

## **BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MANHUAÇU: caracterização ambiental e proteção de nascentes**

*Manhuaçu River watershed: environmental characterization and protection  
of springs*

Rodolfo Alves Barbosa<sup>1\*</sup>

Alexandre Simões Lorenzon<sup>2</sup>

Kelly Cristina Tonello<sup>3</sup>

João Batista Lúcio Corrêa<sup>4</sup>

Julieta Bramorski<sup>5</sup>

Herly Carlos Teixeira Dias<sup>6</sup>

### **RESUMO**

A bacia hidrográfica do Rio Manhuaçu possui 8.805,33 km<sup>2</sup> de área e é uma das principais sub-bacias do Rio Doce compreendendo os estados de Minas Gerais e Espírito Santo. Os objetivos deste trabalho foram: (1) realizar a caracterização ambiental da bacia do Rio Manhuaçu e das

<sup>1</sup> Doutor e Mestre em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Graduado em Engenharia Florestal pela UFV. Analista Pleno em Ciências Agrárias pelo Instituto Guaicuy – SOS Rio das Velhas. – e-mail: rodolfo.ufv@gmail.com \*Autor correspondente

<sup>2</sup> Doutor e Mestre em Ciência Florestal pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Professor do Departamento de Engenharia Florestal da UFV. Especialista em geoprocessamento. Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa. – e-mail: alexandre.lorenzon@ufv.br

<sup>3</sup> Doutora em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual de Campinas – Unicamp. Mestra em Ciência Florestal e graduada em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Professora pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCAR. Especialista em hidrologia florestal e manejo de bacias hidrográficas. – e-mail: kellytonello@yahoo.com

<sup>4</sup> Doutor e Mestre em Ciência Florestal, e Graduado em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Professor no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais. Especialista na área de gestão ambiental e manejo de microbacias hidrográficas. – e-mail: batistacefetrp@yahoo.com.br

<sup>5</sup> Doutora e Mestra em Ciências da Engenharia Ambiental pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – EESC/USP. Graduada em Ciências Biológicas pela Fundação Universidade Regional de Blumenau – FURB. Professora Titular da Universidade Federal do Amapá – UNIFAP. – e-mail: bramorski@gmail.com

<sup>6</sup> Doutor em Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa – UFV. Mestrado em Engenharia Florestal e Graduado em Engenharia Florestal pela Universidade Federal de Lavras – UFLA. Professor Titular do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Especialista em hidrologia florestal e manejo de bacias hidrográficas. – e-mail: herly@ufv.br

principais sub-bacias; (2) descrever as atividades relacionadas à proteção de nascentes na bacia do Rio Manhuaçu e propor medidas que favoreçam a restauração florestal de APPs de nascentes. Foi utilizado um mosaico ASTER/DEM, com 30m de resolução espacial para extrair a hidrografia numérica da bacia com posterior delimitação das sub-bacias acima de 4ª ordem. Visitas às principais sub-bacias foram realizadas para melhor caracterização e descrição. Verificou-se que a Bacia principal possui 31 sub-bacias acima de 4ª ordem. A maior sub-bacia é a do Rio José Pedro que corresponde a 40% da área da bacia. A cultura cafeeira é predominante na região de cabeceira, ocorrendo uma transição para a pecuária leiteira em direção a foz. O cercamento e plantio de espécies nativas no entorno de nascentes são uma das principais atividades ocorrentes na bacia com a participação dos comitês. A proteção das nascentes é uma importante medida para promoção da melhora na qualidade de água, sendo necessária a ampliação das nascentes protegidas no Rio Manhuaçu. Tais atividades podem ser mais bem conduzidas com o plantio de mudas de qualidade e viveiros próximos ao local de plantio e ampliação das medidas que garantam água em quantidade e qualidade na bacia como forma de manejo integrado.

**Palavras-chave:** Políticas públicas. Bacia hidrográfica. Gestão ambiental. Bacia do Rio Doce.

### **ABSTRACT**

*Manhuaçu river Watershed has an area of 8,805.33 km<sup>2</sup> and is one of the main sub-basins of the Doce River, comprising the states of Minas Gerais and Espírito Santo. The objectives of this work were: (1) to carry out the environmental characterization of the Manhuaçu River watershed and its main sub-watershed; (2) describe activities related to the protection of springs in the Manhuaçu River watershed and propose measures that favor the forest restoration of springs in Permanent Preservation Areas (PPA). An ASTER/DEM mosaic was used, with 30m of spatial resolution and extracted numerical hydrography of the watershed as well as subsequent delimitation of the sub-watersheds above 4th order. Visits to the main sub-watershed were made for better characterization and description. It was observed that the major watershed has 31 sub-watersheds above the 4<sup>th</sup> order. The largest one is José Pedro River sub-watershed that corresponds to 40% of the total area. Coffee culture is predominant in the river head region, transitioning to dairy farming towards the mouth. Setting up fences and planting native species around springs are some of the main actions in the watershed supported by watershed committees. The protection of springs is an important measure to improve water quality. Therefore, increasing the number of protected springs in the Manhuaçu River watershed is required. Such activities can be better conducted with the planting of quality seedlings and setting up nurseries close to the planting site, as wells as expanding measures that guarantee water in quantity and quality in the watershed as a form of integrated management.*

**Keywords:** Public policies. Watersheds. Environmental management. Rio Doce Basin.

Data de submissão: 03/12/2020

Data de aprovação: 11/02/2021

## 1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população e das áreas agrícolas provocaram a modificação da paisagem natural em todo o Brasil, acarretando a redução da disponibilidade de água (DIAS *et al.*, 2016a) aumentando os conflitos de interesses (MORAIS *et al.*, 2020). O crescimento desordenado das cidades, saneamento básico ineficaz, aumento dos processos erosivos e alterações climáticas com eventos extremos têm sido desafiadores para os gestores de recursos hídricos (SANTOS *et al.*, 2010). Assim, é necessário um adequado planejamento no uso da terra para favorecer a infiltração de água no solo e reduzir o seu escoamento superficial (PIRANI; MOUSAVI, 2016).

