela EMBRAPA (1979).

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos mapas temáticos, foram obtidos os valores das áreas de cada classe em hectares (ha), em seguida as mesmas foram relacionadas em porcentagem do total da área de drenagem para os anos de 1984, 1995, 2005 e 2014, conforme a figura 4.

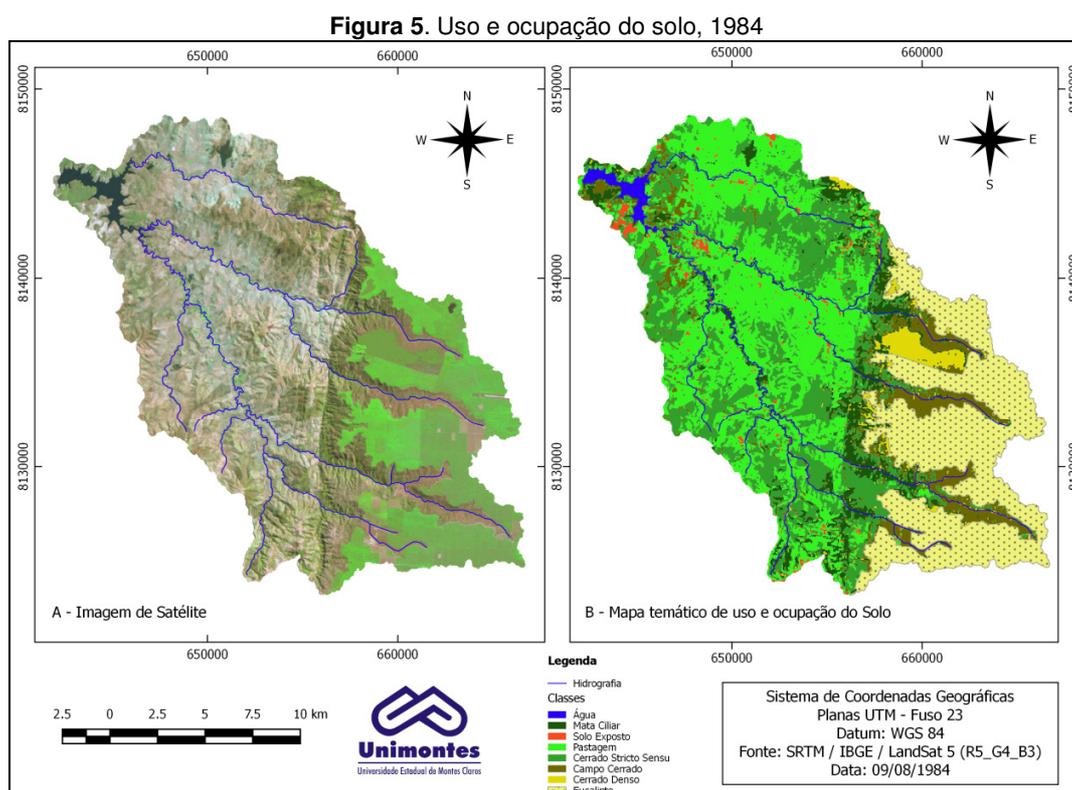
**Figura 4.** Dinâmica do uso e ocupação do solo da área de drenagem do reservatório Sistema Juramento – MG, anos de 1984, 1995, 2005 e 2014.



Fonte: Imagens Satélite Landsat/TM e OLI.

De acordo com a figura 5, no ano de 1984 predominava na área de estudo, a classe de pastagem (32,48%) distribuída nas faixas de altitudes que variam de 670 a 970m, seguido de

cerrado stricto sensu (24,07%) e eucalipto (21,38%), presentes com maiores frequências nas altitudes superiores a 770 m e 1100 m, respectivamente. O campo cerrado com (8,60%), presente nas altitudes superiores a 970m, apresenta com maior frequência nas áreas próximas às nascentes dos rios principais de abastecimento do Sistema Juramento. Já a classe de solo exposto, que corresponde 1,28% da área total, aparece com maior frequência nas altitudes inferior a 720m, principalmente próximo à barragem. A mata ciliar com 8,90%, vegetação de fundamental importância na preservação e manutenção dos mananciais, apresenta distribuição irregular ao longo dos córregos e rios, com algumas áreas aglomeradas ao longo dos córregos com altitudes superiores a 970m. A água com apenas 0,93% da área total, presente na altitude média 640m, representa a área do reservatório de abastecimento. Observa-se exclusivamente neste ano, conforme figura 5, a presença da vegetação de cerrado denso, que ocupava uma área de 827,39 há (2,35%), presente nas altitudes superior a 1100 m, localizada na área de chapada.

