



JOSÉ DE ASSIS PEREIRA

**IDENTIFICAÇÃO DOS USOS DO SOLO NA SUB BACIA DO
RIBEIRÃO SANTANA E DOS CONFLITOS NAS APP's DAS
NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA**

**TRÊS CORAÇÕES
MINAS GERAIS - BRASIL
2019**

JOSÉ DE ASSIS PEREIRA

**IDENTIFICAÇÃO DOS USOS DO SOLO NA SUB BACIA DO RIBEIRÃO SANTANA
E DOS CONFLITOS NAS APP'S DAS NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Vale do Rio Verde (UninCor) como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Sustentabilidade em Recursos Hídricos, área de concentração Recursos Hídricos, para a obtenção do título de mestre.

Orientador
Prof. Dr. Alisson Souza Oliveira
Coorientadora
Prof^a. Dr^a Eliana Alcantra

**TRÊS CORAÇÕES
MINAS GERAIS - BRASIL
2019**

Geoprocessamento. Intervenções antrópicas. Recurso Hídrico

556.51

P436i PEREIRA, José de Assis

Identificação dos usos do solo na sub bacia do Ribeirão Santana e dos conflitos nas APP's das nascentes e cursos d'água – Três Corações : Universidade Vale do Rio Verde , 2019.

60f.

Orientadora: Prof^o Dr. Allison Souza Oliveira

Coorientadora Prof^a. Dr^a Eliana Alcantra

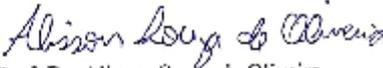
Dissertação – Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações/
Mestrado Profissional Sustentabilidade em Recursos Hídricos

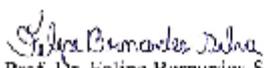
1. Geoprocessamento. 2. Intervenções antrópicas. 3. Recurso Hídrico.
4. . I. : Prof^o Dr. Allison Souza Oliveira, orient. Universidade Vale do Rio Verde de Três Corações. II. Título.

ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DO MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE EM RECURSOS HÍDRICOS

Aos vinte e oito dias do mês de março do ano de dois mil e dezenove, sob a presidência do Prof. Dr. Alisson Souza de Oliveira (UNINCOR), e com a participação dos membros Prof. Dr. Felipe Bernardes Silva (UNINCOR), Profª. Dra. Eliana Alcantra (UNINCOR) e Prof. Dr. Cláudio Vilela Rodrigues (FACECA), foi realizada a defesa do Trabalho de Conclusão **"IDENTIFICAÇÃO DOS USOS DO SOLO NA SUB BACIA DO RIBEIRÃO SANTANA E DOS CONFLITOS NAS APP'S DAS NASCENTES E CURSOS D'ÁGUA"**, do mestrando **José de Assis Pereira**, aluno do Programa de Mestrado Profissional em Sustentabilidade em Recursos Hídricos. Após arguição do candidato, a banca deliberou pela () APROVAÇÃO (X) APROVAÇÃO COM ALTERAÇÕES () NÃO APROVAÇÃO. Eu, secretária, lavro a presente ata que, depois de lida e aprovada, vai assinada por mim e pelos demais membros da banca examinadora.

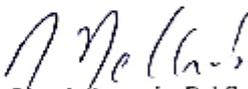
Três Corações, 28 de março de 2019.

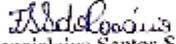

Prof. Dr. Alisson Souza de Oliveira
Presidente


Prof. Dr. Felipe Bernardes Silva
Membro da Banca


Profª. Dra. Eliana Alcantra
Membro da Banca


Prof. Dr. Cláudio Vilela Rodrigues
Membro da Banca


Prof. Dr. Ricardo Junqueira Del Carlo
Pró-Reitor de Pós-Graduação, Pesquisa e Extensão


Profª. Esp. Francislaíne Santos Silva do Rosário
Secretária Geral

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus filhos Otávio e Pedro, que são minha grande fonte de inspiração; à minha esposa Simone, minha eterna namorada; aos meus pais Tereza e José, meus eternos tutores; às minhas irmãs Cristina, Júnia e Mara, aos meus sobrinhos Murilo e Laura e aos meus sogros Antônio e Helena.

Dedico, também, aos meus alunos do Curso de Direito da FACECA, pelos constantes questionamentos jurídicos acerca das temáticas ambientais, fato este, que me fez querer ir além e buscar cada vez mais o aprimoramento constante.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo dom da vida, pela saúde, pelos anos de vida e pela maturidade que estes anos me proporcionaram.

Agradeço, pelo apoio incondicional, minha esposa Simone e os meus filhos Otávio e Pedro, principalmente pela paciência que tiveram nos momentos em que estive ausente me dedicando ao mestrado.

Agradeço sobre maneira a toda minha família, que a todo momento estavam desejando meu sucesso nesta empreitada.

Agradeço aos meus professores/orientadores Alisson e Eliana.

Agradeço à coordenação do mestrado às professoras Marília, Elisa e Rosângela.

Agradeço a todo corpo docente do mestrado em especial à professora Maria Alice e ao professor Alexandre.

Agradeço aos professores Claudio e Felipe pela participação na banca de apresentação.

Agradeço a todos os meus colegas de mestrado em especial: Talilian, Daiane, Caio, Leandro, Jeane, Breno, Ana Cristina, Patrícia, Pacceli, Leão, Lívia e Mariane, que serviram de grande fonte de inspiração durante nossas aulas, seminários e debates acalorados sobre a temática ambiental.

EPIGRAFE

“Só se vê bem com o coração, o essencial é invisível aos olhos.”

Antoine de Saint-Exupery

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APP – Área de Preservação Permanente

BHRS– Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santana

BHRV – Bacia Hidrográfica do Rio Verde

CBH GRANDE - Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Grande

CBH VERDE- Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Verde

ESRI - *Environmental Systems Research Institute* - Instituto de Pesquisa em Sistemas Ambientais

ENVI - *Environment for Visualizing Images* - Ambiente para visualização de imagens

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

MDE – Modelo Digital de Elevação

PNRH – Política Nacional de Recursos Hídricos

PNEH – Política Estadual de Recursos Hídricos

RC - Recursos Hídricos

RGB - *Red-Green-Blue* (vermelho-verde-azul)

SNUC – Sistema de Unidades de Conservação

SRTM - *Shuttle Radar Topography Mission* - Missão Topográfica Radar *Shuttle*

UC – Unidade de Conservação

USGS - *United States Geological Survey* - Serviço Geológico dos Estados Unidos

RESUMO

JOSÉ DE ASSIS PEREIRA. Identificação dos Usos do Solo na Sub Bacia do Ribeirão Santana e dos Conflitos nas APP's das Nascentes e Cursos d'água. 2019. 59p. Trabalho de Conclusão de Curso para o Mestrado em Sustentabilidade em Recursos Hídricos – Universidade Vale do Rio Verde (UninCor), Três Corações, MG.¹

As áreas de preservação permanente têm relevância na função ambiental de preservação dos recursos hídricos e dos ecossistemas inseridos nas bacias hidrográficas. Assim, objetivou-se delimitar e quantificar as APP's, bem como a identificar e analisar as intervenções ambientais antrópicas capazes causar impactos nos recursos hídricos na Sub Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santana. A delimitação das APP's foi realizada levando em consideração a legislação ambiental, o Código Florestal de 2012 e Lei Estadual de Minas Gerais de Proteção da Flora de 2013, sendo amostradas as APP's das nascentes e dos cursos d'água. Para tanto foram utilizadas imagens multiespectrais do satélite CBERS-4 sensor MUX órbita 154 ponto 124 com resolução de 20 m na data de 12 de junho de 2018 e realizada uma fusão de imagens com uma imagem pancromática de 5 m de resolução espacial do mesmo período, obtendo-se ao final uma imagem colorida com resolução espacial de 5 m, a qual foi utilizada para a identificação do uso do solo. Para a delimitação da área da sub bacia e a extração da rede de drenagem, foi utilizado um modelo digital de elevação SRTM com resolução espacial de 30 metros. Para a identificação do uso do solo, foi realizada uma classificação supervisionada e uma pós-classificação no software Envi®. A delimitação das APP's dos cursos d'água e das nascentes foi realizada no software ArcGis® 10.3 com a utilização das ferramentas *buffer*, onde foi delimitada uma área com raio de 50 metros para nascentes e para os cursos d'água, uma área de 30 metros de cada lado. Com a ferramenta *clip* foi realizado o recorte dos usos do solo dentro das APP's, possibilitando a identificação dos usos do solo. A área total da sub bacia foi calculada em 3.683,10 ha, dos quais 80, 17% estão ocupados por algum tipo de atividade humana; com plantações de café, ocupação urbana, pastagem e extração mineral; como consequência destas atividades restaram 19,83% de área coberta com vegetação nativa, que não atendem ao limite mínimo do Código Florestal (2012), que exigem 20% da RL, admitindo o cômputo da APP. O conflito de uso do solo nas APP's de nascente e das margens dos cursos d'água, mostrou-se ainda mais acentuado, pois 49,49% (158,46 ha) da APP (320,27 ha) está sob interferência antrópica, onde o conflito mais comum é de pastagem, seguido pelo cultivo de café e área urbana. O resultado da pesquisa mostra que existe acentuada intervenção humana na área de drenagem da Sub Bacia do Ribeirão Santana, principalmente onde deveria haver mata nativa, como nas APP's dos cursos d'água. Os dados obtidos na pesquisa atestam que as intervenções humanas, podem afetar os recursos hídricos dentro de uma bacia hidrográfica, mediante a pressão pelo uso do solo cada vez maior com interferências em locais sensíveis com as APP's.

Palavras chave: Geoprocessamento. Intervenções antrópicas. Recurso Hídrico.

¹ Orientador: Doutor Alisson Souza Oliveira – UninCor.
Coorientadora Doutora Eliana Alcantra – UninCor.

ABSTRACT

JOSÉ DE ASSIS PEREIRA. **Identification of Soil Uses in the Subbasin of Ribeirão Santana and Conflicts in the APPs of the Springs and Watercourses.** 2019. 59p. Course Conclusion Work for the Master in Sustainability in Water Resources - Vale do Rio Verde University (UninCor), Três Corações, MG. ²

The areas of permanent preservation have relevance in the environmental function of preservation of the water resources and of the ecosystems inserted in the hydrographic basins. Thus, the objective was to delimit and quantify PPPs, as well as to identify and analyze anthropogenic environmental interventions capable of causing impacts on water resources in the Santana stream sub-basin. The delimitation of the PPA's was carried out taking into account the environmental legislation, the Forest Code of 2012 and the State Law of Minas Gerais for Protection of the Flora of 2013, being sampled the PPAs of the sources and the water courses. For this purpose, multispectral images of the satellite CBERS-4 sensor MUX orbit 154 point 124 with resolution of 20 m were used on June 12, 2018 and a fusion of images with a panchromatic image of 5 m spatial resolution of the same period was performed, obtaining at the end a color image with spatial resolution of 5 m, which was used for the identification of the soil use. For the delineation of the sub basin area and the drainage network extraction, a SRTM digital elevation model with spatial resolution of 30 meters was used. For the identification of the soil use, a supervised classification and a post classification in the Envi® software were carried out. The delimitation of the PPA's of the watercourses and the springs was carried out in the software ArcGis® 10.3 with the use of buffer tools, where an area with a radius of 50 meters for springs and for water courses was delimited, an area of 30 meters on each side. With the clip tool, the use of the soil was cut within the APP's, making it possible to identify the land uses. The total area of the sub basin was calculated at 3,683.10 ha, of which 80, 17% are occupied by some type of human activity; with coffee plantations, urban occupation, pasture and mineral extraction; as a consequence of these activities, there remained 19.83% of area covered with native vegetation, which do not meet the minimum limit of the Forest Code (2012), which require 20% of the RL, assuming the PPA's computation. The conflict of land use in the spring PPA's and the watercourse margins was even more pronounced, as 49.49% (158.46 ha) of APP (320.27 ha) is under anthropic interference, where the most common conflict is pasture, followed by coffee growing and urban area. The result of the research shows that there is a marked human intervention in the drainage area of the Santana stream sub-basin, mainly where there should be native forest, as in the PPA's of the water courses. The data obtained in the research attest that human interventions can affect the water resources within a river basin, through the pressure of the use of the growing soil with interferences in places sensitive with the PPA's.

Key words: Georeferencing. Anthropogenic interventions. Water Resource.

² Adviser: Doctor Alisson Souza Oliveira – UninCor.
Adviser: Douctor Eliana Alcantra – UninCor..

SUMÁRIO		Páginas
1 INTRODUÇÃO		11
2 REFERENCIAL TEÓRICO		13
2.1 Ciclo Hidrológico		13
2.2 Área de Preservação Permanente – APP		16
2.2.1 Matas Ciliares		18
2.2.2 Áreas No Entorno das Nascentes		19
2.3 Impactos Provocados nos Recursos Hídricos pelas Ocupações Antrópicas no Uso do Solo		20
2.4 Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos		22
2.4.1 Água Bem de Valor Econômico		22
2.4.2 Recursos Hídricos		23
2.5 Imagens de Satélite		25
2.6 Ferramentas Utilizadas para a Análise Espacial		26
2.6.1 Sistemas de Informações Geográficas – SIG		26
2.6.2 Sensoriamento Remoto – SR		27
2.6.3 Modelo Digital de Elevação – MDE		27
3 MATERIAL E MÉTODOS		29
3.1 A Área da Sub Bacia do Ribeirão Santana		30
3.2 Imagens do Satélite CBERS-4		30
3.3 Delimitação da Sub Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santana		31
3.4 Extração da Rede de Drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santana		32
3.5 Classificação do Uso do Solo		32
3.6 Delimitação das APP's de Nascentes e dos Cursos d'Água		33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO		35
4.1 Caracterização do Relevo e do Uso do Solo na Sub Bacia do Ribeirão Santana		36
4.2 Os Usos do Solo na área da Sub Bacia do Ribeirão Santana		45
4.3 O Uso do Solo na Rede Drenagem e nas Nascentes e o Conflito Dentro da Área De Preservação Permanente		48
CONCLUSÕES		53
REFERÊNCIAS		54

1 INTRODUÇÃO

A água está intimamente associada à evolução do homem e da sociedade. Uma das condições básicas para a existência de vida na terra é a presença de água na forma líquida. Dentre as substâncias existentes na natureza a água é uma das mais emblemática, onde ocupa o lugar de material básico para as células vivas.

Nesse diapasão, Nardini, et al. (2013) salientaram que a água é um recurso natural fundamental para a sobrevivência humana e o desenvolvimento da sociedade. A falta de conservação de áreas de produção e armazenamento de água torna esse recurso natural cada vez mais escasso. Assim, o direito de acesso à água potável deve ser reconhecido como imperativo da dignidade da pessoa humana, previsto o Art. 1º, inciso III, da Carta Magna (HUPFFER, WEYERMULLER e WACLAWOVSKY, 2011).

É cediço que a vida não existe sem água, e quando se menciona vida é no sentido lato, ou seja, em toda sua abrangência, quer seja ela animal ou vegetal. Não há como criar artificialmente outra substância que ocupe seu lugar na natureza.

Mas, muito além dessa questão biológica, dentre outras várias, os seres humanos tem uma relação íntima com essa substância, do ponto de vista social, histórico, cultural e até mesmo religioso, a exemplo o culto à água na cultura celta como fonte primordial da vida (OLIVIERI, 2006) e ainda assim o ser humano é capaz de poluí-la ou consumi-la a finitude.