A gestão das águas no país ocorre de forma democrática e participativa, sendo considerada a Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9433/1997 responsável pela gestão integrada de bacias, dos quais os Comitês de Bacias fazem parte da estrutura (BRASIL, 1997). Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), os Comitês de Bacias possuem como competência arbitrar conflitos pelo uso da água, sugerir e definir mecanismos de cobrança pelo uso da água (ANA, 2020).

O movimento "Todos Pelo Rio Doce" em conjunto com o Comitê da Bacia Hidrográfica Águas do Rio Manhuaçu promove o engajamento de mutirões para realizar a recomposição florestal, e a proteção de nascentes com o cercamento da área de entorno na bacia do Rio Manhuaçu. Assim a caracterização das sub-bacias presentes é fundamental para a tomada de medidas que aumentem a eficiência das ações. A restauração da vegetação nativa é fundamental para a manutenção de água em quantidade e qualidade para a população (BRANDÃO *et al.*, 2012; MATTOS *et al.*, 2018; SONE *et al.*, 2019).

Práticas como a proteção de nascentes com cercamento e plantio de mudas favorecem a infiltração e qualidade de água (AGRIZZI *et al.*, 2018; CASASANTA *et al.*, 2018). Nesse caso, torna se necessário um controle espacial maior quando se trabalha um número maior de nascentes ao mesmo tempo. Assim, com a utilização de ferramentas de Sistema de Informações Geográficas (SIG) para análises espaciais é possível obter maior ordenamento das informações, favorecendo as tomadas de decisão em bacias hidrográficas (ZURGANI *et al.*, 2018).

Dentro deste contexto, os objetivos deste trabalho foram: i) realizar a caracterização ambiental da bacia do Rio Manhuaçu e das principais sub-bacias; ii) descrever as atividades de gestão relacionados ao manejo dentro da bacia do Rio Manhuaçu; iii) propor medidas que favoreçam a preservação com base no diagnóstico realizado.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Gestão de bacias

A disponibilidade dos recursos hídricos tornou-se nas últimas décadas uma preocupação crescente. A demanda cada vez maior da qualidade e da quantidade de água disponível vem sendo alterada em função do aumento da poluição, crescimento desordenado de cidades, falta de saneamento básico, uso do solo, erosão do solo e alterações climáticas (SANTOS *et al.*, 2010).

No Brasil, a gestão das águas se deu com a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei 9433/1997 (BRASIL, 1997). Esta lei tem como preceito a adoção da bacia hidrográfica como unidade de gestão. Ela considera ainda os múltiplos usos da água e seu valor econômico reconhecendo como um bem finito e a necessidade de uma gestão participativa e descentralizada do recurso (ANA, 2020).

No âmbito de corpos d'água de domínio da União, compete a Agência Nacional das Águas (ANA) arrecadar e distribuir esses recursos às respectivas Agências de Água. Já nos corpos d'água de domínio dos Estados, a implantação e operacionalização da cobrança atende às diretrizes das Políticas Estaduais de Recursos Hídricos (ANA, 2014).

Em Minas Gerais diversos Comitês de Bacia iniciaram a cobrança pelo uso da água seguindo as orientações da legislação vigente. A bacia do Rio Manhuaçu é uma das dez existentes na bacia do Rio Doce que realizam esta cobrança. A cobrança pelo uso da água na Bacia Hidrográfica do Rio Manhuaçu teve início no ano de 2012, onde foi realizado um pacto entre os poderes públicos, os usuários da água e as organizações civis representadas no âmbito do comitê com o objetivo de melhorar a quantidade e qualidade de águas da bacia. São cobrados os usos de captação, consumo e lançamento de efluentes de usuários sujeitos à Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos. No Estado os valores são arrecadados pelo Instituto

Mineiro de Gestão das Águas (Igam), e integralmente repassados ao Instituto BioAtlântica (IBIO), entidade equiparada à Agência de Água para a Bacia do Rio Doce, da qual a Bacia do Rio Manhuaçu pertence (IBIO, 2014).

## 2.2 Conservação de nascentes

As nascentes são conceituadas como uma porção de um terreno onde a água subterrânea aflora na superfície, dando início a um curso d'água. Pode ser chamada de nascente, cabeceira (de um curso d'água), olho-d'água, exurgência, mina de água ou fonte (DIAS, 2006).

No Brasil, as nascentes são consideradas áreas de preservação permanente (APPs) e devem ser protegidas, com ou sem cobertura vegetal, considerando uma área com raio mínimo de 50 m de acordo com a Lei n.º 12.651/2012, que instituiu o novo Código Florestal (BRASIL, 2012). Em alguns casos, no entanto, a lei não é respeitada como observaram Leal *et al.* (2017) que fizeram a caracterização hidroambiental de 15 nascentes, sendo nove pontuais e seis difusas e observaram que a presença de espécies exóticas como o Pinus e ausência de vegetação nativa na área foram os impactos negativos mais frequentes. Para acelerar o processo de restauração florestal de uma nascente que possua sua área de entorno degradada pela presença de pisoteio por animais têm-se utilizado cercas para impedir o acesso. Agrizzi *et al.* (2018) observaram melhoria na qualidade de água de nascentes que foram protegidas com cercamento quando comparadas com aquelas que não tiveram a cercada.

As bacias hidrográficas que mantêm maior cobertura vegetal nativa na zona ripária de nascentes apresentam melhor qualidade de água e condições favoráveis à vida aquática, uma vez que são ambientes sensíveis a mudanças de uso do solo (MARMONTEL *et al.*, 2019). Corrêa *et al.* (2016) avaliaram a qualidade hidroambiental de nascentes para aplicação do Pagamento por Serviços Ambientais (PSA), na microbacia do Pirajibu-Mirim, observando que 30,7% estão sem vegetação nativa nas áreas de APP. Outra observação importante foi de Paule-Mercado *et al.* (2017) que verificaram um aumento no volume escoado, nitrogênio total, fósforo total e sólidos suspensos totais com a expansão da terra nua e da cobertura impermeável, já nos locais onde apresentaram um programa de desenvolvimento sustentável reduziram os impactos negativos de uso da terra.