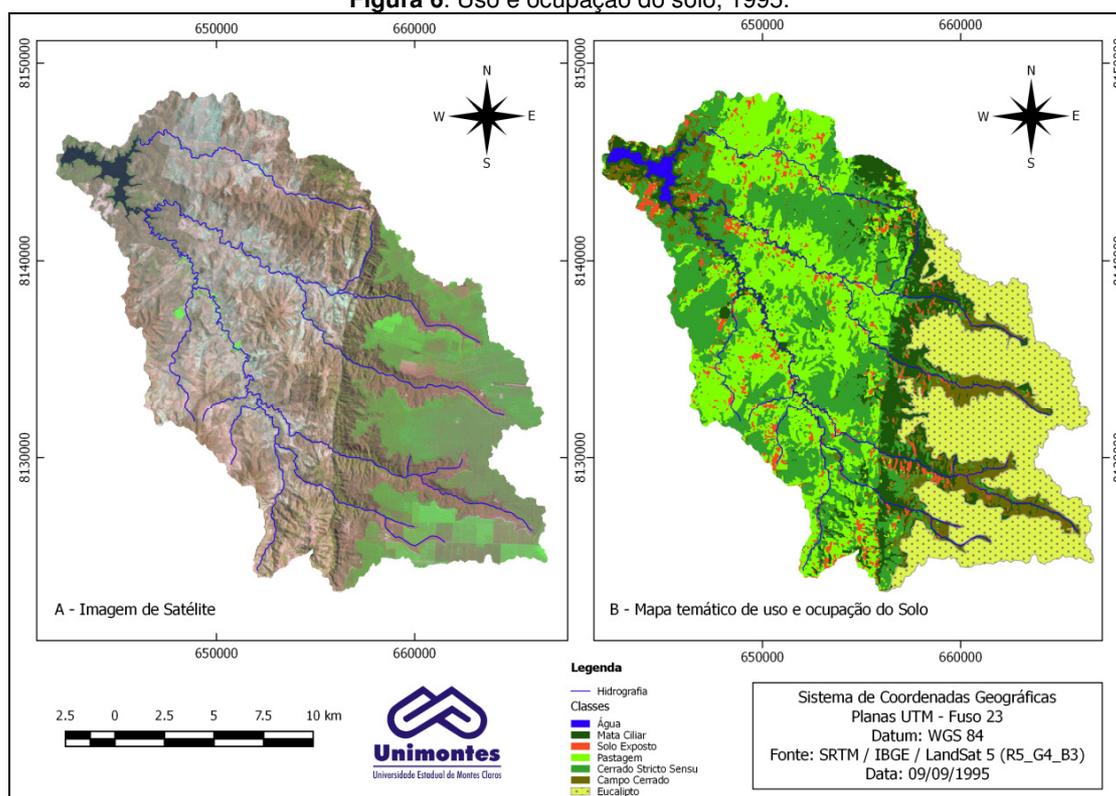


No ano de 1995, a classe de pastagem apresentou redução de 14,39% de sua área, passando de 11.443,76 ha para 9.796,73 ha, conforme o figura 4 e a figura 6, permanecendo ainda como classe predominante, com 27,81% da área total, ao contrário da área de eucalipto que apresentou um incremento de 8,06%, representando 23,10% da área total, substituindo a vegetação de cerrado denso. A área de solo exposto apresentou um incremento bastante significativo, 313,30%, resultando-se em uma área de 1.410,01 ha, com algumas áreas localizadas ao longo dos córregos e rios. As áreas das matas ciliares apresentaram-se um incremento de 34,95%, resultando em uma área de 4.323,92 ha, 12,02% da área total, localizadas principalmente nas áreas de encostas, ao longo dos córregos e rios.

A classe de cerrado stricto sensu obteve um incremento de apenas 2,52%, entre 1984 e 1995, o que representa 24,67% da área total de estudo. Apesar do baixo valor percentual encontrado, apresentou mudança na sua forma geométrica e distribuição espacial bem visível, principalmente em torno da barragem. Isso foi resultado do processo de recomposição vegetativa, por meio de procedimentos de enriquecimento de flora, promovida através da empresa responsável pela gestão do reservatório, a COPASA.

Já a classe de água e campo cerrado, para o mesmo ano, reduziram aproximadamente 8,0% e 12,4% respectivamente.

Figura 6. Uso e ocupação do solo, 1995.



O ano de 2005 quando comparado com o ano de 1995, pode-se afirmar com base no figura 4, que a classe de pastagem apresentou incremento de 5,72% em área, continuando como classe predominante, 29,40% da área total. A classe de cerrado stricto sensu, permaneceu aumentando, obtendo um incremento de 5,18% que corresponde uma área de 9.141,90 ha, 25,95% da área total. A área de solo exposto apresentou uma redução de 28,30%, assim como a área de campo cerrado 28,46%, atingindo uma área de 1.010,91 ha e 1.899,41 ha, respectivamente, que corresponde 2,87% e 5,39% da área total. Já as áreas das classes de água e mata ciliar tiveram um incremento de 3,29% e 3,16%, respectivamente, resultando em 312,85 ha para a classe de água e 4.366,91 ha para a classe de mata ciliar. A classe de eucalipto, para o mesmo ano, se manteve praticamente inalterada, 8.139,30 ha.