A questão da água passa a ocupar lugar de destaque nas discussões hodiernas, sobre vários aspectos, mas é sobre o enfoque acadêmico que será traçada a discussão nesta pesquisa, com o viés de se afastar o senso comum e buscar as respostas quando da interferência antrópica no meio ambiente, principalmente nas áreas de preservação permanente – APP's, que são áreas consideradas estratégicas para a manutenção e conservação dos recursos naturais (ALVES et al., 2015), principalmente os recursos hídricos.

Essas interferências antrópicas nomeadas por alguns teóricos como perturbação antrópica (SOUZA e GASTALDINI, 2014), podem ocorrer de diversas formas e sobre vários componentes do meio ambiente. O objeto de estudo aqui apresentado será direcionado aos recursos hídricos e a sua correlação com a cobertura vegetal dentro de uma bacia hidrográfica.

A cobertura florestal influi positivamente sobre a hidrologia no solo, melhorando os processos de infiltração, percolação e armazenamento de água, além de diminuir o escoamento superficial (STARZYNSKI e SIMÕES, 2015).

Há de se fazer uma análise das interferências antrópicas no meio ambiente e correlacioná-las aos recursos hídricos, com viés técnico e jurídico, face da crescente demanda pelo uso d'água e uma possível situação de escassez.

Dentre as ocupações antrópicas no meio ambiente, aquelas que poderiam ser verificadas como prejudiciais aos corpos d'água, estão as interferências nas áreas de preservação permanente – APP's, que segundo o Código Florestal (BRASIL, 2012), são aquelas áreas com finalidade de preservar os recursos naturais, sendo uma das principais, a de preservar os recursos hídricos.

Dadas às circunstâncias referentes as interferências antrópicas e a necessidade de estabelecer critérios mais seguros e específicos de prevenção, no trato com os recursos hídricos, o geoprocessamento passa a ser uma ferramenta importante para identificar as possíveis infrações ambientais capazes de afetar os recursos hídricos. Infrações estas que podem ocorrer desde à nascente e ao longo dos cursos d'água, e também na vegetação existente.

As interferências humanas podem ser representadas, como degradação ou ausência de vegetação, constituindo inexistência de proteção vegetal nas proximidades de residências, indústrias e empreendimentos em construção (CORRÊA, TONELLO e FRANCO, 2016). Identificar onde estão ocorrendo tais interferências, por meio de técnicas de geoprocessamento (FITZ, 2008) possibilita o direcionamento das ações preventivas e a elaboração de políticas públicas mais efetivas no trato dos recursos hídricos.

O estudo das interferências antrópicas se concentrará na Sub Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santana, que se situa no município de Varginha/MG, e possui uma área de drenagem de 3.683,10 ha, inserta dentro da Bacia Hidrográfica do Rio Verde, que compõe a Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Rio Verde (UPGRH - GD4) e que está integrada à bacia hidrográfica do Rio Grande (CBH Grande, 2017).

Objetivou-se com este trabalho identificar os usos do solo e os conflitos de uso destes nas áreas de preservação permanentes em cursos d'água e nascentes na Sub Bacia do Ribeirão Santana – SBHRS, por meio de técnicas de geoprocessamento.

O estudo, além de identificar os usos solo e os conflitos destes usos, visa traçar uma interface da realidade fática com o espaço delimitado da bacia hidrográfica objeto de estudo, com a ferramenta do geoprocessamento (FITZ, 2008).

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Dentro da temática dos recursos hídricos faz-se necessário compreender que a “água” seria o elemento natural desvinculado de qualquer utilização e a expressão “recurso hídrico” por sua conta seria a água passível de utilização dotada de valor econômico (REBOUÇAS, BRAGA e TUNDISI, 2002).

A própria legislação confere este condão ao recurso hídrico, como bem de valor econômico, tal qual na Política Nacional de Recursos Hídricos, nos seu Art. 1º, inciso II (BRASIL, 1997) e na Política Estadual de Recurso Hídricos de Minas Gérias, que vai além, no seu Art. 3º, inciso III, e atribuí aos recursos hídricos o valor ecológico, social e econômico (MINAS GERAIS, 1999).

Para entender essa abrangência é imperioso explorar a temática do ciclo hidrológico, buscar na legislação a definição de área de preservação permanente e sua correlação com os recursos hídricos e uma vez traçado esse liame, pode-se estudar os impactos provocados pela alteração do uso do solo.

A pesquisa busca conseguir traçar esse liame entre a cobertura vegetal e a proteção das nascente e cursos de água e, por conseguinte a infiltração da água no solo com a maior permanência dessa água dentro da bacia hidrográfica.

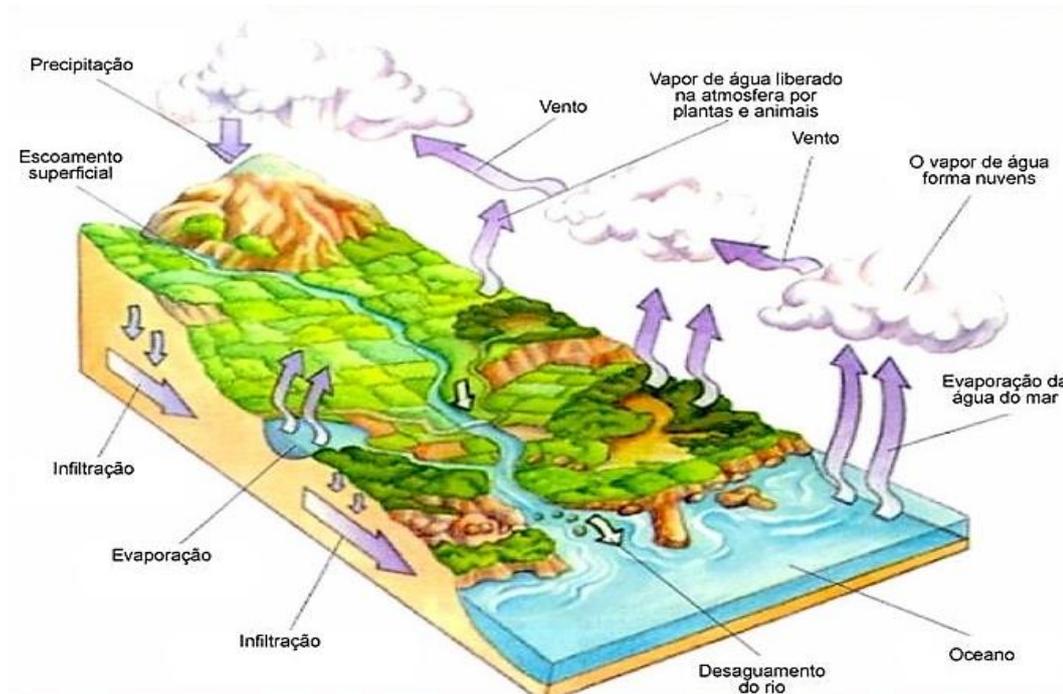
2.1 Ciclo Hidrológico

O ciclo hidrológico constitui um conjunto de fases, as quais representam os diferentes caminhos através dos quais a água circula na natureza (LIMA, 2008). Dentro do estudo sobre os recursos hídricos, o ciclo hidrológico ocupa um espaço fundamental para o entendimento de como às águas se movimentam dentro de uma bacia hidrográfica. Sendo que, o ciclo hidrológico constitui uma sucessão de processos na natureza, pelos quais a água inicia o seu caminho indo de um estágio inicial até retornar à posição primitiva.

Esse caminho onde ocorre a circulação da água entre a superfície e a atmosfera, se dá em um fluxo de dois sentidos. O primeiro da superfície-atmosfera, onde a água está em forma de vapor, em decorrência da evaporação e da transpiração; e o segundo atmosfera-superfície onde a água pode estar em qualquer estado, mas, em parâmetros mundiais em forma de chuva e neve (CACELA FILHO, 2009).

Nesse processo de ciclagem da água, as etapas em linhas gerais se distinguem nos seguintes mecanismos de transferência de água: precipitação, escoamento superficial e subterrâneo, infiltração, evaporação, transpiração e evapotranspiração (Figura 1).

Figura 1 – Representação do ciclo hidrológico



Fonte: O CICLO HIDROLÓGICO (2018).

A precipitação é o momento em que a água líquida (chuva) ou sólida (neve) percorre o caminho da atmosfera até a superfície da Terra, este é o elo entre a fase atmosférica e a fase terrestre do ciclo hidrológico (LIMA, 2008), sendo este o momento da entrada da água no sistema hidrológico da bacia, quando atinge a cobertura vegetal e conseqüentemente o solo. A precipitação ocorre pelo resfriamento e posterior condensação do vapor de água disperso na atmosfera (GILMAN, 1964).

Após precipitar na forma líquida e alcançar o solo pode ocorrer o escoamento superficial, quando a água percorre as superfícies do solo, por ter não encontrado obstáculo para sua retenção. Também, ocorre o escoamento subterrâneo que se dá por meio da infiltração da água nos poros do solo, principalmente onde existe cobertura vegetal, o escoamento superficial pode sofrer a interferência da cobertura vegetal e parte da água se infiltra no solo (TUCCI, 2001).

Tanto o escoamento superficial, quanto o subterrâneo vão alimentar os cursos da água da bacia hidrográfica. O primeiro de forma mais rápida, podendo inclusive carrear resíduos

sólidos pelo caminho e provocar vazões de cheias e conseqüente, problemas relacionados a inundações; e o segundo de modo lento, que continua alimentando os cursos de águas por mais tempo mesmo depois de encerrada a precipitação que o originou (TUCCI, 2001).

A presença de vegetação, principalmente de grande porte, é essencial para a redução do escoamento superficial. Para Bueno, Galbiatti e Borges (2005) a cobertura vegetal pode implicar nos atributos do solo e da água, onde a remoção das florestas pode causar um aumento no processo de degradação. Assim, a florestal nativa tem a função de interceptar a água da chuva e proporcionar infiltração e reduzir o escoamento superficial (Bueno, Galbiatti e Borges, 2005).

Após ocorrer a precipitação a água penetra nas camadas superficiais do solo e busca os espaços vazios, movendo-se para baixo, atraída pela força da gravidade e quando encontra uma camada impermeável forma o aquífero (TUCCI, 2001). Estas águas subterrâneas correspondem à parcela mais lenta do ciclo hidrológico e se constitui na principal reserva de água, formando os chamados aquíferos (MINAS GERAIS, 2010).

Essa água infiltrada sai naturalmente em forma de vertente, que mantém o fluxo dos cursos ou coleções de água em período de estiagem. Assim, dentro do ciclo hidrológico, a infiltração, passa a ter grande importância, uma vez que é responsável pela recarga de aquíferos e pode influenciar no escoamento superficial, conforme lecionam Tucci e Beltrame (2000). Os autores em tela, também, mencionam que a capacidade de infiltração normalmente é mais expressiva em áreas sob florestas que em pastagens e culturas agrícolas. Reforçando essa afirmativa Bueno, Galbiatti e Borges (2005) salientaram que a retirada da cobertura vegetal diminui a infiltração e o estoque de água subterrânea, causando a erosão dos solos e o assoreamento dos corpos d'água, além da alteração nos padrões de vazão e volume dos cursos d'água.

Dentro do ciclo hidrológico, tem-se evaporação que é processo físico em uma substância líquida passa para o estado gasoso. A água por sua conta passa por este processo quando sofre a ação direta da radiação solar e, também, por outras variáveis meteorológicas quando se tratam de águas livres, como a temperatura do ar, o vento e a pressão de vapor (TUCCI e BELTRAME, 2009).

A evaporação é entendida como a forma primária pela qual a água muda de fase, passando de líquida para vapor retornando para a atmosfera, dando continuidade ao ciclo hidrológico (MIRANDA et al., 2010).

A transpiração está relacionada aos seres vivos, animais e vegetais, principalmente vegetais. A perda de água para a atmosfera na forma de vapor através dos estômatos e cutículas das plantas é decorrente das ações físicas e fisiológicas dos vegetais (MIRANDA et al., 2010). As plantas desta forma representam umas das principais formas de entrada de água no ciclo hidrológico, através do vapor da transpiração.

Assim, a evapotranspiração é soma dos dois processos mencionados anteriormente, físicos (evaporação) e fisiológicos (transpiração) responsáveis pela transformação em vapor atmosférico da água precipitada na superfície terrestre (TUCCI e BELTRAME, 2000).

A evapotranspiração, referente a área foliar das plantas, dentro do processo fisiológico, pode ter características que podem proporcionar maior quantidade de evapotranspiração, onde as plantas têm a capacidade de controle da água pela transpiração através da abertura de seus estômatos (LIMA, 1993), desta forma uma cobertura vegetal extensa colaboraria com mais água para o sistema do ciclo hidrológico.

2.2 Área de Preservação Permanente – APP

A cobertura vegetal nativa é nomeada por alguns autores como “capital natural”, podendo ser este capital entendido como um estoque de recursos naturais, como a própria flora, os recursos hídricos, o fluxo gênico e tantos outros. Seria um suprimento de bens e serviços ambientais (TAMBOSI et al., 2015)

Nessa linha de serviços ambientais a vegetação nativa pode desempenhar diversas funções, que Tambosi et al. (2015) nomeiam com funções eco-hidrológicas, como a regulação da quantidade de água, o controle da erosão e aporte de sedimentos. Arelada ao desempenho dessas funções eco-hidrológicas está a posição em que elas se localizam no relevo, em particular nas Áreas de Preservação Permanente – APP’s, que possuem uma proteção legal específica.

A tutela legal referente as formas de vegetação se legitima, através do Art. 2º da Lei 12.651 de 2012 – o Código Florestal Brasileiro, com o reconhecimento da utilidade dessas formas de vegetação sobre às terras que revestem, ou seja, a vegetação nativa tem sua utilidade chancelada pela norma legal vigente (BRASIL. 2012), neste interim as APP’s gozam de uma tutela específica devido as funções eco-hidrológicas que exercem (TAMBOSI et al., 2015).