## 3 MATERIAL E MÉTODOS

### 3.1 Descrição da bacia

A Bacia Hidrográfica do Rio Manhuaçu está localizada entre os estados de Minas Gerais e Espírito Santo na região Sudeste do Brasil. A bacia abrange 29 municípios, totalmente ou parcialmente: Aimorés, Alto Caparaó, Alto Jequitibá, Alvarenga, Caratinga, Chale, Conceição de Ipanema, Conselheiro Pena, Durandé, Ibatiba, Inhapim, Ipanema, Itueta, Iúna, Lajinha, Luisburgo, Manhuaçu, Manhumirim, Martins Soares, Mutum, Pocrane, Reduto, Santa Rita do Itueto, Santana do Manhuaçu, São João do Manhuaçu, São José do Mantimento, Simonésia e Taparuba. A população estimada dos 29 municípios é de 630.477 habitantes<sup>7</sup> conforme o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatísticas (IBGE, 2016, 2020).

A bacia possui três classificações climáticas, sendo classificado como Cwb, apresentando clima temperado úmido com inverno seco e verão temperado nos locais mais elevados, principalmente no sul da bacia. Na região central e noroeste predomina o Cwa com verão quente e inverno seco ao centro e noroeste da bacia; e Aw, caracterizado pelo clima tropical e estação seca no inverno, no nordeste da bacia, próximo à foz.

Situada ao centro leste da bacia do Rio Doce, a bacia do Rio Manhuaçu possui predominância de latossolo vermelho amarelo na bacia, a presença de neossolo litólico ocorre no sul da bacia, a presença de argissolo vermelho-amarelo e cambissolo háplico é predominante próximo à foz.

Para a classificação climática dos municípios da bacia e da precipitação média para a região foi utilizada a publicação de Alvares *et al.* (2013) para a confecção dos mapas.

### 3.2 Processamento dos dados

Foram utilizadas cenas da missão ASTER/DEM, com 30m de resolução espacial para realização da delimitação da Bacia Hidrográfica do Rio Manhuaçu através do processamento de um Modelo Digital de Elevação (MDE) contínuo. A eliminação de anomalias no modelo, a partir da direção e acúmulo de fluxo, foi realizada para a extração da hidrografia

---

<sup>7</sup> Estimativa baseada nos dados disponíveis em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/manhuacu.html>.

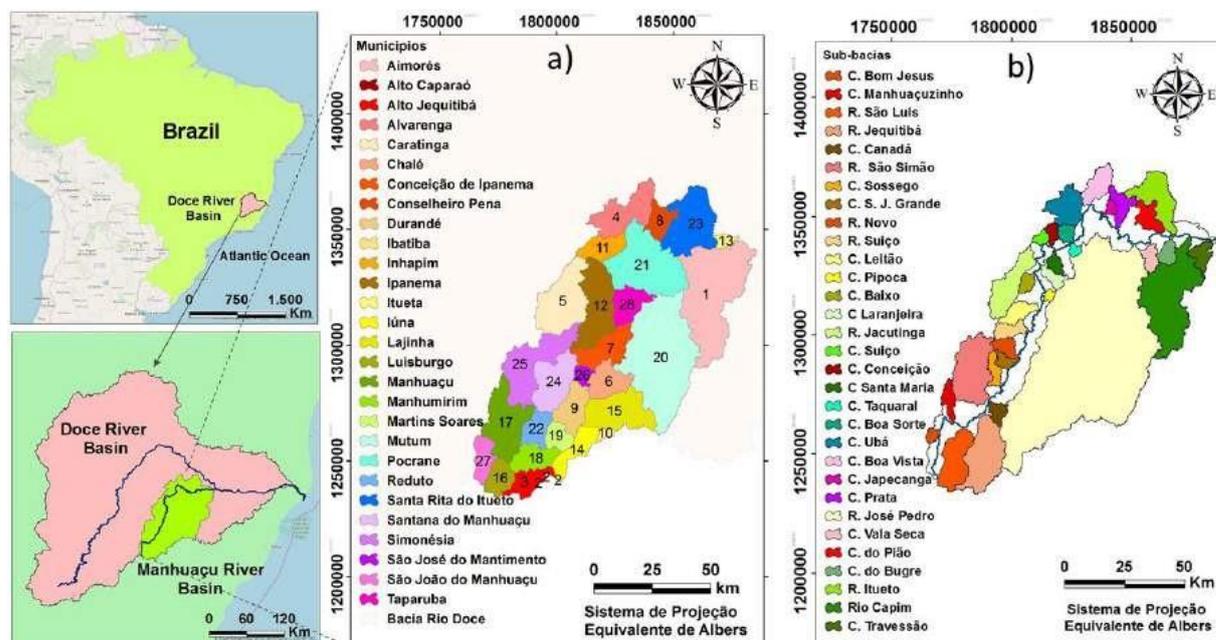
numérica e posterior divisão das sub-bacias com ordenamento superior a 4ª ordem.

### 3.3 Gestão e caracterização da bacia

Uma parceria entre o CBH Manhuaçu com o movimento “Todos pelo Rio Doce” mobiliza pessoas para realizar o cercamento e plantio de mudas nativas ao entorno de nascentes do Rio Manhuaçu com o objetivo de proteger do pisoteio de animais e interferência antrópica.

As nascentes protegidas contempladas foram georreferenciadas com GPS Garmin para o monitoramento. A localização das nascentes protegidas foi disponibilizada para a realização deste trabalho pelo Instituto Terra e pelo CBH Manhuaçu e são referentes de outubro de 2018 a março de 2019, não contemplando as nascentes protegidas após essa data. Foram selecionadas as sub-bacias mais relevantes, seguindo o critério de maior hierarquia fluvial para auxiliar as atividades de gestão, sendo selecionadas 31 sub-bacias acima de 4ª ordem conforme Strahler (1964) para a caracterização (MAPA 1). A descrição e caracterização do uso da terra na bacia hidrográfica foram realizadas através da análise descritiva do local e utilização de GPS Garmin em cinco expedições aos locais.