O ano de 2014 quando comparado com o ano de 2005, com base na figura 4 e a figura 8, pode-se afirma que a classe de pastagem apresentou incremento de 14,19% de sua área, resultando em uma área de 11.826,92 ha, continuando novamente como classe predominante, 33,57% da área total. A área da mata ciliar apresentou um incremento de 5,7%, atingindo uma área de 4.616,10 ha, que corresponde uma 13,10% da área total. A vegetação de cerrado stricto sensu, apresentou a maior taxa média de redução, 34,78%, atingindo uma área de 5.961,85 ha, que corresponde 16,92% da área total. Já as classes de água e solo exposto, apresentaram uma redução de 10,95% e 11,66% respectivamente, perfazendo uma área de 278,62 ha e 893,00 ha que corresponde 0,79% e 2,54% da área total. A classe campo cerrado obteve um incremento de 84,94%, atingindo uma área de 3.512,69 ha, que representa 9,97% da área total. A classe de eucalipto, para o mesmo ano, novamente se manteve praticamente inalterada, 8.139,30 ha.

Para os anos estudados, foram perceptíveis as mudanças nas áreas e nas formas geométricas das feições das classes consideradas, evidenciando uma tendência de crescimento das atividades agropecuárias, conforme a figura 9. Como já apresentado anteriormente, a classe de eucalipto apresentou uma estagnação em sua expansão, atualmente concentrada apenas na região sudoeste da área de drenagem, predominante nas altitudes superiores a 1100 m, assim como conservação da vegetação nativa em torno das nascentes e ao longo dos cursos d'água nas altitudes superiores a 970m.