As áreas de preservação permanente, frisa-se aqui que podem ou não estarem cobertas por vegetação nativa, com as suas funções ambientais das mais variadas, estão previstas no Art.4º da Lei 12.651 de 2012 – Código Florestal Brasileiro, nos incisos de I a XI, *in verbis*:

Art. 4º Considera-se Área de Preservação Permanente, em zonas rurais ou urbanas, para os efeitos desta Lei:

I - as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de: (Inciso com redação dada pela Lei nº 12.727, de 17/10/2012)

- a) 30 (trinta) metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura;
- b) 50 (cinquenta) metros, para os cursos d'água que tenham de 10 (dez) a 50 (cinquenta) metros de largura;
- c) 100 (cem) metros, para os cursos d'água que tenham de 50 (cinquenta) a 200 (duzentos) metros de largura;
- d) 200 (duzentos) metros, para os cursos d'água que tenham de 200 (duzentos) a 600 (seiscentos) metros de largura;
- e) 500 (quinhentos) metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 (seiscentos) metros;

II - as áreas no entorno dos lagos e lagoas naturais, em faixa com largura mínima de:

- a) 100 (cem) metros, em zonas rurais, exceto para o corpo d'água com até 20 (vinte) ha de superfície, cuja faixa marginal será de 50 (cinquenta) metros;
- b) 30 (trinta) metros, em zonas urbanas;

III - as áreas no entorno dos reservatórios d'água artificiais, decorrentes de barramento ou represamento de cursos d'água naturais, na faixa definida na licença ambiental do empreendimento; (Inciso com redação dada pela Lei nº 12.727, de 17/10/2012)

IV - as áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros; (Inciso com redação dada pela Medida Provisória nº 571, de 25/5/2012, convertida na Lei nº 12.727, de 17/10/2012)

V - as encostas ou partes destas com declividade superior a 45°, equivalente a 100% (cem por cento) na linha de maior declive;

VI - as restingas, como fixadoras de dunas ou estabilizadoras de mangues;

VII - os manguezais, em toda a sua extensão;

VIII - as bordas dos tabuleiros ou chapadas, até a linha de ruptura do relevo, em faixa nunca inferior a 100 (cem) metros em projeções horizontais;

IX - no topo de morros, montes, montanhas e serras, com altura mínima de 100 (cem) metros e inclinação média maior que 25°, as áreas delimitadas a partir da curva de nível correspondente a 2/3 (dois terços) da altura mínima da elevação sempre em relação à base, sendo esta definida pelo plano horizontal determinado por planície ou espelho d'água adjacente ou, nos relevos ondulados, pela cota do ponto de sela mais próximo da elevação;

X - as áreas em altitude superior a 1.800 (mil e oitocentos) metros, qualquer que seja a vegetação;

XI - em veredas, a faixa marginal, em projeção horizontal, com largura mínima de 50 (cinquenta) metros, a partir do espaço permanentemente brejoso e encharcado. (BRASIL, 2012)

Como se constata, a legislação pátria prevê as normas de proteção dessas áreas de preservação e estabelece as faixas de vegetação mediante a largura para os cursos da água, áreas de encostas, os topos de morro, as áreas de restinga, os entornos de lagos, lagoas, entre outras (BRASIL, 2012). Enfim, uma série de espaços ou porções de solo que estão protegidos por força de lei e que tem dentre as suas múltiplas finalidades ambientais ou funções eco-

hidrológicas (TAMBOSI et al., 2015) estão a de proteção dos recursos hídricos, a de estabilidade geológica e a de proteção do solo, conforme o conceito incerto no diploma legal, no Art. 3º, inciso II do Código Florestal Brasileiro, ao que segue:

Art. 3º - [...]

II - Área de Preservação Permanente - APP: área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo (grifo nosso) e assegurar o bem-estar das populações humanas; (BRAISIL, 2012)

Essa função ambiental de preservar os recursos hídricos com a sua cobertura vegetal protegida, exerce um efeito tampão aumentando a drenagem e reduzindo o carreamento de substâncias e elementos para os corpos d'água (SCHÄFFER et al., 2011).

Observa-se no Art. 4º do Código Florestal Brasileiro, que são vários os tipos de APP's previstos, mas dadas as características da bacia hidrográfica objeto de estudo, serão explorados os dois tipos encontrados no local, sendo: as matas ciliares que estão no torno dos cursos da água e as áreas no entorno das nascentes.

Ademais, a manutenção de áreas de preservação permanente garante os serviços ambientais e promovem a sustentabilidade dos recursos naturais, principalmente os de natureza hídrica, proporcionando proteção manutenção da biodiversidade (ALEXANDRINO e CAIAFA, 2018).

2.2.1 – Matas Ciliares

As matas ciliares também denominadas como zonas ripárias ou zonas tampão (SANTOS e SPAROVEK, 2011), são um dos tipos de APP's objeto de estudo e que estão situadas às margens dos cursos da água, dentro da rede de drenagem nas microbacias exercem importantes funções hidrológicas e ecológicas de proteção dos solos (BRASIL, 2012).

Estas áreas de preservação permanente devem estar situadas ao longo dos cursos de água e no entorno das nascentes, com a função de reter parte dos sedimentos carreados pelas águas das chuvas. Estes sedimentos se depositam sobre o solo original e assim formam camadas passíveis de serem identificadas por meio de observações morfológicas ou análises físicas minimizando os impactos da erosão sobre os recursos hídricos (SANTOS e SPAROVEK, 2011).

Com essa função de barreira ou fronteira natural as matas ciliares são ecótonos, que seriam uma área de transição ambiental entre o ecossistema terrestre e o aquático e influenciadas por ambos simultaneamente. Destarte, apresentam a função regular as transferências de energia e nutrientes de um ecossistema para outro (SANTOS e SPAROVEK, 2011).

As matas ripárias que acompanham o curso dos rios são áreas, que por assim dizer, funcionam como amortecedores e são especialmente importantes ao longo dos rios das bacias hidrográficas (ALVARENGA et al., 2017)

Essas matas ciliares são vistas como uma barreira natural com essa função de ambiental de proteger os recursos hídricos, principalmente as águas superficiais, sendo entendida por alguns teóricos, como prestadora de um relevante serviço ambiental dentro de uma bacia hidrográfica (STARZYNSKI e SIMÕES, 2015). A cobertura vegetal às margens dos cursos da água tem sua importância, tal qual aquelas no entorno das nascentes, que estão tuteladas dentro da mesma proteção legal, com o viés de evitar ações que possam provocar erosões.

2.2.2 Áreas no Entorno das Nascentes

Conforme definição legal a nascente é o afloramento natural do lençol freático que apresenta perenidade e dá início a um curso d'água (BRASIL, 2012). Desta feita, as nascentes dão vidas aos córregos, regatos e pequenos cursos de água em geral, e que depois vão se transformar nos rios das bacias hidrográficas existentes pelo globo terrestre. É onde germina o curso da água.

As nascentes podem ser divididas em perenes, aquelas de fluxo contínuo; temporárias, as de fluxo apenas na estação chuvosa e efêmeras, sendo aquelas que surgem durante a chuva, permanecendo por apenas alguns dias ou horas (CALHEIROS et al., 2009).

Dentre os vários tipos de nascentes, na área objeto de estudo foram observadas aquelas que surgem nas grotas. Segundo Castro (2001), seriam depressões no terreno deixando bem especificada sua localização em relação a área ao redor. Sendo estas as mais comuns no local objeto de estudo deste trabalho. A água que surge nessas grotas é aquela que se infiltra no solo, com uma parcela ficando temporariamente retida nos espaços porosos (CALHEIROS et al., 2009) e que vai se acumulando e escoando até aflorar na nascente.

Nestes locais, as nascentes passam a ter grande importância ambiental, social e econômica no contexto de qualquer região. Podendo essa análise contextual ir além, onde o eventual desaparecimento de uma nascente pode resultar numa redução do número de cursos d'água, significando uma diminuição da disponibilidade de água doce para os diversos usos (CASTRO e LOPES, 2001).

As nascentes podem sofrer com interferências humanas e estudos relatam a evidência de que alterações na vegetação no entorno destas, com a sua substituição por culturas agrícolas ou pastagens, podem acarretar mudanças no fluxo de água (SILVA et al. 2011apud ALEXANDRINO e CAIAFA, 2018).

Outro problema que pode afligir as áreas de preservação no entorno das nascentes, conforme Alexandrino e Caiafa (2018) é o uso do pastoreio, onde os animais como bovinos e equinos buscam acesso à água e promovem a formação de trilhas na vegetação, vindo desta forma a compactar o solo e impossibilitando infiltração da água em direção ao lençol freático.

2.3 Impactos Provocados nos Recursos Hídricos pelas Ocupações Antrópicas no Uso do Solo

É cediço que os primeiros grupos humanos se desenvolveram em locais com acesso a água. No Brasil, a formação dos primeiros núcleos populacionais (vilas e cidades) ocorreu no período de colonização portuguesa e que esses núcleos se instalaram às margens de rios que desaguavam no mar no litoral brasileiro, observa-se que estes núcleos urbanos, por questões estratégicas, estavam nas imediações de fontes de água doce (CORRÊA, VAZQUEZ e VANZELA, 2018).

Conforme Raymundi, Souza e Cunha (2018) nas últimas décadas o uso do solo vem provocando sérias alterações na dinâmica natural existente no planeta, com impactos nas redes fluviais que podem comprometer a existência dos corpos de água (GIRÃO e CORRÊA, 2015).

Dentro do contexto do acesso fácil a água a ocupação de áreas sensíveis a presença humana se deu forma indiscriminada. Isto posto, planejar o uso do solo é necessário para a sobrevivência humana considerando a importância da proteção dos recursos naturais (ROOS e BECKER, 2012), que em sentido lato, são o próprio solo, os recursos hídricos, a fauna, a flora, a biodiversidade.

As interferências antrópicas ou como alguns autores vem nomeando perturbações antrópicas (CORRÊA, TONELLO e FRANCO, 2016), se dão em razão da ocupação desordenada do solo sem o devido trato conservacionista e podem provocar alterações nos recursos hídricos, induzindo inclusive a alteração na qualidade destes recursos (SOUZA e GASTALDINI, 2014).

Assim, qualquer pessoa que caminhe nas margens de um rio com interferência da ação antrópica consegue ver os sinais da degradação ambiental, onde a maioria dos rios nos municípios brasileiros estão substancialmente degradados (SOUZA e GASTADINI, 2014).

Dos tipos de interferências antrópicas citados pela literatura três chamam a atenção, tendo em vista a ação direta e indireta do ser humano, que são: o uso do solo nas áreas de preservação permanente que são áreas dotadas de uma tutela legal específica (BRASIL, 2012); a erosão que ocorre falta de cobertura vegetal que proteja o solo exposto, carreando detritos sólidos que assoreiam os cursos d'água e falta de planejamento aliada a má gestão dos recursos hídricos (SILVA, et al., 2017). Constata-se que essa combinação, da ingerência no trato dos recursos hídricos aliadas às práticas inadequadas de manejo e uso do solo em áreas sensíveis, podem ser extremamente danosas aos recursos hídricos.

A vegetação nativa preservada nas APP's de margens de cursos d'água protege não somente o solo da própria APP, mas evita também que o solo e outros detritos provenientes da erosão de áreas agrícolas ou pastagens do seu entorno sejam carreadas para os cursos d'água. De acordo com Schäffer e Prochnow (2002) a vegetação nativa, mata ciliar, protege as nascentes e margens de cursos d'água da mesma maneira que os cílios protegem os olhos.

Quanto aos processos erosivos nas áreas de encostas, que ocorrem pela falta de cobertura vegetal original, provocam instabilidade do solo e como consequências podem afetar o sistema de drenagem (PEREIRA et al, 2016).

Existem outras variáveis humanas a serem analisadas dentro desse contexto, tal qual a ocupação desordenada do solo dentro das bacias hidrográficas aliada às altas taxas de crescimento populacional e a prioridade dada ao desenvolvimento econômico, que tem contribuído para degradação dos recursos naturais, enfatizando principalmente a água (COELHO, 2004 apud PEREIRA et al., 2016).

2.4 Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos

As Leis 9.433 de 1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos - PNRH e 13.199 de 1999 - Política Estadual de Recursos Hídricos de Minas Gerais – PERH, são os diplomas legais acerca dos recursos hídricos, que visam assegurar a gestão (ALMEIDA e CURI, 2016) destes recursos. Ambas são mecanismos legais utilizados como arcabouço para a análise da questão jurídica d' água. Concernente a mudança de postura jurídica em relação à água, onde anteriormente era dividida em águas comuns, públicas e particulares, conforme o Código de Águas - Decreto Federal 24.643, de 10 de julho de 1934. Mas, mas com o advento da PNRH, esse conceito de águas particulares foi ultrapassado, passando a ser considerada um bem de domínio público, conforme estatuído no Art. 1º, inciso I da PNRH.

Observa-se que há um avanço na percepção do conceito jurídico da água, pois domínio difere de propriedade, sendo um conceito muito mais abrangente voltado à governança d' água (FRACALANZA, JACOB e EÇA, 2013).

2.4.1 Água bem de valor econômico

A legislação pátria reconhece a água como um bem de domínio público e um recurso limitado, conferindo valor econômico ao recurso hídrico, tal qual assevera o art. 1º da Lei 9.433 de 1997 – PNRH, que trata de seus fundamentos:

Art. 1º A Política Nacional de Recursos Hídricos baseia-se nos seguintes fundamentos:

I - a água é um bem de domínio público;

II – a água é um recurso limitado, dotado de valor econômico; (BRASIL, 1997).

No âmbito do Estado de Minas Gerais, o entendimento exposto na Lei 13.199 de 1999 que trata da Política Estadual de Recursos Hídricos passa a ser ainda mais abrangente, pois amplia a valoração do recurso hídrico, que vai além do valor econômico, passando a ter valor ecológico e social, orientado pelos princípios do desenvolvimento sustentável, ao que segue:

Art. 3º - Na execução da Política Estadual de Recursos Hídricos, serão observados:

[...]

III - o reconhecimento dos recursos hídricos como bem natural de valor ecológico, social e econômico (grifo nosso), cuja utilização deve ser orientada pelos princípios do desenvolvimento sustentável; (MINAS GERAIS, 1999).

A questão da valoração econômica d'água deve ser tratada sob a ótica da gestão estratégica, pois ao associar um valor ao recurso ambiental (BRASIL, 2000) busca-se promover seu uso racional. Desta feita, Abers e Jorge (2005) afirmaram:

O valor econômico da água seria reconhecido através da introdução de um novo instrumento de gestão: a cobrança pelo uso da água. A cobrança teria a função não somente de promover o uso racional da água, ao associar seu uso a um valor econômico, mas também seria um meio de gerar recursos para investimento na gestão da água em cada bacia (ABERS e JORGE, 2005, p. 2).

A descentralização da gestão do recurso hídrico proporciona a participação mais ativa dos entes públicos, privados e da sociedade civil organizada, seria a chamada descentralização integrada e participativa. Assim, os comitês das bacias hidrográficas e as agências reguladoras poderiam ter como atribuição a determinação do preço ou valor econômico do recurso hídrico, como segue a explanação de Abers e Jorge (2005).

Dentre outras atribuições, os comitês seriam responsáveis pela determinação dos preços e da aplicação dos recursos da cobrança pelo uso da água. As agências dariam o apoio técnico e administrativo ao processo decisório, realizariam a cobrança e executariam os projetos. Além de ser o principal meio de gerar recursos para a gestão da água em cada bacia, a cobrança seria chave para a sustentabilidade de um novo sistema decisório descentralizado e participativo (Abers e Jorge, 2005).

O processo de planejamento uso dos recursos hídricos na ocupação do território pode fornecer subsídios para os gestores em públicos, no que tange as interferências antrópicas, com vistas a prevenir tais interferências, onde Montañó e Souza (2016) discorreram sobre o processo de planejamento:

Uma vez agregada ao processo de planejamento da ocupação do território, estaria se oferecendo aos tomadores de decisão uma valiosa contribuição no sentido de orientá-los para uma decisão adequada e esclarecida, que considera a avaliação da capacidade de suporte do recurso hídrico como um fator primordial a ser observado durante o planejamento (MONTAÑO e SOUZA, 2016, p. 489).

2.4.2 Recursos Hídricos

Recurso hídrico é qualquer coleção de água superficial ou subterrânea disponível e que pode ser obtida para o uso humano (MINAS GERAIS, 2008) e deve ser analisada do ponto de vista estratégico, conforme lecionaram Wolkmer e Pimmel (2013), quando discorreram sobre a imprescindibilidade da água:

A água é um patrimônio natural estratégico. Mais do que um recurso imprescindível à produção de bens indispensáveis ao desenvolvimento econômico e social, é um elemento vital para a conservação dos ecossistemas e da vida de todos os seres em nosso planeta. Sem água a Vida não existe (WOLKMER e PIMMEL, 2013, p. 166).