Mapa 1 – Bacia Hidrográfica do Rio Manhuaçu



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

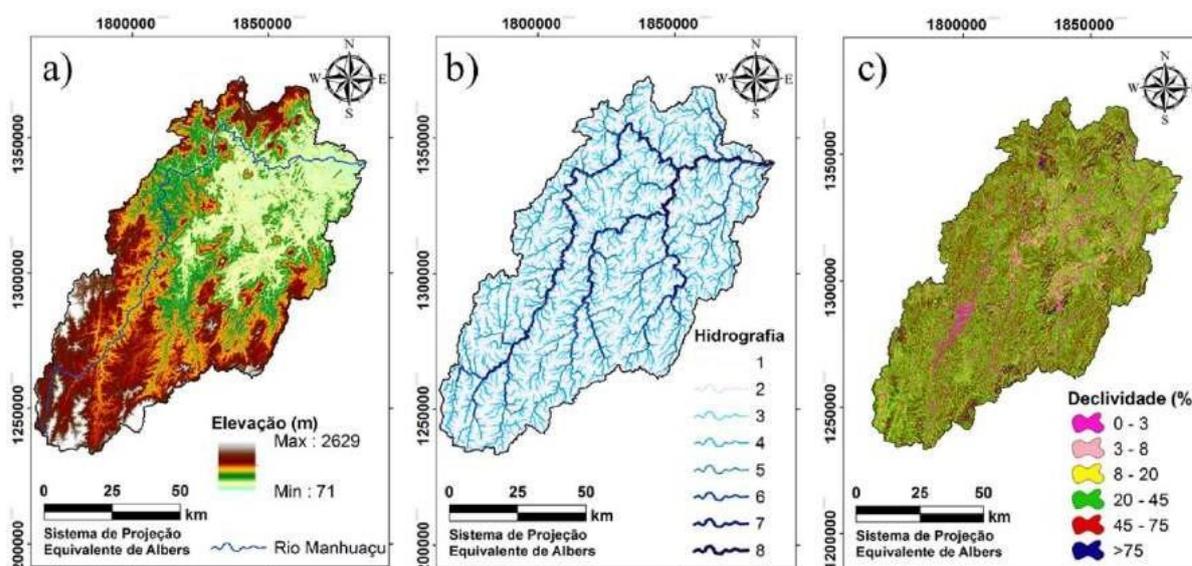
Legenda: a) Municípios inseridos na bacia total ou parcialmente

b) 31 sub-bacias com ordenamento hierárquico da hidrografia superior a 4ª ordem

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia do Rio Manhuaçu possui área de 8.805,33 km<sup>2</sup>, correspondente a 10,48% da bacia do Rio Doce. O Rio Manhuaçu possui nascente em São João do Manhuaçu/MG e foz em Aimorés/MG, percorrendo 288 km de extensão (MAPA 2).

Mapa 2 – Bacia hidrográfica do Rio Manhuaçu, Sudeste, Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Legenda: a) Hipsometria  
b) Hidrografia  
c) Declividade

A disposição dos canais na bacia é do tipo dendrítico. A bacia possui orientação nordeste, ou seja, é o sentido de percurso do curso d'água principal. As sub-bacias de cabeceira possuem elevações superiores a 1.350 m. As classificações fisionômicas encontradas na bacia são: Floresta Estacional Semidecidual Montana e Campos de Altitude na nascente do Rio José Pedro no Parque Nacional do Caparaó (CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME *et al.*, 2010; FERREIRA *et al.*, 2015).

A sub-bacia do Rio José Pedro, possui área de 3.540,23 km<sup>2</sup>, correspondendo a mais de 40% da área da bacia principal. A bacia do Rio Capim é a segunda maior, com 192,23 km<sup>2</sup> de área, localizada no município de Aimorés. A classe de declividade predominante na bacia principal está entre 20-45% de declividade, considerada forte ondulada, com 44,93%; seguido

do relevo montanhoso com 45-75% de declividade abrangendo 21,24% (MAPA 2c). Locais com declividade acentuada favorecem o escoamento superficial, uma vez que a energia cinética adquirida pela água de chuva pode provocar perda de água, microrganismo e solo da bacia, levando a degradação.

As sub-bacias Rio José Pedro, Córrego Boa Vista e Ribeirão São Luís apresentaram maior amplitude altimétrica, com 2.496 m, 1.318 m e 1.108 m respectivamente (TABELA 1). O Ribeirão São Luís possui uma área de 243,35 km<sup>2</sup> e possui 6<sup>a</sup> ordem na classificação de hierarquia de canais proposta por Strahler (1964), onde as nascentes são canais de primeira ordem. Na confluência dos canais de primeira ordem surgem os canais de segunda ordem, e assim sucessivamente, sendo a ordem da bacia hidrográfica correspondente ao valor do canal de maior ordem.