Figura 7. Uso e ocupação do solo, 2005

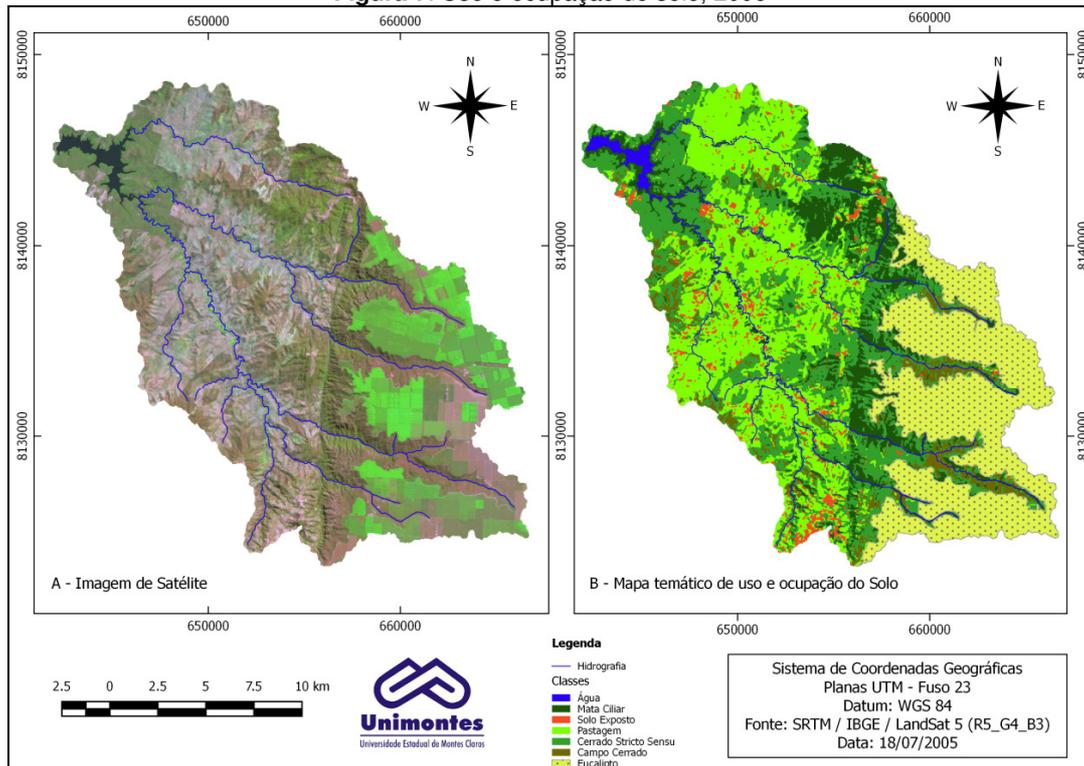
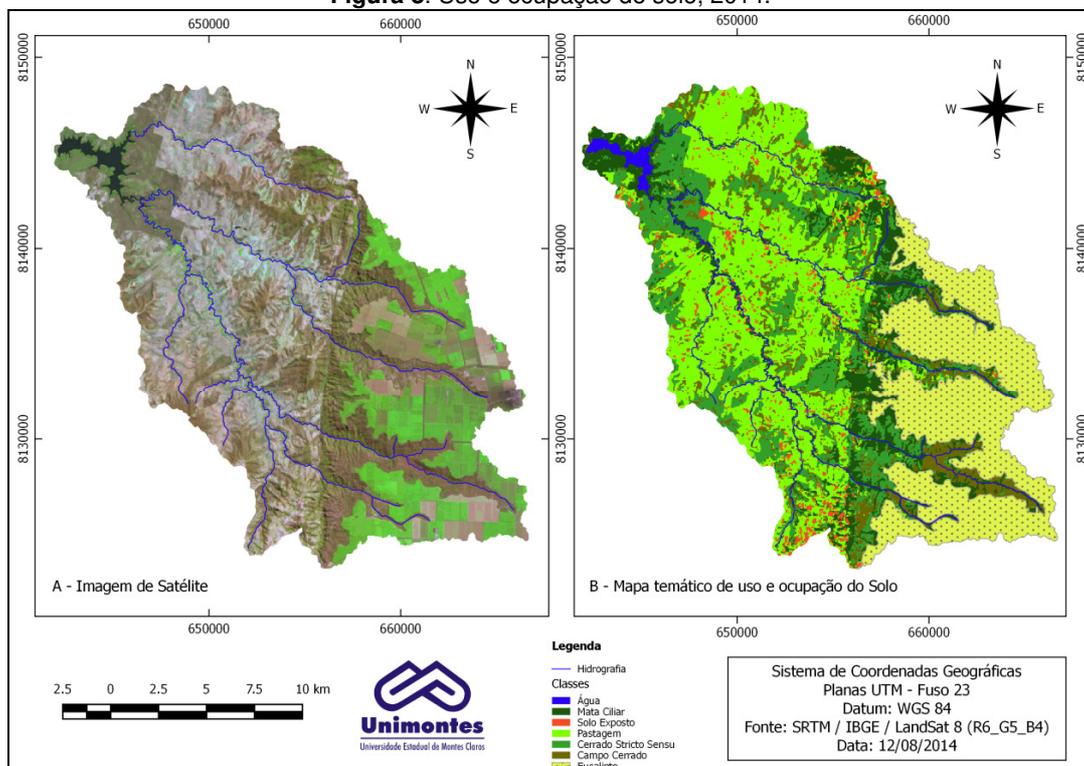
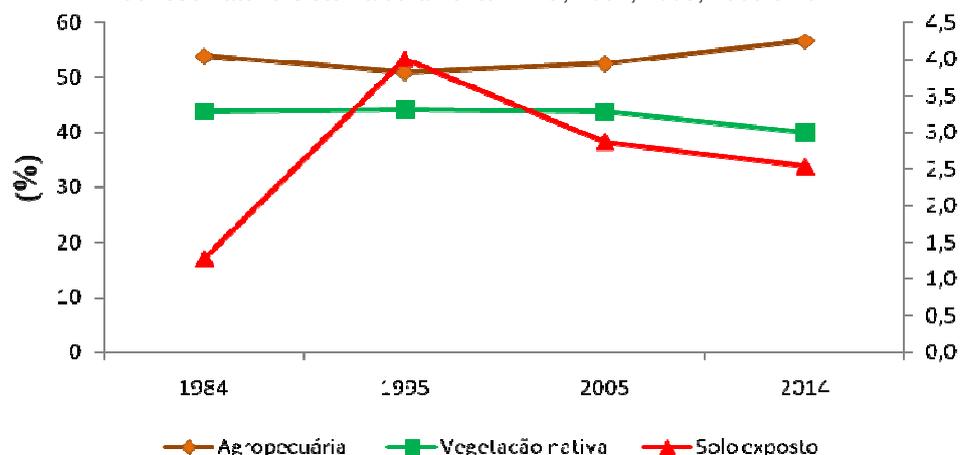


Figura 8. Uso e ocupação do solo, 2014.



Já a classe de pastagem, apresentou uma expansão média de 20,72%, resultando na redução de 9,55% de vegetação nativa para o mesmo período avaliado, configurando-se uma área atual de 40,00% e 56,68% da área total com vegetação nativa e agropecuária, respectivamente, conforme a figura 9.

**Figura 9.** Dinâmica do uso e ocupação do solo (Agropecuária e Vegetação Nativa) da área de drenagem do reservatório Sistema Juramento – MG, 1984, 1995, 2005 e 2014.



Fonte: Imagens Satélite Landsat/TM e OLI.