A questão dos recursos hídricos guarda tamanha importância estratégica, que no texto da Carta Magna de 1988, o constituinte originário inseriu uma previsão expressa no Art. 21, inciso XIX, que trata da competência da União, com vistas a instituir um sistema de gerenciamento e definição de critérios de direito de uso. Desta feita, em 1997 o referido inciso do texto constitucional foi regulamentado, com o advento da Lei Federal 9.433, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos – PNRH.

A Lei Federal 9.433 de 1997, trata da questão do direito de uso e acesso do recurso hídrico (BRASIL,1997), frisa-se direito de uso e acesso, não garante direito de posse, ou seja, não se pode deter a propriedade da água e sim o direito de usá-la. Há aqui uma ratificação da legislação no reconhecimento do recurso hídrico como bem difuso, ao que segue o Art. 11 do referido diploma legal discorre:

Art. 11. O regime de outorga de direitos de uso (grifo nosso) de recursos hídricos tem como objetivos assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e o efetivo exercício dos direitos de acesso (grifo nosso) à água (BRASIL, 1997).

Observa-se que os recursos hídricos passam a ser tratados pelo prisma da dominialidade pública, ou seja, não são de propriedade de pessoa alguma, seja ela de direito público ou de direito privado. Com vistas a ratificar tal entendimento Machado (2011) discorre sobre a temática, ao que segue:

A dominialidade pública da água, afirmada na Lei 9.433/97, não transforma o Poder Público federal e estadual em proprietário da água, mas torna-o gestor desse bem, no interesse de todos. Como acentua o administrativista italiano Massimo Severo Giannini, “o ente público não é proprietário, senão no sentido puramente formal (tem o poder de autotutela do bem), na substância é um simples gestor do bem de usos coletivo” (MACHADO, 2011, p. 467).

Ratificando a legislação federal, na área de sua competência, o Estado de Minas Gerais, maximiza o conceito de recurso hídrico, indo além do direito de acesso à água, pois o reconhece como bem natural e ainda atribui a este valor ecológico, social e econômico (MINAS GERAIS, 1999).

Art. 3º Na execução da Política Estadual de Recursos Hídricos, serão observados:
I direito de acesso (grifo nosso) de todos aos recursos hídricos, com prioridade para o abastecimento público e a manutenção dos ecossistemas;
II gerenciamento integrado dos recursos hídricos com vistas ao uso múltiplo;
III reconhecimento dos recursos hídricos como bem natural de valor ecológico, social e econômico (grifo nosso), cuja utilização deve ser orientada pelos princípios do desenvolvimento sustentável; (MINAS GERAIS, 1999)

Como se observa, a legislação mineira inova ao ampliar os valores que circundam o conceito de recursos hídricos e busca nortear a utilização pelo princípio do desenvolvimento sustentável, que se alicerça na tríade: desenvolvimento financeiro, preservação ambiental e proteção social (GRANZIERA, 2014).

2.5 Imagens de Satélite

Os satélites que orbitam o planeta Terra têm várias finalidades, tais como: de comunicação, de uso militar, de monitoramento meteorológico e de sensoriamento remoto de recursos terrestres (INPE, 2018). Os recursos terrestres entendam-se aqui como a água, o solo, a vegetação, em sentido lato.

Segundo Florenzano (2007) o sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens da superfície terrestre, por meio de captação da energia refletida ou emitida pela superfície.

Os dados obtidos pelos satélites possibilitam analisar a superfície terrestre, com a utilização de mecanismos de geoprocessamento, como os programas em ambiente de Sistemas de Informações Geográficas-SIG, que são importantes ferramentas no planejamento e desenvolvimento das ações das instituições públicas e empresa privadas, pois possibilitam uma correlação espacial com o objeto de estudo (ASSUNÇÃO et al., 1998), que podem ser utilizadas em diversas áreas estratégicas, tais como: meio ambiente, saúde, segurança pública, economia, etc.

A exemplo dessa ferramenta, tem-se sua utilização na área da saúde para a identificação e localização de patologias, conforme estudo elaborado para mapeamento de casos de hanseníase no Estado do Rio de Janeiro no período de 2001 a 2012, onde foram criados mapas no ambiente do sistema ArcMap a partir das informações coletadas (GRACIE et al., 2017).

A sistemática utilizada foi a de inserir os dados no mapa de municípios do Estado do Rio de Janeiro no formato de geocódigo, que foram calculados e georreferenciados dentro de

um programa no ambiente de Sistema de Informações Geográficas – SIG, ArcMap versão 10 (GRACIE et al, 2017).

Constata-se que o geoprocessamento e o mapeamento, através de Sistemas de Informações Geográficas-SIG possibilita uma infinidade de aplicações (KAWASHIMA et al., 2016).

Outra possibilidade do geoprocessamento é o desenvolvimento de modelos de simulação, com a visualização da área objeto de estudo através de uma visão espacial, conforme trataram Kawashima et al. (2016) no estudo sobre modelagem espacial para simulação de cenários, que se mostra propício e capaz de fornecer diretrizes para o monitoramento das áreas com o desenvolvimento de uma modelagem espacial. Os autores, também, entenderem que se pode conceber os indícios da tendência de ocupação do solo de determinada região e simular um mapa para integrar os planos de gestão territorial.

2.6 Ferramentas Utilizadas para a Análise Espacial

Dentre as ferramentas utilizadas para realizar análises espaciais, tem-se os mapas coloridos, que segundo Câmara et al. (2004) é a forma mais usual de apresentação de dados agregados por áreas, esse uso pode mostrar a distribuição espacial do objeto de estudo.

Um mapa por si só pode ser autoexplicativo e deste modo demonstrar logo de início os dados nele inseridos de uma forma lúdica. Assim, a visualização dos dados (CÂMARA et al., 2004) ocorre de forma mais simples e intuitiva com a análise exploratória da visualização dos valores externos nos mapas, ou seja, o uso de diferentes pontos de corte variável induz a visualização de diferentes aspectos.

2.6.1 Sistemas de Informações Geográficas

Sobre o SIG, Câmara et al. (2004) fazem uma crítica, afirmando que grande parte dos usuários se limita a fazer uso do sistema apenas para operações de visualização com finalidade de se chegar a conclusões intuitivas. Quando seria possível ir muito além, alcançando conclusões objetivas ao invés de apenas observações aleatórias.

Como solução para compensar essas conclusões intuitivas, os autores Câmara et al. (2004) apresentam um conjunto de técnicas de análise espacial de dados que podem ser agregados por área. Assim, o primeiro passo seria escolher o modelo inferencial a ser

utilizado. Segundo eles o mais comum é supor que as áreas são diferenciadas e que cada uma possui uma identidade própria, ou seja, cada qual possui suas peculiaridades em relação às demais, o que eles nomeiam como modelo espacial discreto. Por sua vez, como alternativa a este modelo tem-se o modelo espacial contínuo, que seria o estudo do fenômeno apresentado através da continuidade espacial da área.

2.6.2 Sensoriamento Remoto -SR

Referente ao sensoriamento, remoto Moraes (2002) explanou que pode ser um conjunto de atividades que permite a obtenção de informações dos objetos que compõem a superfície terrestre sem a necessidade de contato direto com estes, ou seja, mesmo à distância pode-se conseguir informações necessárias para a realização de estudos.

Sobre o sensoriamento (MORAES, 2002) sabe-se que as atividades que envolvem a detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da energia eletromagnética emitida ou refletida pelos objetos terrestres que são registradas por sensores remotos, e que esta energia também pode ser denominada de radiação eletromagnética.

2.6.3 Modelo Digital de Elevação

O MDE é a representação, em ambiente de computador, das formas do terreno. Desta feita, passa a ser considerada uma ferramenta disponível que auxilia na identificação e na análise de áreas elencadas como objeto de estudo (SILVA JÚNIOR et al., 2012), onde o referido método de análises promove uma visão espacial e integrada de todos os atributos ambientais. Inclusive, indo além da subjetividade dos métodos de mapeamentos convencionais para mapeamentos mais objetivos com métodos quantitativos.

O MDE como ferramenta tem aplicabilidade para o estudo do solo e da sua distribuição em relação a paisagem com destaque nas pesquisas sobre mapeamento (SILVA JÚNIOR et al., 2012).

Assim, este modelo consegue representar as altitudes da superfície topográfica agregada aos elementos geográficos existentes sobre ela, como cobertura vegetal e edificações (SOUSA JÚNIOR e DEMATTÊ, 2008).

O MDE, também, pode ser utilizado para a delimitação das APP's, conforme descreveram Ribeiro et al. (2005), impondo-se a hidrografia mapeada os divisores de água

como linhas de ruptura durante a interpolação dos dados de altimetria. Os dados do MDE são refinados em *softwares* específicos, com a finalidade de se chegar a direção do escoamento superficial que converge para a calha do rio.

A missão do *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM, realizada nos anos 2000, teve como propósito produzir um banco de dados digitais de todo o planeta, que são necessários na elaboração do MDE das terras continentais (NASA, 2018). Os dados coletados são distribuídos em formato *raster* pelo *United States Geological Survey* - USGS. Os MDE's oferecem 30 m de resolução vertical para os Estados Unidos e 90 m de resolução vertical para as outras localidades.

O SRTM possibilitou a aquisição de dados, que foram coletados a partir da nave espacial Endeavour. Durante a missão a nave realizou 16 órbitas diárias na Terra, o que correspondeu a 176 órbitas durante toda a missão (USGS, 2018).

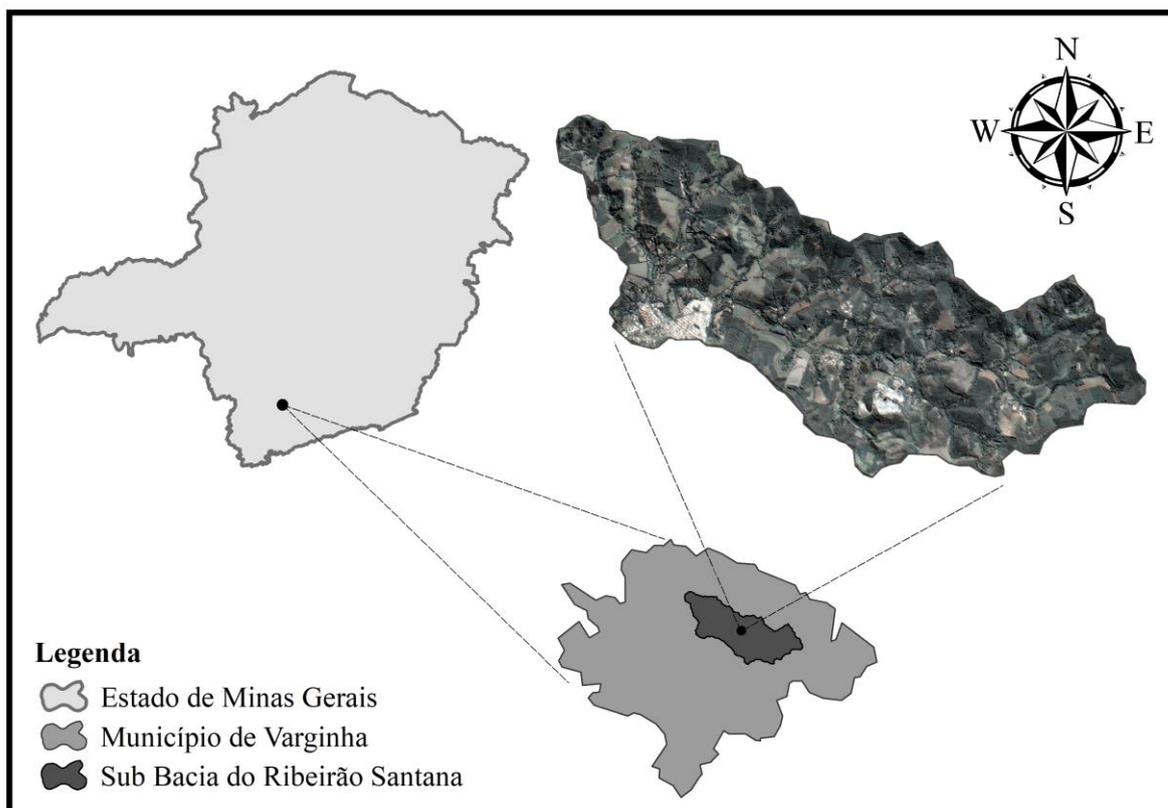
Para o território brasileiro foi realizado, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, o Projeto Topodata que oferece o MDE, em cobertura nacional, elaborado a partir dos dados SRTM disponibilizados pelo USGS na rede mundial de computadores (INPE, 2018).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área da Sub Bacia do Ribeirão Santana

A Sub Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santana-SBHRS (Figura 2) está localizada no Sul do estado de Minas Gerais no município de Varginha, entre as coordenadas E 455358m, S 7621550m e E 466770m, S 7616372m, fuso 45° WGR, no sistema de projeção UTM e Datum WGS1984. Encontra-se inserida na Unidade de Planejamento e Gestão de Recursos Hídricos do Rio Verde GD4 (UPGRH-GD4).

Figura 2- Mapa de localização da Sub Bacia do Ribeirão Santana no município de Varginha e no Estado de Minas Gerais/BR



Fonte: Autor, 2018.

A Sub Bacia possui uma área de 3.683,10 ha, que corresponde à 9,31% da área total do município que é de 39.539,6 ha. Apresenta altitude variando entre 864 e 1173 m, com altitude média de 938 m. Apresenta, também, a predominância do relevo ondulado com declividade média de 15,86%. A sub bacia do Ribeirão Santana é uma das principais fontes de

abastecimento público para a cidade de Varginha, MG, com uma população estimada em 134.477 pessoas, segundo dados do IBGE (2018).

Para caracterização da área, também, foram realizadas visitas *in loco* na região da sub bacia e às margens do Ribeirão Santana, com levantamento fotográfico da área da nascente principal, da seção de controle onde fica o ponto de captação de água da COPASA. Foram coletadas, também, coordenadas geográficas com o aparelho eTRex®10 dos locais visitados.

3.2 Imagens do Satélite CBERS-4

Para a classificação do uso do solo na sub bacia do Ribeirão Santana, foram utilizadas imagens do satélite sino-brasileiro CBERS-4 sensor MUX, obtidas através do catálogo de imagens do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, o qual disponibiliza gratuitamente em nível de correção L4 (imagens ortorretificadas).

As imagens são disponibilizadas em formato GeoTIFF comprimidas em arquivos extensão “zip”. A órbita e o ponto das imagens são, respectivamente, 154 e 124, e foram imageadas em 12/06/2018, adquiridas no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2018).

As características espectrais das imagens utilizadas encontram-se na tabela abaixo.

Tabela 1 - Características espectrais da Câmera Multiespectral Regular (MUX)

Nome	Banda	Resolução Espacial (m)
CBERS_4_MUX_20180612_154_124_L4_BAND5	Blue	20
CBERS_4_MUX_20180612_154_124_L4_BAND6	Green	20
CBERS_4_MUX_20180612_154_124_L4_BAND7	Red	20
CBERS_4_PAN5M_20180612_154_124_L4_BAND1	Pancromática	5

Fonte: Autor, 2019.

A composição colorida (RGB) foi realizada no *software* ArcGis 10.3 utilizando-se a ferramenta *Composite Bands* localizada dentro da caixa de ferramentas ArcToolBox. Foram utilizadas as bandas 7 (Red), 6 (Green) e a 5 (Blue), gerando a imagem colorida (RGB) com resolução espacial de 20 m.