Tabela 1 – Características das Sub-bacias do Rio Manhuaçu com ordem superior a 4<sup>a</sup> ordem, Sudeste, Brasil

(Continua)

Sub-bacias	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Elevação máxima (m)	Elevação mínima (m)	Amplitude Altimétrica (m)	Ordenamento Strahler (1964)
Corrego Bom Jesus	25,97	23,73	1358	798	560	4
C. Manhuaçuzinho	64,55	49,83	1608	679	929	5
Ribeirão São Luiz	243,35	86,78	1738	630	1108	6
Ribeirão Jequitibá	379,31	118,11	1712	567	1145	6
Córrego Canadá	56,05	39,5	1026	553	473	5
Córrego Sossego	387,89	113,46	1619	553	1066	5
Rio São Simão	59	55,75	1338	553	785	6
Córrego S. J. Grande	42,85	40,24	1084	553	531	5
Ribeirão Novo	65,24	48,35	1137	493	644	5
Rio Suiço	74,05	51,42	1139	471	668	5
Córrego do Leitão	92,11	55,47	1084	425	659	5
Córrego Pipoca	18,01	21,74	919	381	538	5
Córrego Baixo	44,47	30,19	1023	329	694	5
Córrego Laranjeira	56,29	48,91	898	329	569	5
Ribeirão Jacutinga	244,27	100,5	1123	329	794	5
Córrego Suiço	29,45	26,23	1002	277	725	5
Córrego Conceição	36,73	31,66	1121	277	844	5
Córrego Santa Maria	45,79	33,78	767	265	502	5
Córrego Taquaral	179,31	23,36	718	265	453	5
Córrego Boa Sorte	126,5	30,65	1057	265	792	5
Córrego do Ubá	24,7	75,75	1324	245	1079	6
Córrego Boa Vista	126,5	58,81	1507	189	1318	5
Córrego Japocanga	24,7	24,49	1027	179	848	5
Córrego da Prata	83,85	62,91	1214	179	1035	5
Rio José Pedro	3540,23	386,12	2629	160	2469	8
Córrego Vala Seca	59,84	41,03	550	160	390	5

(Conclusão)

Sub-bacias	Área (Km <sup>2</sup> )	Perímetro (Km)	Elevação máxima (m)	Elevação mínima (m)	Amplitude Altimétrica (m)	Ordenamento Strahler (1964)
Córrego do Pião	99,59	65,96	898	329	569	5
Rio Itueto	253,51	113,71	1158	122	1036	6
Córrego do Bugre	61,42	41,45	477	122	355	5
Rio Capim	692,01	192,23	1070	91	979	6
Córrego Travessão	80,36	62,73	695	78	617	5

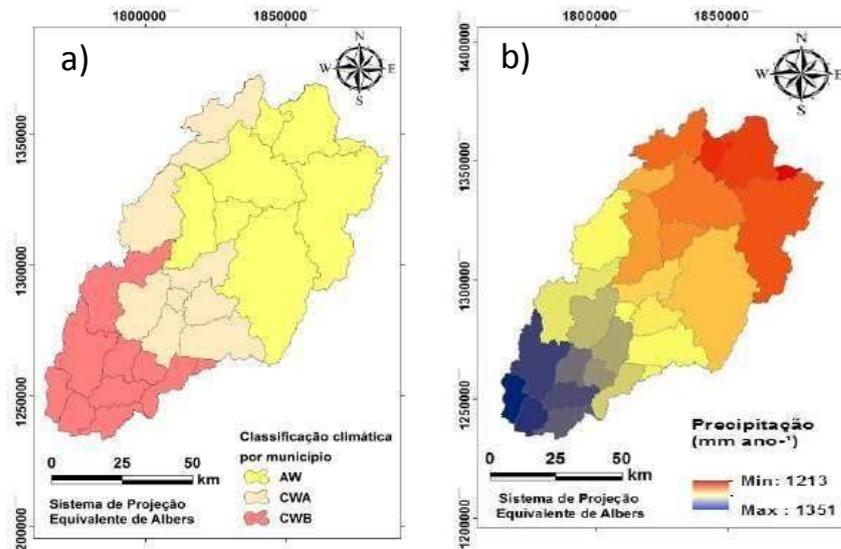
Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

A bacia principal possui predominância da cultura cafeeira nas regiões mais elevadas próximas das cabeceiras. Desta forma verifica-se que as regiões mais elevadas com o clima mais ameno, são propícias para a produção da cultura do café e posterior transição, ocorrendo gradual mudança para pastagens no sentido da foz.

Foi observada vegetação nativa escassa nos topos de morro, o que pode acarretar em processos erosivos, uma vez que a presença da vegetação reduz o escoamento superficial, favorecendo a infiltração de água no solo. Mudanças na lei de proteção da vegetação nativa reduziram a obrigatoriedade de preservação permanente em regiões com relevo montanhoso, uma vez que modificaram a definição de morro, houve uma redução significativa de áreas com obrigação de proteção (ALMEIDA; PAULA, 2018).

A bacia do Rio Manhuaçu, devido a sua grande dimensão e amplitude altimétrica, apresenta três distintas classificações climáticas (MAPA 3a). Simões *et al.* (2015) avaliaram as condições climáticas para o estado de Minas Gerais e verificaram que a maior parte do Estado está inserido no clima Aw, com precipitações abaixo de 60 mm no inverno, regiões classificadas com Cwa e Cwb possuem invernos secos, mas com temperaturas mais amenas que os locais com clima Aw.

Mapa 3 – Bacia hidrográfica do Rio Manhuaçu, Sudeste, Brasil



Fonte: Elaborado pelos autores, adaptado Alvares *et al.* (2013)

Legenda: a) Classificação climática  
b) Precipitação média por município

A região de cabeceira da bacia apresenta maior intensidade anual da precipitação com média de  $1.351 \text{ mm ano}^{-1}$  em São João do Manhuaçu e mínima ao norte da bacia, no município de Itueta ( $1.213 \text{ mm ano}^{-1}$ ) (MAPA 3b). Lima (2016) observou maior frequência de secas severas na sub-bacia do Rio Manhuaçu, com 30,8 % de frequência em eventos com índice de anomalia de chuvas ocorrentes na bacia do Rio Doce. Louzada *et al.* (2018) verificaram déficit hídrico acentuado na região da bacia do Rio Manhuaçu ao analisarem o balanço hídrico da bacia do Rio Doce.