A classe de solos expostos, embora tenha apresentado um incremento médio de 313,29%, nos primeiros anos avaliados, 1984 e 1995, a mesma vem demonstrando uma tendência de redução média de 36,66% nos dois últimos anos analisados, 2005 e 2014, ocupando atualmente uma área de 893 ha, 2,53% da área total. Evidencia também a formação da mata ciliar em torno do reservatório, resultado de um processo de recomposição ao longo do período analisado. Ressalta-se que a classe de solo exposto, pode estar representando diferentes cenários, tais como: solo exposto em operações de preparo, cultivo e/ou pastagem em processo deletério ou mesmo áreas degradadas em diferentes estágios de erosão. A tendência de redução destas áreas deve-se ao aumento na proteção do solo em relação a processos erosivos, pois a cobertura vegetal o deixa menos suscetível ação hídrica e eólica, fontes principais de perda de solo no ambiente (ISMAEL et al., 2013).

Em relação ao do reservatório, a conservação e o prolongamento do tempo útil desse tipo de obra hidráulica passam necessariamente, pelas ações de controle de processos erosivos em sua área de drenagem, uma vez que as perdas de solo em processos erosivos tendem a se depositarem no reservatório em razão da direção de fluxo induzida pelo relevo, complementada pelo ambiente lântico formado pelo barramento.

O incremento de vegetação, no entorno do reservatório, nesse período de avaliação, contribuiu para a melhoria hidroambiental da área da barragem. Com o plantio da vegetação, houve maior preservação do reservatório, haja vista que essa vegetação, entre outras funções, protege o manancial. Com essa cobertura do solo há retenção de sedimentos do escoamento superficial, desempenhando a função de mata ciliar e, ao mesmo tempo, funciona no auxílio da conservação do solo, em possíveis processos erosivos.

#### RELEVO

De acordo com (Castro e Lopes, 2001 *apud* Tonello et al., 2006), a altitude média influencia a quantidade de radiação que ela recebe fato que influencia na evapotranspiração, temperatura e precipitação. Quanto maior a altitude da bacia, menor a quantidade de energia solar que o ambiente recebe e, portanto, menos energia estará disponível para esse fenômeno. Além do balanço de energia, a temperatura também varia em função da altitude; grandes variações na altitude ocasionam diferenças significativas na temperatura, que, por sua vez, também causa variações na evapotranspiração (TONELLO et al, 2006). Variações bruscas nas altitudes podem ser constatadas na área de estudo, 770m para 1120, máxima de 1262,73m, áreas fortemente montanhosa ou escarpada, com declividade máxima de 120.5%, conforme a imagem abaixo, característica típica do relevo da Serra do Espinhaço, presente na área de estudo.

A altitude na bacia hidrográfica variou de 621.4 m a 1262.64 m, sendo a altitude média de 919.15 m. Para a classificação da declividade foi utilizado os intervalos estabelecidos pela EMBRAPA (1979), conforme a tabela abaixo.

Figura 10. Mapa hipsométrico e declividade da área de drenagem do reservatório Sistema Juramento.