Para se obter uma imagem com resolução espacial de 5 m, foi realizada a fusão da imagem multiespectral RGB de 20 m com a imagem pancromática de 5 m, pelo processo chamado de *Pansharpening*, que é um processo de fusão de imagens multiespectrais de baixa resolução com uma imagem de alta resolução, criando ao final uma única imagem colorida de

alta resolução, com 5 m. Este processo foi realizado no *software* ArcGis 10.3 com a ferramenta *Create Pan-sharpened Raster Dataset*, localizado na caixa de ferramentas do ArcToolBox.

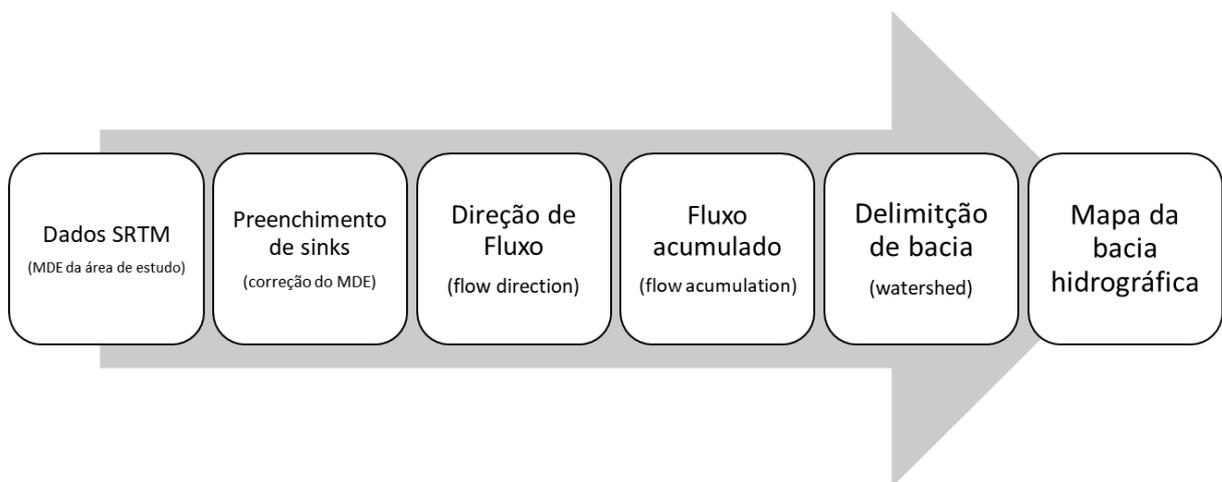
3.3 Delimitação da Sub Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santana

Os dados do MDE-SRTM da região da bacia de estudo foram obtidos junto ao USGS, com informações disponíveis para a América do Sul com resolução espacial de 30 m. O processo de delimitação utilizado no *software* foi o de delimitação de bacias hidrográficas no SIG ArcGis (ESRI, 2006).

A delimitação da sub bacia foi realizada a partir da seção controle onde se encontra o ponto de captação de água da COPASA.

O método utilizado para o processo de delimitação foi dividido em seis etapas: primeiro foi a obtenção das imagens SRTM da área de estudo; segundo o preenchimento de depressões (*fill sinks*); terceiro a direção de fluxo (*flow direction*); quarto o fluxo acumulado (*flow accumulation*); quinto a delimitação de bacias (*watershed*) e por último o mapa da bacia hidrográfica (DIAS et al., 2004 apud SOBRINHO et al., 2010) (Figura 3).

Figura 3 - Etapas realizadas para delimitação de bacias hidrográficas a partir de dados SRTM



Fonte. Adaptado de SOBRINHO et al. (2010).

3.4 Extração da rede de drenagem da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santana

Foram utilizadas as imagens do satélite CBERS-4 sensor MUX e as imagens MDE - SRTM, que foram processadas no *software* ArcGis 10.3.

No *software* ArcGis 10.3 foram utilizadas as ferramentas *Spatial Analyst* > *Conditional* > *CON* e *Spatial Analyst_Hidrology*. De início foi aplicado um condicional (CON) no *raster* para a eliminação dos valores menores que 1 e maiores que 500. Em seguida foi aplicado o *Fill* (filtro), *Flow Direction* (direção do fluxo), *Flow Accumulation* (fluxo acumulado), *Basin* (bacia), *Flow Length_Downstream* (comprimento do fluxo), *Stream Order_Straler* (ordem dos canais), *Stream to Feature* (conversão *raster-shapefile*). Na sequência, no *raster Stream Order (ordem de fluxo)* gerado, foi aplicado um condicional (*value* > 5) para retirar o excesso de informações e melhorar a visualização, em seguida o *raster* foi convertido para *shapefile* (MARTINS et al., 2007)

3.5 Classificação do uso do solo

Para a determinação do uso do solo foram utilizadas imagens do satélite CBERS-4 sensor MUX com resolução espacial de 20 m para a elaboração da imagem RGB em cor natural e posteriormente feito uma combinação da imagem colorida com a banda PAN CROMÁTICA com resolução espacial de 5 m, gerando ao final, a imagem utilizada na classificação do uso do solo.

Foi realizada a classificação supervisionada e uma pós-classificação do uso do solo no *software* Envi®. Utilizando-se de tais procedimentos foram definidas as seguintes classes nas quais a imagem foi dividida em: área urbana, área com pastagem, área com a cultura do cafeeiro, área com mata nativa e área com mineração (Tabela 2).

Tabela 2 - Classes de Uso e Ocupação do Solo na Sub Bacia do Ribeirão Santana

Classes	Descrição
Urbana	Área urbana
Pastagem	Área com pastagem
Café	Área com a cultura do cafeeiro
Mata nativa	Área com mata nativa
Mineração	Área com mineração

Fonte: Autores, 2019.

Efetuiu-se a aplicação de um algoritmo de classificação em que todos os *pixels* são classificados, sendo utilizado o método Maxver - Máxima Verossimilhança. Também, nomeado como algoritmo de distância mínima, em que devido a distância mínima atribui cada *pixel* desconhecido à classe cuja média seja mais próxima a ele (COHENCA e CARVALHO, 2015).

Posteriormente o resultado foi homogeneizado e classificado com os passos de filtragem aglutinação (*clump*) e peneiramento (*sieve*).

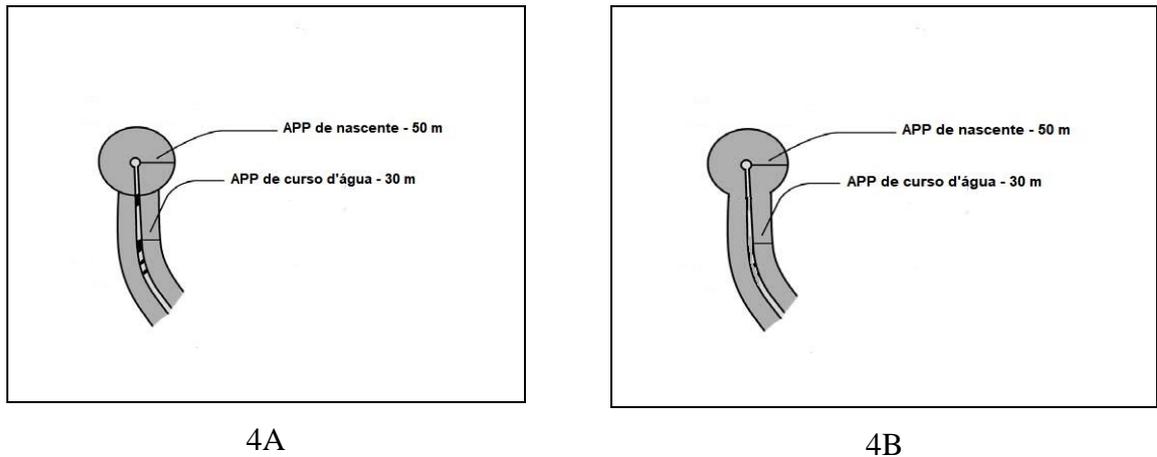
Aplicou-se a vetorização dos contornos e produção de mapas temáticos com o resultado da classificação, com os *pixels* dentro da área chamada de conjunto de treinamento. Ao resultado final da imagem para facilitar a interpretação visual atribui-se cor para classificação de cada área.

3.6 Delimitação das APP's de nascentes e dos cursos d'água

Durante o processo de extração de imagem foram identificadas as nascentes, internas à bacia, e para a delimitação das APP's destas nascentes, no do programa ArcGis 10.3(ESRI, 2006), foi utilizada a ferramenta *Create Buffers*, demarcando a APP com um raio de 50 m a partir do centro da nascente, conforme indicado na legislação ambiental, no Art. 4º, alínea "b" da Lei 12.651/12 (SILVA et al., 2017).

Quanto a delimitação das APP's da rede de drenagem da bacia hidrográfica, também foi utilizada a ferramenta *Create Buffer*, do programa ArcGis 10.3 (ESRI, 2006). Demarcando as APP's com uma área de 30 m de distância especificada para a confecção dos *Buffers* ao longo dos cursos d'água, que foi proporcional à largura aproximada dos mesmos (NOWATZKI et al., 2010), tal qual preconiza o Código Florestal (2012) no seu Art. 4º, alínea "a", para curso d'água com menos de 10 metros de largura (Figura 4A).

Figura 4. Delimitação das APP's das nascentes e cursos d'água



Fonte: Adaptado de NOWATZKI et al. (2010)

Na sequência, após a delimitação das APP's do curso d'água e das nascentes, mesclaram-se as duas categorias por meio da ferramenta *Merge*; depois, com a ferramenta *Dissolve*, retiraram-se as sobreposições de áreas de forma que as APP's se tornaram um único arquivo vetorial (SILVA et al., 2017) (Figura 4B).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O Ribeirão Santana tem sua nascente principal (Figuras 5A e 5B) situada na propriedade rural denominada Fazenda da Bengala, nas coordenadas E 466164m, S 7616459, à 1055 metros de altitude, onde dá início ao Córrego da Bengala. Nas coordenadas E 462737m, S 7617201m, já à 918 m de altitude recebe as águas de outros tributários e passa a ser nomeado como Ribeirão Santana.

Figura 5 – Vista parcial da área (A) e imagem da nascente principal (B) do Ribeirão Santana, Varginha, MG, 2019



Fonte: Autor, 2019.

Dentro da rede de drenagem, foram identificadas 45 nascentes e constatou-se que o Ribeirão Santana possui dois trechos distintos, sendo um na zona rural e o outro no perímetro urbano. O estudo se deteve na área de drenagem da zona rural, estabelecendo como seção de controle o ponto de captação de água da COPASA, coordenadas E 45664m, N 7617764m, que está 867 m de altitude (Figura 6A).

Quanto ao sistema de captação verificou-se que é realizado por meio de um barramento no leito do Ribeirão Santana, onde a água fica represada em uma espécie de dique, e que na continuação desse barramento existe um canal de alvenaria (Figura 6B), com aproximadamente 10 metros de extensão, por onde a água é direcionada até um vertedouro (Figura 6C), sendo conduzida por gravidade até a estação elevatória da COPASA (Figura 6D) nas coordenadas E 456202m, N 7617722m, que está a 856 m de altitude, ou seja, onze metros a baixo da captação. Posteriormente, a água é bombeada para a Estação de Tratamento de Água - ETA, que está a 115 m acima, nas coordenadas E 454794m, N 7618173m, com 971 m de altitude.

Figura 6 - Sessão de controle da Sub Bacia do Ribeirão Santana/Barramento (A), Canal de alvenaria (B), Vertedouro (C) e Estação Elevatória da COPASA (D)

6A



6B



6C



6D



Fonte: Autores, 2019.

4.1 Caracterização do relevo e do uso do solo na Sub Bacia do Ribeirão Santana

A sub bacia do Ribeirão Santana possui uma área de drenagem de 3.683,10 ha cujo perímetro é de 32,99 km. Apresenta uma altitude média de 938,08 m e declividade média de 15,86%. Sendo que o relevo é a representação da dinâmica natural do planeta, e dentro da área da sub bacia foram identificadas 5 classes de relevo segundo a classificação da Embrapa (1979) conforme descrito na Tabela 3.

Tabela 3 - Distribuição das classes de relevo para a sub bacia do Ribeirão Santana, Varginha, 2019

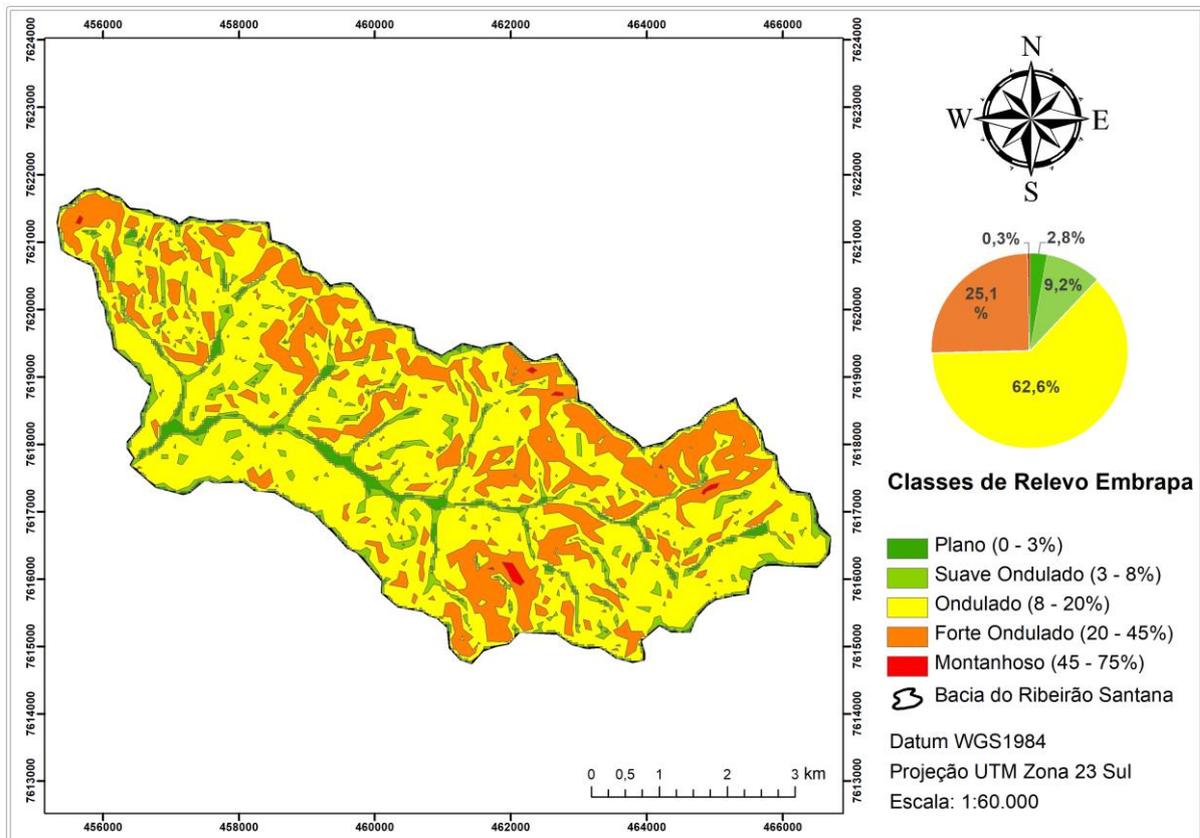
Classe de Relevo	Declividade (%)	Área (ha)	%
Plano	0 - 3	103,16	2,8
Suave ondulado	3 - 8	338,19	9,2
Ondulado	8 - 20	2306,55	62,6
Forte ondulado	20 - 45	924,29	25,1
Montanhoso	45 - 75	10,91	0,3
Área Total		3683,10	100

Fonte: Autor, 2019.