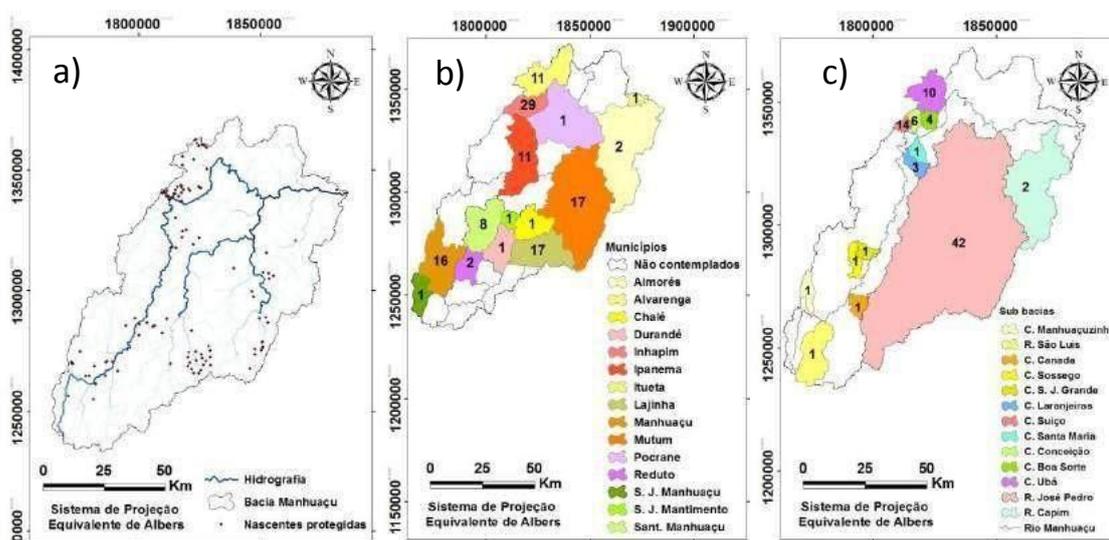
Foram realizadas 119 cercamentos de nascentes na bacia do Rio Manhuaçu. O cercamento das nascentes visa evitar a entrada de animais e pessoas no local, permitindo a regeneração natural da vegetação nativa em área de preservação permanente. Através da mobilização de mutirões, o movimento “Todos pelo Rio Doce” em parceria com o Comitê das Bacias Hidrográficas Águas do Rio Manhuaçu realizam o cercamento e plantio de espécies nativas no entorno de nascentes de proprietários rurais que demonstram interesse na atividade e que atendam os quesitos legais para o contrato.

A proteção das nascentes com cercamento auxilia na recuperação da vegetação ripária, local que está sob influência do hidromorfismo (VIEIRA *et al.*, 2016). Treze sub-bacias com canais acima da 4ª ordem apresentaram pelo menos uma nascente protegida, com o total

de 87 nascentes protegidas nas sub-bacias caracterizadas. Dentre as nascentes protegidas, apenas 26% estão localizadas em sub-bacias de ordem inferior a 3 (MAPA 4).

A proteção das áreas ripárias com vedação da entrada de equinos e bovinos favorece o estabelecimento da vegetação nativa permitindo melhoria na qualidade de água (MILLER *et al.*, 2010). Torres (2016) observou maior degradação de nascentes em locais que não ocorreram o cercamento, onde a entrada de animais impediu a regeneração natural da vegetação do córrego Alfenas. A qualidade das nascentes pode ser favorecida com o cercamento quando comparadas às nascentes que possuem livre acesso de animais (AGRIZZI *et al.*, 2018).

Mapa 4 – Nascentes protegidas na bacia hidrográfica do Rio Manhuaçu



Fonte: Elaborado pelos autores com dados do Instituto Terra (2019)

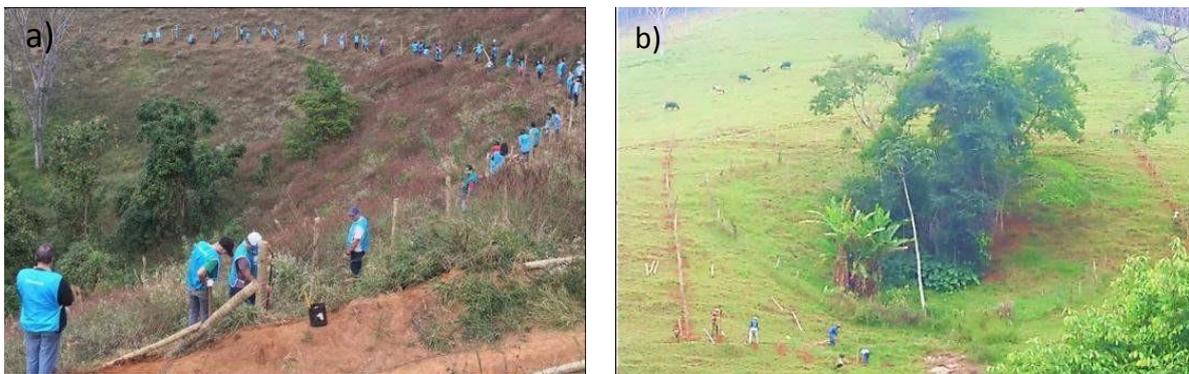
Legenda: a) Distribuição das propriedades que tiveram as nascentes protegidas na Bacia Hidrográfica do Rio Manhuaçu até março de 2019

b) Propriedades que tiveram nascentes cercadas para preservação em cada município

c) Propriedades que tiveram nascentes cercadas para preservação nas sub-bacias acima da 4ª ordem na bacia hidrográfica do Rio Manhuaçu até março de 2019

As nascentes que possuem pastagens no entorno são consideradas prioritárias para cercamento (FOTOGRAFIA 1). A prática de cercamento de nascentes para a proteção e melhoria da qualidade de água foi observada por diversos autores (DIAS *et al.*, 2006; MILLER *et al.*, 2010; GOMES *et al.*, 2011; VIEIRA, 2016; TORRES, 2016; AGRIZZI *et al.*, 2018; CASASANTA *et al.*, 2018).