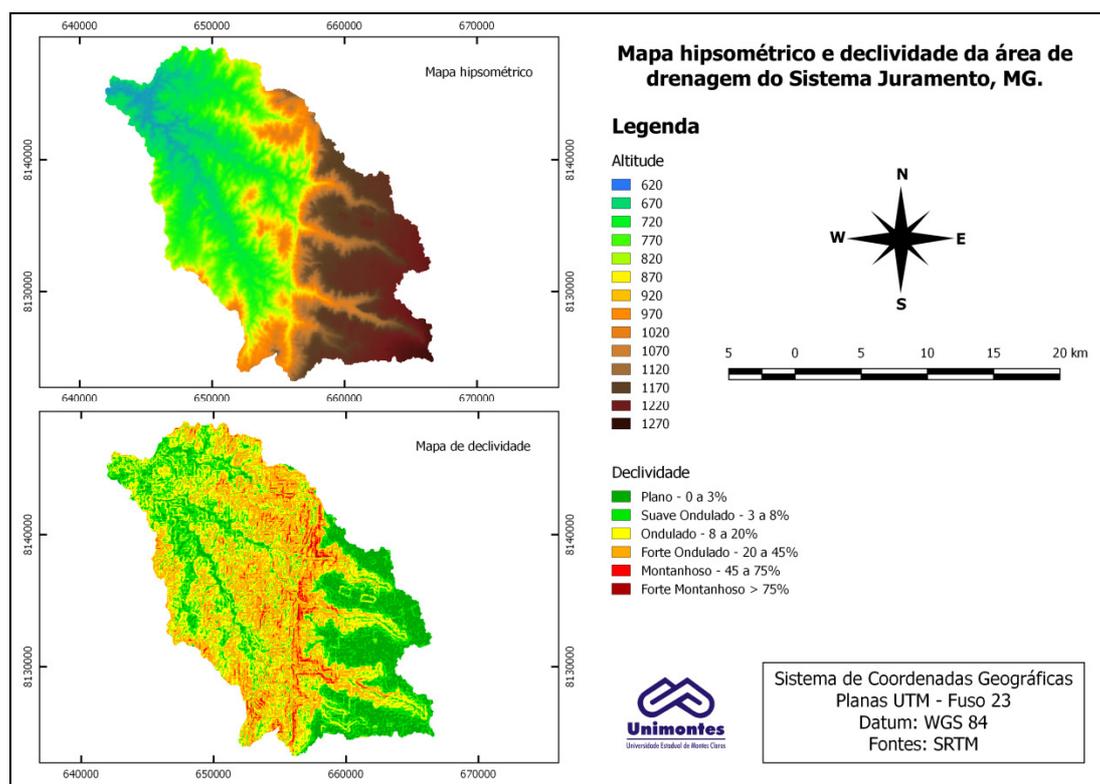


Tabela 2. Classificação da declividade da Embrapa (1979)

Declividade (%)	Discriminação	Área (ha)	(%)
0 – 3	Relevo plano	6.001,89	17,04
3 – 8	Relevo suave ondulado	7.930,00	22,51
8 – 20	Relevo ondulado	11.522,60	32,71
20 – 45	Relevo forte ondulado	8.687,11	24,66
45 – 75	Relevo montanhoso	1.031,40	2,93
> 75	Relevo forte montanhoso	55,35	0,16
<b>Total</b>		<b>35.228,35</b>	<b>100,00</b>

Fonte: TOPODATA, 2008.

A declividade média encontrada na bacia hidrográfica foi de 14.7%, caracterizando-se com o relevo ondulado, com as respectivas declividade máxima e mínima de 120.5% e 0%. A declividade máxima é bem evidente nas mudanças abruptas de altitudes, caracterizando um relevo fortemente montanhoso ou escarpado. Já as declividades mínimas, encontra-se com maiores frequências nas altitudes elevadas, acima de 1150m, caracterizando um relevo plano. Fato esse somado as temperaturas mais amenas, típicas desse ambiente, juntamente com maiores índices pluviométricos, proporcionaram a implantação e expansão da cultura de eucalipto. Já a presença da pastagem é encontrada com maior frequência entre as altitudes de 670m a 970 m.

A declividade média de uma bacia hidrográfica é relevante no planejamento, tanto para com o cumprimento da legislação ambiental, quanto para garantir a eficiência das intervenções do homem no meio e influenciando na distribuição da água entre o escoamento superficial e subterrâneo. Esse fator está relacionado com a mensuração da susceptibilidade à erosão dos solos (TONELLO et al., 2006).

Com relação a declividade da área pode-se observar que grande parte do relevo da área de drenagem correspondeu ao ondulado (8 – 20 %), representando 32.71% da área total.

## CONCLUSÃO

A descrição cronológica da dinâmica do uso e ocupação do solo na área de drenagem do reservatório do Sistema Juramento foi possível através dos mapas temáticos confeccionados pela técnica de SIG, com dados obtidos pelos produtos do sensoriamento remoto. As imagens de satélites permitem o mapeamento espaço-temporal, a partir de séries históricas de imagens de média resolução espacial. Com as informações geradas por esses recursos tecnológicos pode-se entender a dinâmica de uso do solo e de transformação da paisagem natural.

No cenário da região em que o sistema Juramento está inserido, com escassez hídrica, devido à concentração do índice pluviométrico anual, o monitoramento temporal é importante para compreender a situação ambiental e os impactos nos recursos hídricos.

Os resultados obtidos mostram que o Cerrado perdeu espaço, principalmente para o Eucalipto e para a pastagem. O maior desmatamento ficou concentrado nas áreas de relevo plano e suavemente ondulado. Entretanto, há que se destacar que a vegetação do entorno da barragem aumentou, a partir da intervenção da concessionária de serviço de água e esgoto do Estado de Minas Gerais, que limitou o acesso à área e fez replantio da vegetação natural.

Embora, haja incremento das atividades agropecuárias nos últimos anos analisados (2005 e 2014), essa bacia, ainda apresenta percentual expressivo de vegetação natural. Por isso, sugere-se uma atualização constante desses registros, para que as tendências detectadas sejam confirmadas. Para isso, são importantes trabalhos futuros de monitoramento com o incremento de outros indicadores hidroambientais, como a medição dos processos erosivos e a sedimentação no leito do reservatório.

Além disso, recomenda-se novos estudos para monitorar os impactos da silvicultura na área de montante do sistema, haja vista que foi verificado que as áreas de maior altitude, onde se localizam as nascentes e suas áreas de recarga, estão ocupadas pelo cultivo de eucalipto, tal fato remete a necessidade de estudos de impactos dessa ocupação na vazão dessas nascentes por meio de avaliação de séries históricas de monitoramento fluviométrico.