A classe de relevo de menor expressão na área da sub bacia do Ribeirão Santana é a Montanhosa ocupando uma área de 10,91 ha, correspondendo a 0,3% da área total da bacia. Seguida das classes de relevo Plano, Suave Ondulado, Forte Ondulado e Ondulado, com áreas de respectivamente, 103,16 ha (2,8%), 338,19 ha (9,2%), 924,29 ha (25,1%) e 2.306,55 ha (62,6%). A classe de relevo predominante na área é o Ondulado, ocupando 62,6% da área total.

Na Figura 7 pode-se observar a distribuição espacial das classes de relevo na área da sub bacia do Ribeirão Santana.

Figura 7 - Distribuição espacial das Classes de Relevo na sub bacia do Ribeirão Santana segundo a classificação da Embrapa, 1979



Fonte: Autor, 2019.

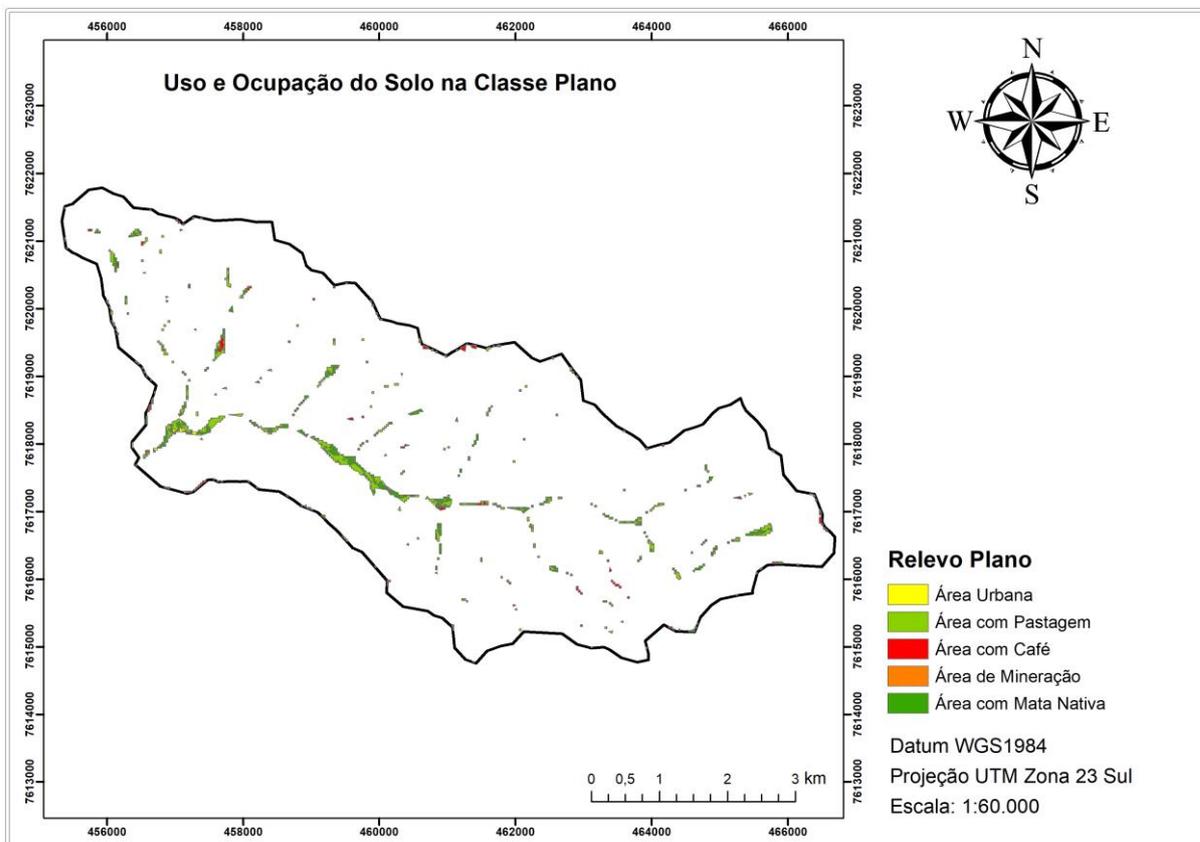
As classes de relevos Plano e Suave Ondulado predominam nas proximidades da rede de drenagem e em alguns pontos dispersos dentro da área da sub bacia. O relevo Ondulado predomina em grande parte da área da sub bacia, desde o exutório ou seção controle até o ponto mais distante, localizado na nascente principal do Ribeirão Santana. O relevo Forte Ondulado predomina nas proximidades do divisor topográfico da sub bacia. O relevo Montanhoso tem maior expressão na área de mineração. Foram identificadas para cada classe de relevo o uso solo (Tabela 4).

Tabela 4 - Uso do solo dentro da área da sub bacia do Ribeirão Santana distribuídos em cada Classe de Relevo, Varginha, 2019

Classe de Relevo	Uso do Solo					Área Total
	Urbano	Cafeeiro	Mineração	Mata Nativa	Pastagem	
Unidade em hectares (ha)						
Plano	3,37	11,31	0,82	35,52	52,12	103,16
Suave Ondulado	17,11	93,86	4,07	83,40	139,73	338,19
Ondulado	100,03	816,85	5,98	406,61	977,09	2306,55
Forte Ondulado	3,14	263,82	16,70	212,09	428,52	924,29
Montanhoso	0,00	0,76	0,92	2,08	7,15	10,91
Porcentagem (%)						
Plano	3,27	10,97	0,80	34,44	50,53	100
Suave Ondulado	5,06	27,76	1,20	24,66	41,32	100
Ondulado	4,34	35,41	0,26	17,63	42,36	100
Forte Ondulado	0,34	28,54	1,81	22,95	46,36	100
Montanhoso	0,00	6,97	8,43	19,07	65,54	100

Fonte: Autor, 2019.

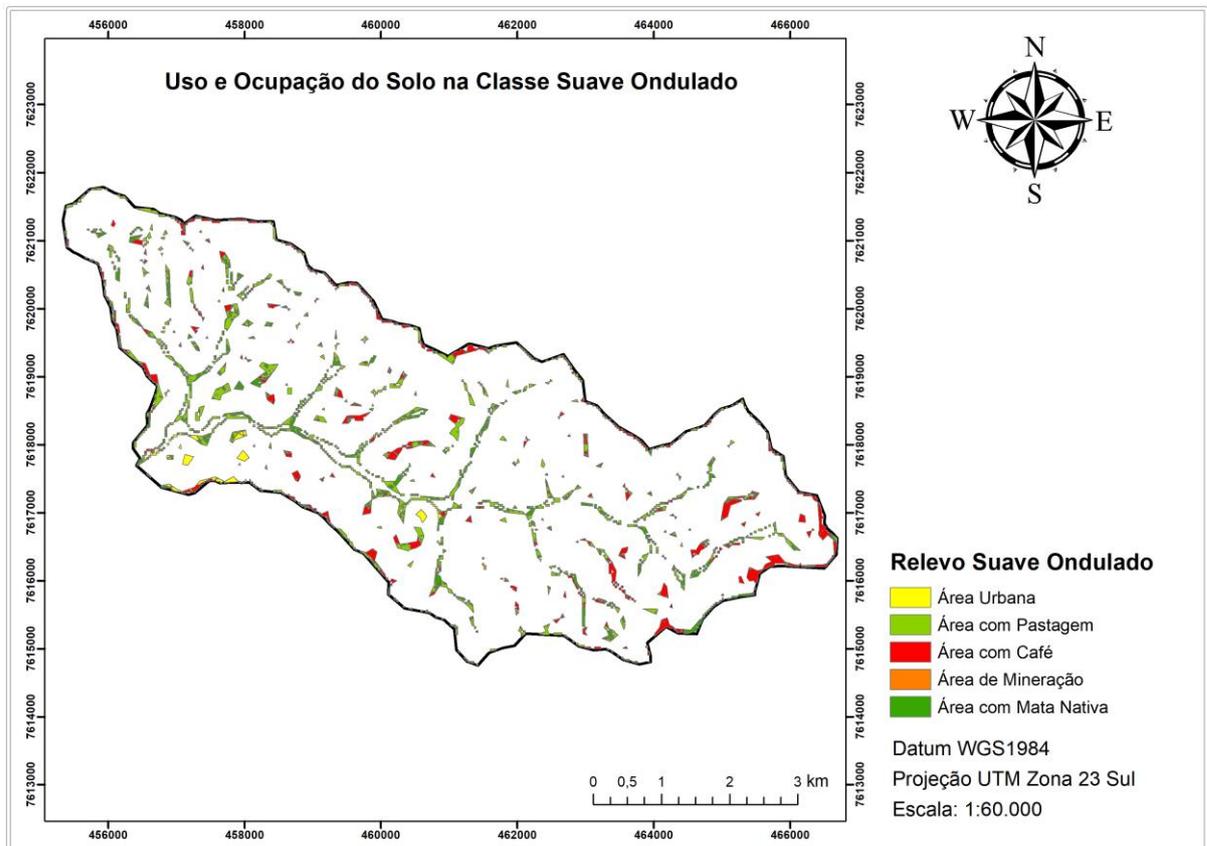
Figura 8 - Uso do solo na classe de relevo plano. Sub bacia do Ribeirão Santana, Varginha, MG. 2018



Fonte: Autor, 2019.

A classe de relevo Plano (Figura 8) ocupa uma área total de 103,16 ha das quais 52,12 ha está ocupada por pastagem, correspondendo a 50,53% do total. Já a área ocupada com mata nativa é de 35,52 ha, o que equivale a 34,44%. Nesta mesma classe o uso e ocupação do solo de menor expressão é a mineração, cuja área é de 0,82 ha; os usos e ocupação de área urbana e café, correspondem a respectivamente, 3,37 e 11,31 ha.

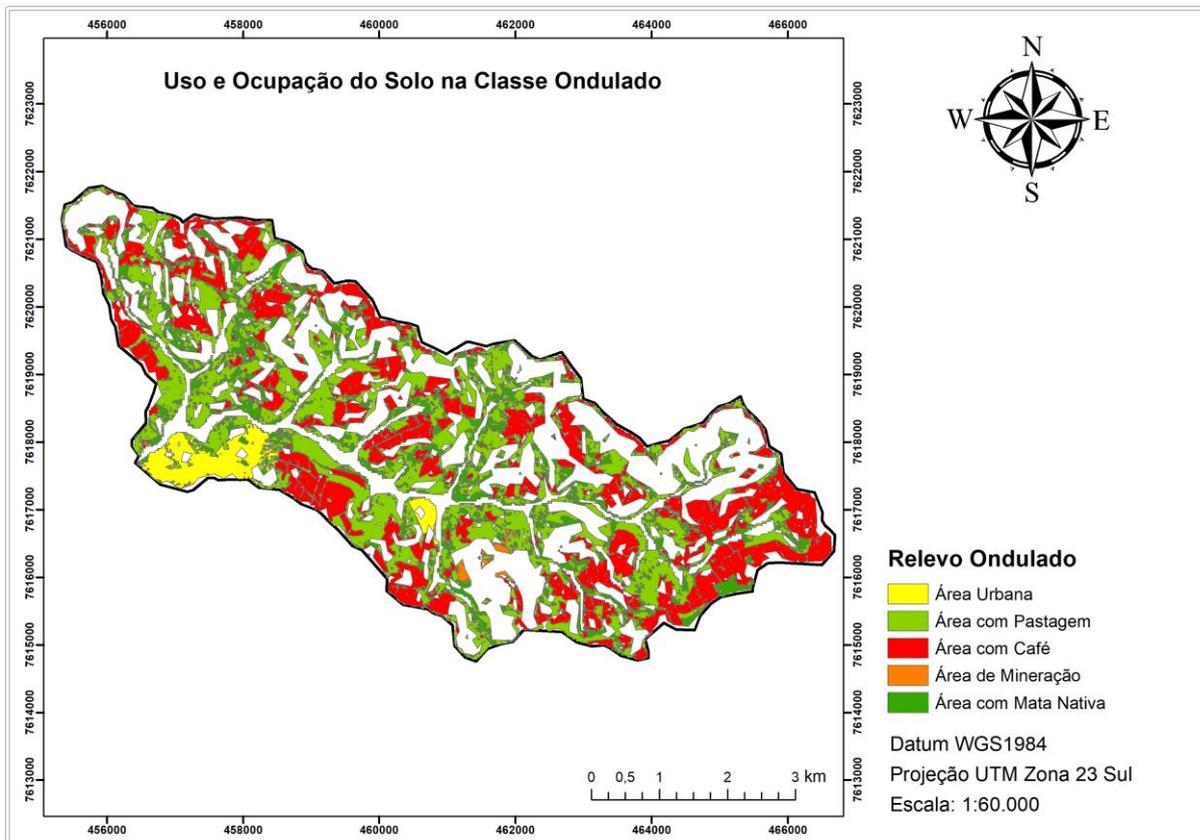
Figura 9 - Uso do solo na classe de relevo suave ondulado. Sub bacia do Ribeirão Santana, Varginha, MG. 2018



Fonte: Autor, 2019.

Na classe de relevo Suave Ondulado (Figura 9) cuja área total corresponde a 338,19 ha, 41,32% da área é ocupada por pastagem (137,73 ha). A área com cultivo de café é de 93,86 ha (27,76%), seguidas de 83,40 ha de mata nativa (24,66%); 17,11 ha de área urbanizada (5,06%) e 4,07 ha de mineração (1,20%).

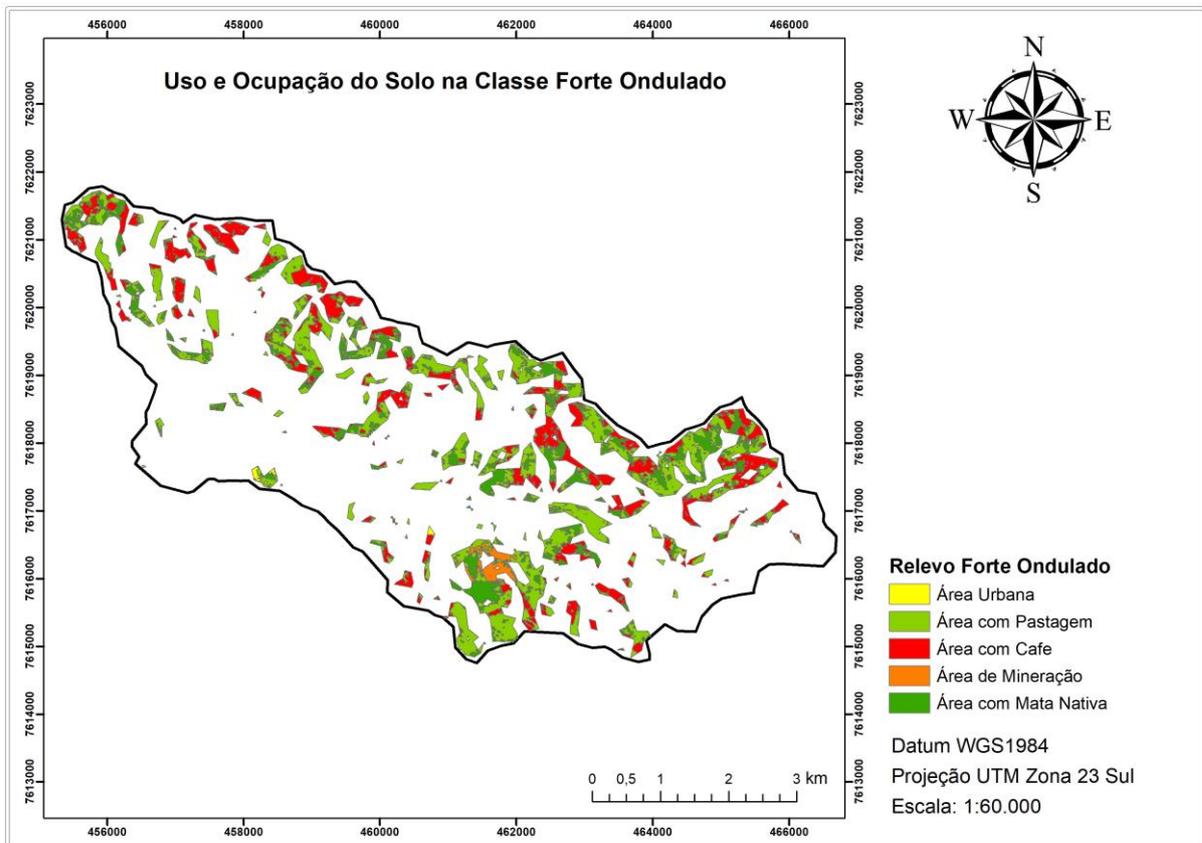
Figura 10 - Uso do solo na classe de relevo ondulado. Sub bacia do Ribeirão Santana, Varginha, MG. 2018



Fonte: Autor, 2019.