Fotografia 1 – Cercamento e plantio de mudas no entorno de nascentes na Bacia Hidrográfica do Rio Manhuaçu, Sudeste, Brasil



Fonte: CBH Manhuaçu (2019)

Legenda: a) Mutirão de voluntários cercando a nascente  
b) Vista panorâmica da nascente protegida

Após o cercamento, é realizado o plantio de mudas de espécies nativas na área protegida. Devido à grande dimensão e à variação climática da bacia, o plantio de mudas de espécies nativas pode ser prejudicado devido ao transporte e viabilidade das plantas, onde a utilização de mudas nativas de boa qualidade provenientes de viveiros próximos ao local de plantio podem aumentar a adaptação e sobrevivência em campo. Mudas de viveiros próximos do local de plantio reduz os custos de transporte, reduzem danos às mudas durante o transporte e reduz a deficiência hídrica antes do plantio em campo (GOMES; PAIVA, 2011; VILAR *et al.*, 2011).

Além da necessidade de mudas advindas de locais próximos ao local de plantio, a seleção de plantas matrizes, a coleta de sementes, o beneficiamento, o armazenamento e o controle fitossanitário de viveiros florestais e a qualidade das mudas são fundamentais para o sucesso da restauração florestal (GOMES, PAIVA, 2011; CALHEIROS *et al.*, 2014; SILVA *et al.*, 2015).

A necessidade de restauração florestal de áreas ripárias é grande na bacia do Rio Manhuaçu, existe um déficit de vegetação nativa superior a 60% quando avaliada proporcionalmente à bacia do Rio Doce (PIRES *et al.*, 2017). Conforme o Consórcio Ecoplan-Lume (2010), a bacia do Rio Manhuaçu possui 11 unidades de conservação, onde diversos trabalhos que abordam a fauna e a flora foram realizados (DRUMMOND *et al.*, 2014; FERREIRA *et al.*, 2015; BRANDÃO *et al.*, 2017; MASSARA *et al.*, 2017). Uma análise

fitossociológica da vegetação pode auxiliar na escolha das principais espécies para propagação e posterior reflorestamento na área no entorno das nascentes (MATOS, 2016).

Dentre as bacias avaliadas, o Córrego Suiço é o que mais possui nascentes protegidas (14), podendo servir de parâmetro para as atividades na bacia do Rio Manhuaçu. O pagamento por serviços ambientais pode ser um modelo que incentive os produtores rurais a investirem em práticas conservacionistas que promovam infiltração de água no solo (MATTOS *et al.*, 2018; BÖSCH *et al.*, 2019; SONE *et al.*, 2019; CAMPANHÃO; RANIERI, 2019). O comitê de bacia pode abordar o assunto em assembleia e discutir a implantação na bacia do Rio Manhuaçu.

## 5 CONCLUSÕES

A caracterização da bacia do Rio Manhuaçu e das suas principais sub-bacias é fundamental para auxiliar as atividades de gestão relacionadas ao manejo de bacias do Comitê da Bacia Hidrográfica Águas do Rio Manhuaçu.

As atividades de proteção e restauração de nascentes são importantes ações para promoção da melhora na qualidade de água, sendo necessária a ampliação das nascentes protegidas na bacia do Rio Manhuaçu.

A grande dimensão e amplitude altimétrica são características importantes na escolha de viveiros devido a viabilidade das mudas nativas para plantio, sendo recomendada a utilização de plantas provenientes de viveiros próximos ao local de plantio.

O Córrego Suiço foi o que apresentou maior quantidade de nascentes protegidas e cercadas, dessa forma deve servir de parâmetro para as atividades na bacia do Rio Manhuaçu, onde a proteção de mais sub-bacias pode ser estimulada através do Pagamento de Serviços Ambientais, o que pode ser discutido entre os integrantes do Comitê de Bacia.

## REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Agência de água**: o que é, o que faz e como funciona. Brasília: ANA, 2014. (Caderno de Capacitação em Recursos Hídricos, v.4).

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Cobrança pelo uso dos recursos hídricos**. Brasília: ANA, 2020. 80 p.

AGRIZZI, D. V. *et al.* Quality of the water from the spring of the Paraíso settlement. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, Rio de Janeiro, v. 23, p. 557-568, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/s1413-41522018150701>

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Stuttgart, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: 10.1127/0941-2948/2013/0507

BRANDÃO, V. S. *et al.* **Infiltração de água no solo**. Viçosa: Editora UFV, 2012. 120 p. v.3.

BRANDÃO, J. F. C. *et al.* Ecological restoration in area dominated by *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn in Caparaó National Park, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 41, p. 1-11, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/1806-90882017000100004>

BRASIL. Lei nº 9.433 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial União**, Brasília, DF, 09 jan. 1997.

BRASIL. **Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012**. Dispõe sobre a proteção da vegetação nativa e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/12651.htm) Acesso em: 25 jul. 2019.

BÖSCH, M.; ELSASSER, P.; WUNDER, S. Why do payments for watershed services emerge? Across-country analysis of adoption contexts. **World Development**, Amsterdam, v. 119, p. 111-119, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.03.010>

CALHEIROS, R. O. *et al.* **Preservação e recuperação das nascentes**. Piracicaba: Comitê das Bacias Hidrográficas dos Rios PCJ, 2004. 53 p.

CAMPANHÃO, L. M. B., RANIERI, V. E. L. Guideline framework for effective targeting of payment for watershed. **Forest Policy and Economics**, Amsterdam, v. 104 p. 93-109, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2019.04.002>

CASASANTA, J. J. *et al.* **Relatório técnico de recomposição florestal e cercamento de nascentes**. Belo Horizonte: Comitê de Bacia Hidrográfica do Rio das Velhas, 2018.

CONSÓRCIO ECOPLAN-LUME. **Plano de ação de recursos hídricos da unidade de planejamento e gestão dos recursos hídricos Manhuaçu**. Belo Horizonte, 2010. 104 p. Disponível em: [http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2014/10/PARH\\_Manhuacu.pdf](http://www.cbhdoce.org.br/wp-content/uploads/2014/10/PARH_Manhuacu.pdf). Acesso em: 05 maio 2018.