Dessa forma, os resultados obtidos neste trabalho são importantes, pois revelam um quadro de aumento da retirada da vegetação natural e crescimento da ocupação da terra para atividades agropecuárias. Esse cenário se agrava, uma vez que se trata da área de drenagem do principal reservatório de água da maior cidade do norte de Minas Gerais, ou seja, Montes Claros.

Portanto, os resultados desse trabalho, no que concerne ao uso e ocupação do solo, poderão contribuir com as pesquisas hidroambientais e gestão de recursos hídricos na área de estudo, subsidiar projetos e ações de conservação da área de drenagem do Sistema Juramento, além da orientação de utilização racional desse espaço.

## AGRADECIMENTO

Os autores agradecem a FAPEMIG pela bolsa produtividade de pesquisa (BIPDT).

## REFERÊNCIAS

ANA - Agência Nacional de Águas. **Projeto de Gerenciamento Integrado das Atividades Desenvolvidas em Terra na Bacia do São Francisco**, Sub-projeto 4.2 A – Avaliação de mecanismos financeiros para o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos da sub-bacia do rio Verde Grande. Brasília: ANA/GEF/PNUMA/ OEA, 2002.

\_\_\_\_\_. **Atlas Brasil: abastecimento urbano de água**. Brasília-DF, 2010. Disponível em: <<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/Geral.aspx?est=8>>. Acesso em: 5 de janeiro de 2015.

\_\_\_\_\_. **Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Verde Grande: Relatório síntese**. Brasília, 2011. Disponível em: <[http://www.verdegrande.cbh.gov.br/planobacia/20110225\\_prhverdegranderepositoriosintese.pdf](http://www.verdegrande.cbh.gov.br/planobacia/20110225_prhverdegranderepositoriosintese.pdf)>. Acesso em: 3 de janeiro de 2015.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional. Secretaria de Infra-Estrutura Hídrica. Unidade de Gerenciamento do Proágua/Semi-árido. **Diretrizes ambientais para projeto e Construção de barragens e operação de reservatórios**. Brasília: Bárbara Bela Editora Gráfica e Papelaria

Ltda., 2005. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/3760952-Diretrizes-ambientais-para-projeto-e-construcao-de-barragens-e-operacao-de-reservatorios.html>>. Acesso em 23 de dezembro de 2014.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Online), v. 18, n.1, p. 64-72, 2014. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1415-43662014000100009&lng=pt&nrm=iso&tlng=en](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662014000100009&lng=pt&nrm=iso&tlng=en)>. Acesso em 20 de dezembro de 2014.

CONGALTON, R. G.; GREEN, K. **Assessing the accuracy of remotely sensed data: principles and practices**. New York: Lewis Publishers, 1998.

COPASA – Companhia de Saneamento de Minas Gerais. **Gerenciamento Geral de Serviços Técnicos e Correlatos para Implantação e Operação da Barragem de Regularização e Captação do Rio Juramento**. Belo Horizonte: COPASA, 1983.

DISPERATI, A. A.; SANTOS, J. R.; OLIVEIRA FILHO, P. C.; NEEFF, T. Aplicação da técnica “filtragem de locais máximas” em fotografia aérea digital para a contagem de copas em reflorestamento de *Pinus elliottii*. **Scientia Forestalis**, n. 76, p. 45-55, 2007. Disponível em: <<http://ipef.br/publicacoes/scientia/nr76/cap04.pdf>>. Acesso em: 27 de janeiro de 2015.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa nos Biomas Brasileiros**. Brasília, 2014. Disponível em: <[www.ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/.../a-embrapa-nos-biomas-brasileiros.pdf](http://www.ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/.../a-embrapa-nos-biomas-brasileiros.pdf)>. Acesso em: 9 de janeiro de 2015.

\_\_\_\_\_. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Súmula da 10 da Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro: 1979. Disponível em: <[http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu\\_i00006739\\_001.pdf](http://library.wur.nl/isric/fulltext/isricu_i00006739_001.pdf)>. Acesso em: 12 de janeiro de 2015.

HOLLER, W. A. Google maps for work. Geoquality: Sensoriamento remoto & Dados censitários. **Revista MundoGeo**, Curitiba, v.5, n.79, p.38, set./out. 2014.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e estatística. **Manual técnico de uso da terra**. Rio de Janeiro, IBGE, 3ª. ed. 2013.

INPE – Instituto de pesquisas espaciais. **Manual do Usuário do Catálogo de Imagens da DGI/INPE**. Disponível em: <[www.dgi.inpe.br/CDSR](http://www.dgi.inpe.br/CDSR)>. Acesso em: 20 de janeiro de 2015.