A classe de relevo predominante na sub bacia do Ribeirão Santana é o relevo Ondulado (Figura 10), que ocupa uma área de 2306,55 há, ou seja, 62,6% da área da sub bacia. Nesta classe há um predomínio da área de pastagem com 977,09 ha (42,36%), seguido de 816,85 ha da cultura do café (35,41%); 406,61 ha de mata nativa (17,63%); 100,03 ha (4,34%) de área urbanizada e 5,98 ha (0,26%) de área com atividade de mineração.

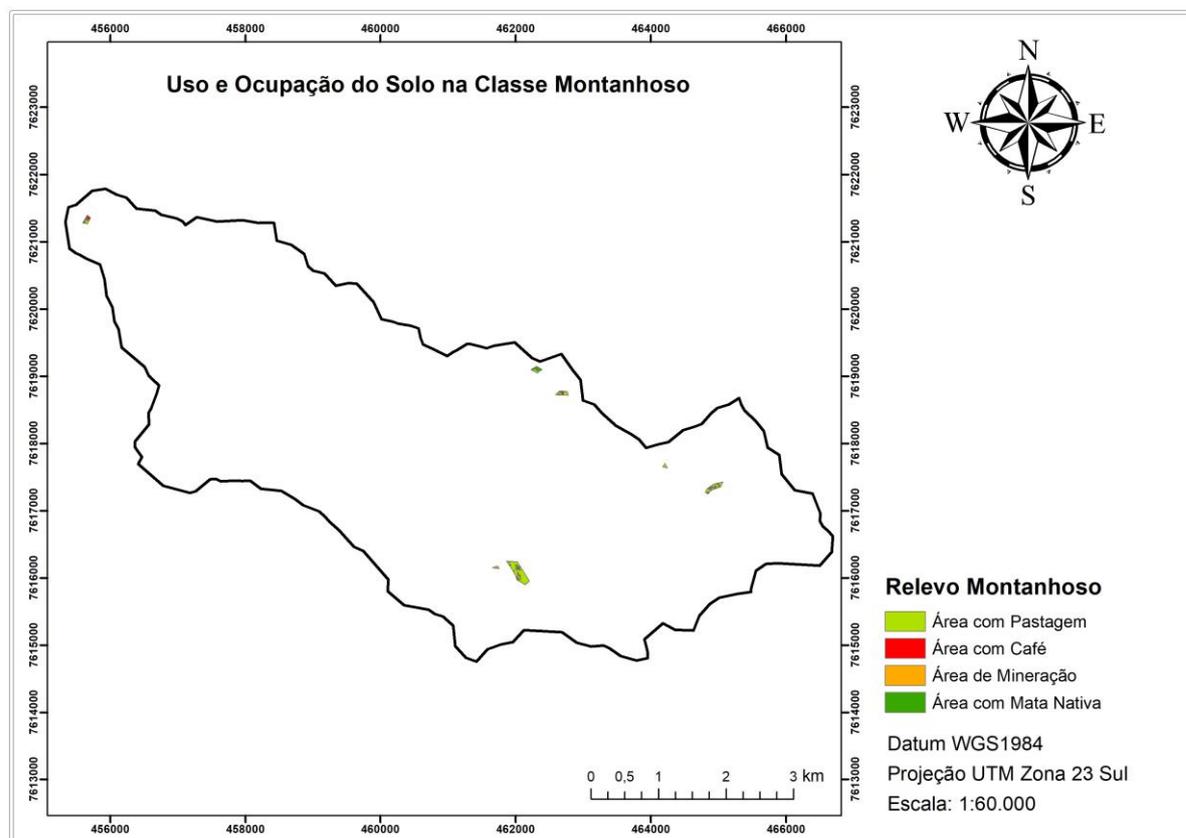
Figura 11 - Uso do solo na classe de relevo forte ondulado. Sub bacia do Ribeirão Santana, Varginha, MG. 2018



Fonte: Autor, 2019.

A classe de relevo Forte Ondulado (Figura 11) ocorre em 924,29 ha, que corresponde a 25,1% da área total da bacia, o uso predominante é a pastagem ocupando 428,52 ha (46,36%). O uso da cultura do café ocorre em 263,82 ha (28,54%) e a mata nativa está em 212,09 ha (22,95%). Os demais usos, na área urbana e mineração, ocupam 3,14 ha (0,34%) e 16,70 ha (1,81%), respectivamente.

Figura 12 - Uso do solo na classe de relevo montanhoso. Sub bacia do Ribeirão Santana, Varginha, MG. 2018



Fonte: Autores, 2019.

O Relevo Montanhoso (Figura 12) ocupa uma área de 10,91 ha. A pastagem é que predomina com área de 7,15 ha (65,54%). A área com mata nativa ocupa 2,08 ha (19,07%). A área com mineração e café são de respectivamente, 0,92 ha (8,43%) e 0,76 (6,97%) ha. Nesta classe de relevo não ocorrem áreas urbanizadas.

Foi realizada uma análise dos usos do solo distribuídos em cada classe de relevo (Tabela 4), buscando conjugar os usos com aquilo que se propõem no zoneamento ambiental.

Sobre o zoneamento ambiental De Paula e Souza (2007) lecionaram que pode ser considerado como a definição/especificação de setores com objetivos de manejo e de conservação da natureza que possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz e nas quais são autorizados determinados usos e atividades (BRASIL, 1991).

Quanto a área de drenagem da Sub Bacia do Ribeirão Santana (3.683,10 ha) foi verificada que existem duas áreas com certa restrição, no relevo forte ondulado e no montanhoso, as demais formas de relevo (plano, suave ondulado e ondulado) não possuem

restrição legal, claro guardadas as limitações impostas pelas APP's dos cursos d'água e das nascentes.

Concernente às restrições do uso do solo no que tange ao relevo, constatou-se na área da bacia a existência de duas áreas (montanhoso e forte ondulado), sendo uma com restrição total e outra com restrição parcial.

A primeira, com restrição total, é aquela considerada APP de encosta, que está com mais de 45° de inclinação (BRASIL, 2012), onde está o relevo montanhoso, existindo nestas áreas mata nativa, pastagem, cultivo da cultura do cafeeiro e mineração, que totalizam 10,91 ha, dos quais 2,08 ha são de mata nativa e os 8,83 ha estão sob intervenção antrópica. Desta feita, confrontando diretamente a restrição legal do Art.4º, inciso V do Código Florestal (BRASIL, 2012).

A segunda, com restrição parcial, é aquela definida como de uso restrito (BRASIL, 2012), que está entre 25° e 45° de inclinação, por aproximação em graus de inclinação, coincide com a área de classificação do terreno como forte ondulado, com 20° a 45° de inclinação, onde é permitido o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris, bem como a manutenção da infraestrutura física associada ao desenvolvimento das atividades, observadas boas práticas agronômicas, tal qual prevê o Art. 11 do Código Florestal (BRASIL, 2012).

Nestas áreas, conforme pode-se observar na Figura 11, está a classe de relevo forte ondulado, que ocupa 25,1% (924,92 ha) da área da bacia, onde existem diversas ocupações antrópicas, tal qual: pastagem, cultivo com a cultura do cafeeiro, área urbana e mineração.

Dentro da legislação ambiental não existe vedação expressa ou proibição para utilização destes terrenos, entretanto, existe sim uma restrição, conforme prevê a Lei Estadual 20.922 de 2013, de Minas Gerais que dispõe sobre as políticas florestal e de proteção à biodiversidade, que no seu Art. 54, que trata das áreas de inclinação entre 25° e 45°, sendo permitidos o manejo florestal sustentável e o exercício de atividades agrossilvipastoris.

De acordo com Nascimento et al. (2016) estas áreas de uso restrito, apesar de gozarem de certa proteção especial, não trazem em seu bojo o impedimento de desenvolvimento de atividades econômicas, devendo ser trabalhadas dentro das práticas sustentáveis e conservacionistas.

Ainda segundo Nascimento et al. (2016) tais áreas, apesar de menos sujeitas a deslizamentos de terra, tem uma propensão maior se sofrer com as intempéries, merecendo assim proteção

diferenciada, embora não sendo necessária a inviabilização das práticas e atividades de manejo florestal e agrossilvipastoris.

4.2. Os usos do solo na área da Sub Bacia do Ribeirão Santana

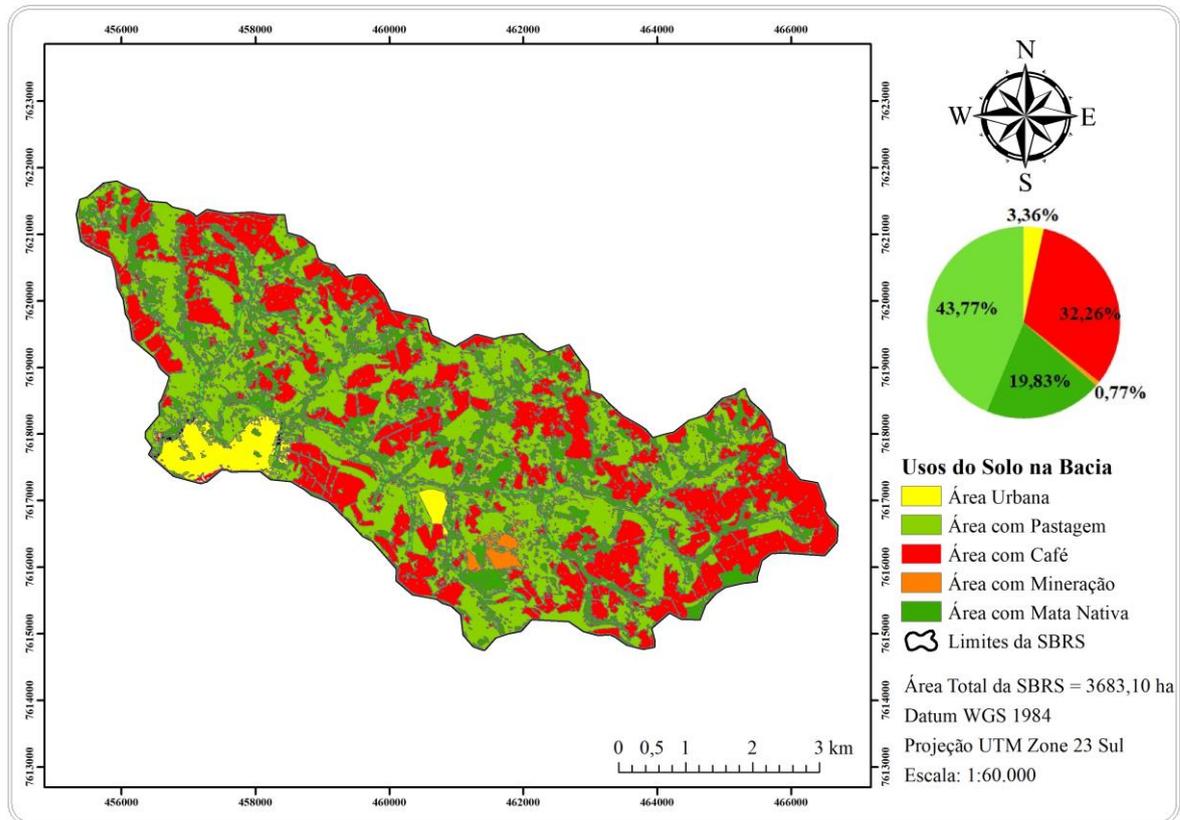
Foram identificadas as seguintes situações durante o estudo: a presença de área urbana em 3,36% (123,88 ha); a área de pastagem em 43,77% (1.612,14 ha); a área de cultivo de café em 32,26% (1.188,31 ha); a área de atividade de mineração em 0,77% (28,44 ha) e a área de mata nativa em 19,83% (730,33 ha), como pode ser observado no mapa produzido (Figura 14) e nos percentuais descritos na Tabela 5.

Tabela 5 - Uso do solo na área da Sub Bacia do Ribeirão Santana. Varginha, MG. 2018

Classes	Área (ha)	%
Área Urbana	123,88	3,36
Área com Café	1188,31	32,26
Área de Mineração	28,44	0,77
Área com Mata Nativa	730,33	19,83
Área com Pastagem	1612,14	43,77
Área total	3683,10	100

Fonte: Autor, 2019.

Figura 13. Uso do solo na Sub Bacia do Ribeirão Santana, Varginha, MG. 2018



Fonte: Autor, 2018.

O que se constata na Sub Bacia do Ribeirão Santana é que há intervenção humana em 2.952,77 ha (80,17%), restando 730,33 ha, que equivalem a 19,83% das áreas em vegetação nativa.

Com base neste quantitativo pode-se fazer uma analogia com preceito legal do Código Florestal, que no seu Art. 12, inciso II, estipula a Reserva Legal – RL no percentual de 20% para as propriedades rurais. Guardadas as devidas proporções, a lei estipula a porcentagem para o imóvel rural, mas se for levado em conta àqueles que não possuem os 20% e àqueles que estão acima deste quantitativo a área total da sub bacia estaria em tese próximo de cumprir o preceito legal do citado artigo (BRASIL, 2012).