DIAS, L. C. P. *et al.* Patterns of land use, extensification, and intensification of Brazilian agriculture. **Global Change Biology**, New Jersey, v. 22, p. 2887-2903, 2016.

DIAS, H. C. T. *et al.* **Proteção de nascentes**. Brasília: SENAR, 2006. 80 p.

DRUMMOND, G. M.; CAIUT, J. A. A. (coord.). **Plano de manejo da RPPN Mata do Sossego**. Belo Horizonte: Fundação Biodiversitas, 2014. 143 p.

FERREIRA, L. M. (coord.). *et al.* **Plano de manejo do Parque Nacional do Caparaó**. Brasília: Instituto Chico Mendes, 2015. 537 p.

GOMES, J. M.; PAIVA, H. N. **Viveiros florestais: propagação sexuada**. 116 p. Viçosa: Editora UFV, 2011.

GOMES, M. A. *et al.* Técnicas de manejo e conservação do solo para a revitalização de nascentes. revitalização de nascentes para produção de água. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 263, p. 68-73, 2011.

INSTITUTO BIOATLÂNTICA. **Relatório anual de acompanhamento das ações executadas com os recursos da cobrança pelo uso de recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Manhuaçu**. Governador Valadares, 2014. 46 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **A geografia do café**. Rio de Janeiro: IBGE, 2016. 156 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades e estados**. [2020]. Base de dados. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/manhuacu.html>. Acesso em: 08 mar. 2021.

INSTITUTO TERRA. **Planilha de nascentes cercadas na bacia hidrográfica do Rio Manhuaçu**. Aimorés, 2019, 4 p.

LEAL, M. S. *et al.* Caracterização hidroambiental de nascentes. **Ambiente & Água**, Taubaté, v. 1, n. 1, p. 146-155, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4136/ambi- agua.1909>

LOUZADA, F. L. R. O., XAVIER, A. C., PEZZOPANE, J. E. M. Climatological water balance with data estimated by tropical rainfall measuring mission for the Doce River basin. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 38, n. 3, p. 376-386, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4430- eng.agric.v38n3p376-386/2018>.

MARMONTEL, C. V. F. *et al.* Aplicabilidade do modelo hidrológico SWAT na bacia hidrográfica do rio Paraibuna, SP - Brasil. **Irriga**, Boituca, v. 24, n. 3, p. 594-609, 2019. <https://doi.org/10.15809/irriga.2019v24n3p594-609>

MASSARA, R. L. *et al.* Factors influencing ocelot occupancy in Brazilian Atlantic Forest Reserves. **Biotropica**, New Jersey, v. 50, n. 1, p. 125-134, 2018 DOI: <https://doi.org/10.1111/btp.12481>

MATOS, G. M. A. **Mata ciliar em processo de recuperação no baixo Rio São Francisco**: florística e fitossociologia. 2016. 88 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal do Sergipe, São Cristóvão, 2016.

MATTOS, J. B. *et al.* Water production in a Brazilian montane rainforest: Implications for water resources management. **Environmental Science & Policy**, Amsterdam, v. 84, p. 52-59, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.03.004>

MILLER, J. *et al.* Influence of streambank fencing with a cattle crossing on riparian health and water quality of the Lower Little Bow River in Southern Alberta, Canada. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 97, n.9, p. 248-258, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2009.09.016>

MORAIS, E. A.; CARVALHO, J. S. F., ALMEIDA, P. L. R. Conflicts of access and use of water in the Paraíba river basin after operation of the São Francisco river integration project. **Brazilian Journal of Development**, São José dos Pinhais, v. 6, n. 1, p. 5098-5108, 2020.

MORAIS JÚNIOR, V. T. M. *et al.* Early assessment of tree species with potential for carbon offset plantations in degraded área from the southeastern Brazil. **Ecological Indicators**, Amsterdam, v. 98, p. 854-860, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.004>

PAULE-MERCADO, M. A. *et al.* Influence of land development on stormwater runoff from a mixed land use and land cover catchment. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 599, p. 2142-2155, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.05.081>

PIRES, F. R.; SOUZA, C. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. Viçosa: UFV, 2006. 216 p.

PIRANI, F. J.; MOUSAVI, S. A. Integrating socio-economic and biophysical data to enhance watershed management and planning. **Journal of Hydrology**, Amsterdã, v. 540, p. 727-735, 2016.

TORRES, F. T. P. Mapeamento e análise de impactos ambientais das nascentes do córrego Alfenas, Ubá (MG). **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v. 14, p. 45-52, 2016.

SANTOS, E. H. M.; GRIEBELER, N. P., OLIVEIRA, L. F. C. Relação entre uso do solo e comportamento hidrológico na Bacia Hidrográfica do Ribeirão João Leite. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, p. 826-834, 2010.

SILVA, A. P. M. *et al.* **Diagnóstico da produção de mudas florestais nativas no Brasil**. Brasília: Instituto de Pesquisa Econômica e Aplicada, 2015. 58 p. (Relatório de Pesquisa).

SONE, J. S. *et al.* Water provision ing improvement through payment for ecosystem services. **Science of the Total Environment**, Amsterdam, v. 655, p. 1197-1206, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.319>

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basin and channel networks. *In*: CHOW, V.T (ed). **Handbook of applied hydrology**. New York: McGraw Hill, 1964. p. 4-76, 1964.

VIEIRA, P. D. **Análise do estado de conservação de nascentes do Ribeirão Dores do Turvo, MG**. 2016. 19 f. Trabalho Final (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2016.

VILAR, M. B. *et al.* Incentivo ao manejo de bacias hidrográficas pelo Pagamento de Serviços Ambientais. Revitalização de nascentes para a produção de água. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 263, p. 30-40, 2011.

ZURGANI, H. A. *et al.* Geospatial analysis of land use change in the Savanna River Basin using Google Earth Engine. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, Chhattisgarh, v. 69, p. 175-185, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.12.006>