\_\_\_\_\_. **Topodata**: Banco de dados Geomorfométricos do Brasil. 2008. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata>>. Acesso em: 14 de janeiro de 2015.

ISMAEL, F. C. M.; LEITE, J. C. A.; GOMES, N. A.; MEDEIROS, R. L. V.; VALE, R. L. Identificação e avaliação dos impactos ambientais resultantes da erosão do solo na área do Campus da UFCG em Pombal – PB, **Revista Verde** (Mossoró –RN – Brasil), v. 8, n. 4, p.87 – 96, out-dez, 2013.

KAPLAN, E. **Pequenas Barragens para o Abastecimento de Água do Município de Caxias do Sul/RS**: Avaliação e Proposição de Métodos de Recuperação e Conservação. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) - Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2010. Disponível em: <[http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/26030?locale=pt\\_BR](http://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/26030?locale=pt_BR)>. Acesso em: 10 de janeiro de 2015.

LIMA, F.A.; ALMEIDA, L.S.; BRAGA, F.L.; NERY, C.V.M. Utilização do sistema de informações geográficas Terra View para delimitação da bacia hidrográfica do Rio Vieira, Montes Claros, MG. In: VI Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – Geonordeste. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA, 2012. p.215-220.

MARTINS, F. C, R. A.B, J.C.T.V J. O uso do geoprocessamento como apoio ao diagnóstico ambiental da bacia hidrográfica do Córrego Bom Retiro, Jaú – SP. In: VI Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto – Geonordeste. **Anais...** Aracaju: EMBRAPA, 2014. p. 531-536.

MATHER, P. M. **Computer processing of remotely-sensed images: an introduction**. Chichester: John Wiley & Sons, 2004.

- MORAES, D. **Limpeza Urbana. Prefeitura de Montes Claros**. 2015. Disponível em: <[http://www.montesclaros.mg.gov.br/agencia\\_noticias/2014/mai-4/not\\_13\\_05\\_14\\_2182.php](http://www.montesclaros.mg.gov.br/agencia_noticias/2014/mai-4/not_13_05_14_2182.php)>. Acesso em: 17 de janeiro de 2015.
- MOREIRA, K. F.; CAMPOS, S.; DI SIERVO, M.; SANTOS, F. C. F.; MILESKI, M. M. Adequação de áreas de vegetação ripária em função da legislação ambiental. In: II Simpósio de Silvicultura Tropical. **Anais...** Universidade Estadual Paulista (UNESP). Botucatu: FCA/UNESP, 2006. p.1-8.
- SANTOS, A. R.; PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S. **SPRING 5.1.2: passo a passo: aplicações práticas**. Alegre, ES: CAUFES, 2010.
- SOUSA, A. M. O.; MESQUITA, P.; GONÇALVES, A. C.; SILVA, J. R. M. Segmentação e classificação de tipologias florestais a partir de imagens QUICKBIRD. **Ambiência**, Guarapuava, v. 6, Ed. Especial, p. 57-66, 2010.
- SOUTHWORTH, J.; MUNROE, D.; NAGENDRA, H. Land cover and landscape fragmentation-comparing the utility of continuous and discrete analyses for a western Honduras region. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v.101, p.185-205, 2004. Disponível em: <[ftp://131.252.97.79/Transfer/ES\\_Pubs/ESVal/LULC/southworth\\_fragstsatsvslisaindetectinglulc\\_2003\\_v101\\_p185.pdf](ftp://131.252.97.79/Transfer/ES_Pubs/ESVal/LULC/southworth_fragstsatsvslisaindetectinglulc_2003_v101_p185.pdf)>. Acesso em: 4 de janeiro de 2015.
- TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; ALVARES, C. A.; RIBEIRO, S.; LEITE, F. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhães – MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rarv/v30n5/a19v30n5.pdf>>. Acesso em: 4 de janeiro de 2015.
- VAEZA, R. F.; FILHO, P. C. O.; MAIA, A. G.; DIEPERATI, A. A. Uso e ocupação do solo em bacia hidrográfica urbana a partir de imagens orbitais de alta resolução. **Floresta e Ambiente**, v.17, n.1, p.23-29, 2010.
- VELOSO, G. A.; LEITE, M. E.; ALMEIDA, M. I. S. Geotecnologias aplicadas ao monitoramento do uso do solo na bacia hidrográfica do Riachão, no norte de Minas Gerais. **Revista de Geografia (UFPE)**, v. 28, n.2, p.165-184, 2011. Disponível em: <[www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewFile/262/364](http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewFile/262/364)>. Acesso em: 8 de fevereiro de 2015.
- YU, W.; ZANG, S.; LIU, W.; NA, X. Analyzing and modeling land use land cover (LUCC) in the Daqing City, China. **Applied Geography**, v.31, n.2, p.600-608, 2011. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143622810001670>>. Acesso em: 22 de janeiro de 2015.