Por outro lado, concorrendo com a área de vegetação nativa, existe 2.952,77 ha de área urbana, de pastagem, de cultivo de cafeeiro e de mineração, que equivalem a 80,17% da área de drenagem da sub bacia. Essa área de ocupação antrópica pode influir na infiltração d'água, conforme lecionam Tucci e Beltrame (2000) sobre a capacidade de infiltração da água, que seria mais expressiva em áreas com florestas que em pastagens e culturas agrícolas. Reforçando essa afirmativa Pires e Santos (1995) apud Bueno, Galbiatti e Borges (2005) salientaram que a retirada da cobertura vegetal diminui a infiltração e o estoque de água

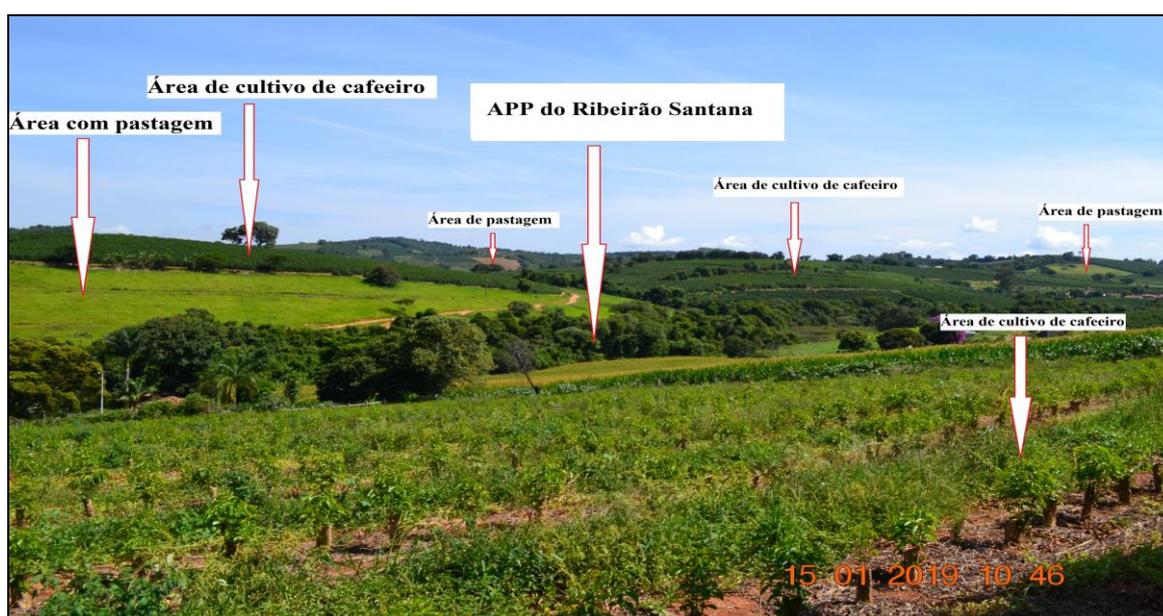
subterrânea, causando a erosão dos solos e o assoreamento dos corpos d'água, além da alteração nos padrões de vazão e volume dos cursos d'água.

Tem-se aqui uma dicotomia, pois de um lado uma área 730,33 ha (19,83%) que se aproxima da porcentagem estipulada no Código Florestal para a Reserva Legal de 20%, e do outro uma área de 2.952,77 ha (80,17%), que contribuiria para o escoamento superficial, pela ausência da vegetação nativa, conforme preconiza a doutrina acerca do tema.

Após as análises dos dados, constatou-se que uso do solo predominante na Sub Bacia do Ribeirão Santana é a pastagem com 43,77% (1.612,14 ha) da área da bacia, fato que do ponto de vista hidrológico contribui para o escoamento superficial e menor infiltração d'água. Pois, segundo Oliveira et al. (2014) áreas com cobertura vegetal nativa proporcionam maior infiltração das águas das chuvas no solo em contraponto às áreas de pastagem, onde há escoamento superficial, reduzindo a parcela de água drenada diretamente para o leito dos cursos d'água. Assim, após os estudos e medições realizados por Oliveira et al. (2014) constatou-se a influência favorável da mata para o processo de infiltração e recarga de água no solo.

Uma imagem panorâmica da área de drenagem (Figura 14), capturada nas proximidades da nascente principal, a 1047 metros de altitude, próximo ao divisor de águas, mostra parte do vale que se forma ao longo do trecho do curso d'água. Através dela pode-se observar nitidamente área de pastagem, área de cultivo de cafeeiro e vegetação nativa na APP do Ribeirão Santana.

Figura 14 - Uso do solo na Sub Bacia do Ribeirão Santana. Varginha, MG. 2019



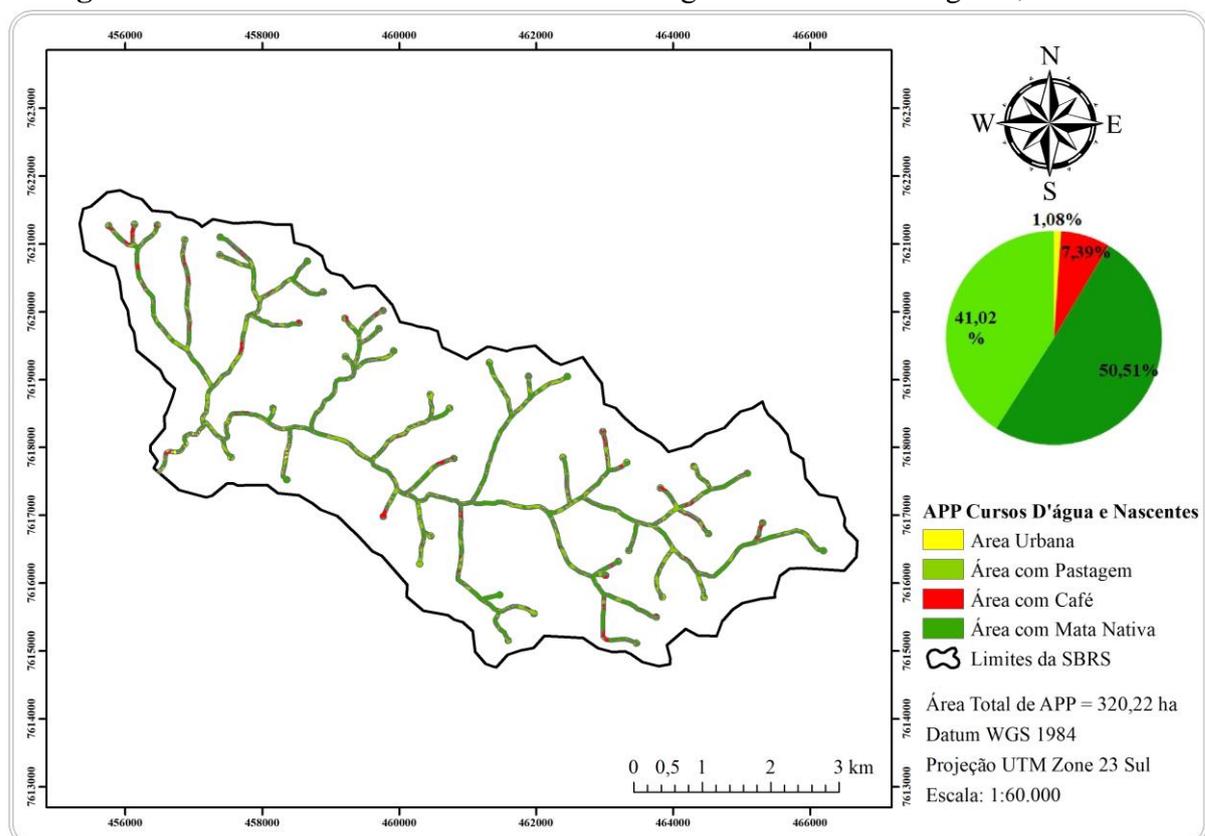
Fonte: Autor, 2019.

4.3 Uso do solo nas APP's de cursos d'água e nascentes e conflitos

A largura da APP do Ribeirão Santana se enquadra no Art. 4º, inciso I, alínea “a”, onde a área de preservação permanente deve ser de 30 metros, para os cursos d'água de menos de 10 (dez) metros de largura e no inciso IV, nas áreas no entorno das nascentes e dos olhos d'água perenes, qualquer que seja sua situação topográfica, no raio mínimo de 50 (cinquenta) metros (BRASIL, 2012).

Foi possível definir as áreas de uso do solo na rede de drenagem e nas nascentes e seus possíveis conflitos dentro da área de preservação permanente. A área foi estimada em 320,22 ha, que corresponde a 8,69% do total da área sub bacia. Dentro desta área, foram identificados os seguintes usos do solo na APP: 1,08% (3,47 ha) de área urbana; 41,02% (131,34 ha) de pastagem; 7,39% (23,65 ha) de cultivo de café, sendo 50,51% (161,76ha) de mata nativa.

Figura 15 - Uso do solo nas APP's de cursos d'água e nascentes. Varginha, MG. 2018



Fonte: Autor, 2018.

Quando confrontados com a previsão legal, os dados mostram que, de um total de 320,22 ha de APP, 158,46 ha estão ocupados por área urbana, pastagem e café, ou seja, estão

em conflito de uso do solo, onde necessariamente, de acordo com o Código Florestal, deveria haver vegetação nativa, ou seja, 49,49% da APP está sob interferência antrópica. Praticamente a metade da APP dos cursos d'água e nascentes está sob intervenção humana (Figura 15).

De acordo com a sistemática adotada pela legislação ambiental, o Código Florestal de 2012 e a Lei de Proteção Florestal do Estado de Minas Gerais de 2013, tais interferências conflitam diretamente com os dispositivos legais, que em uma análise ainda mais restritiva configuram infração e crime ambiental (BRASIL, 1998) (Figura 16).

Figura 16 - Uso do solo, pastagem na APP do Ribeirão Santana. Varginha, MG. 2019



Fonte: Autor, 2019.

Pode-se observar nitidamente o uso solo com a atividade de pastagem às margens do Ribeirão Santana, em uma área que, de acordo com a previsão legal do Código Florestal, deveria estar coberta por vegetação nativa (Figura 16).

Outras imagens da área da bacia, obtidas durante a visita *in loco* corroboram com aquilo que foi verificado no através das imagens de satélite, no local próximo onde o córrego da Bengala passa a ser denominado Ribeirão Santana pode ver a ocupação antrópica (Figura 17) com a passagem de uma estrada e um ponte sobre o curso d'água.

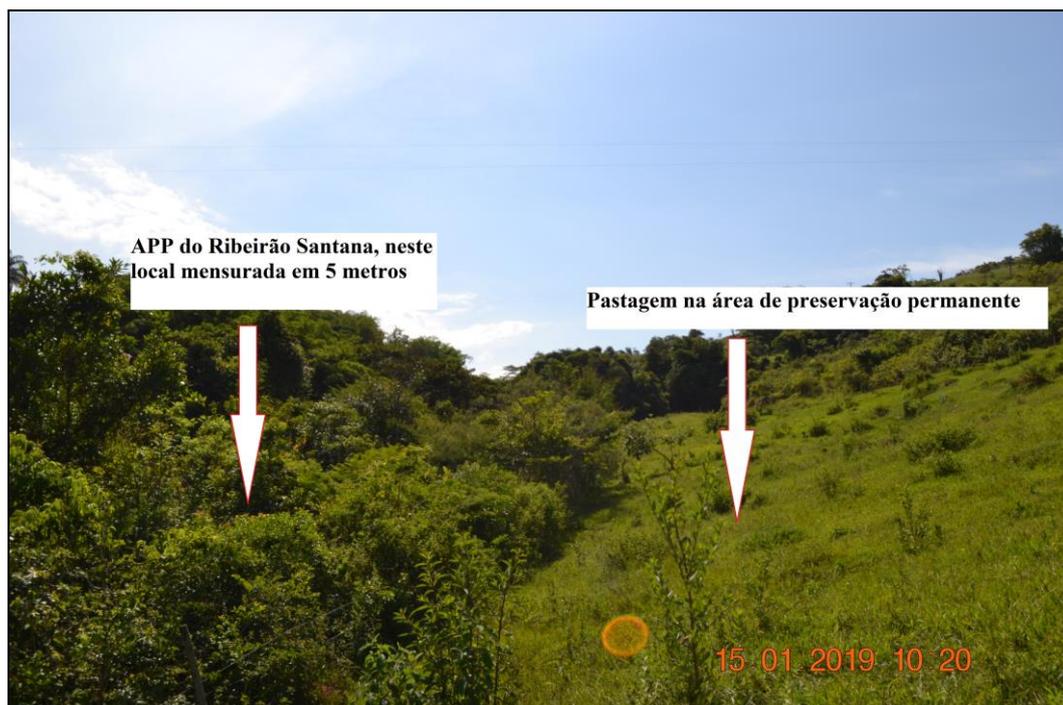
Figura 17 - Uso do solo, estrada na APP do Ribeirão Santana. Varginha, MG. 2019



Fonte: Autor, 2019.

Em outra imagem nas proximidades da estrada sobre o Ribeirão Santana pode-se observar o uso de pastagem na APP, que neste local foi mensurada em 5 metros, ou seja, não está de acordo com os 30 metros exigidos pelo Código Florestal (Figura 18).

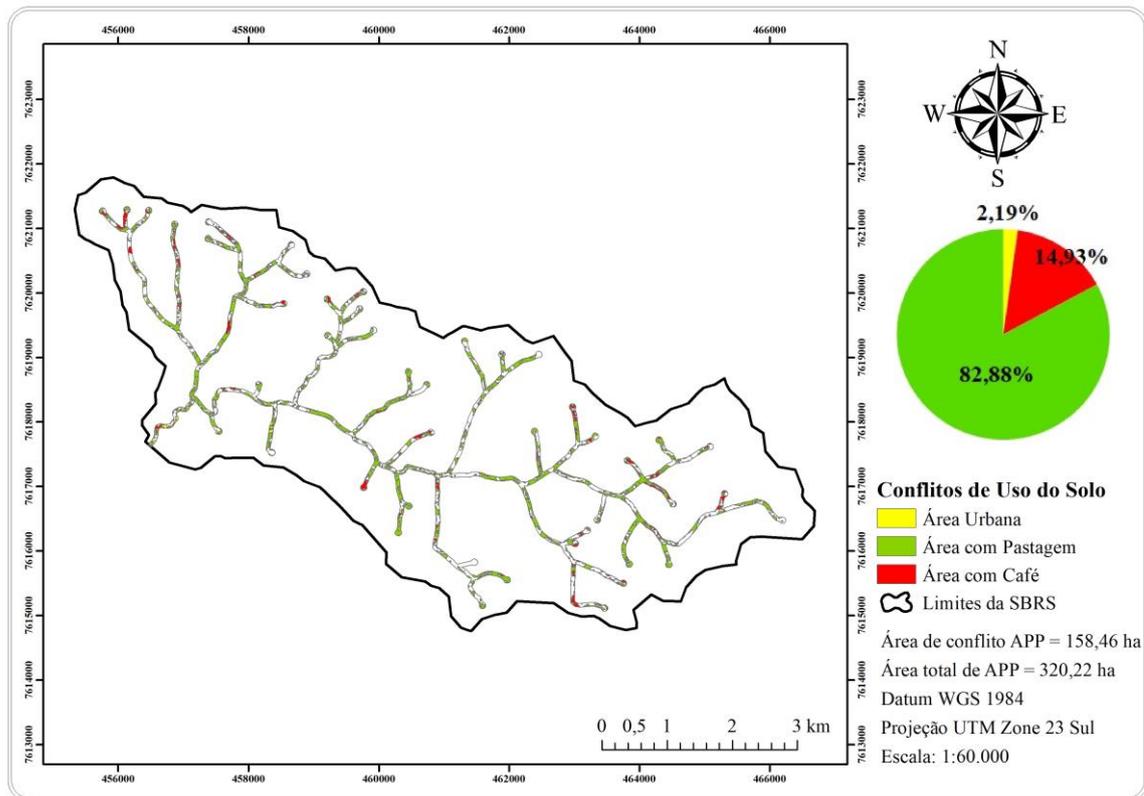
Figura 18 - Uso do solo, pastagem na APP do Ribeirão Santana. Varginha, MG. 2019



Fonte: Autor, 2019.

Constata-se que há conflito de uso do solo pela ocupação antrópica numa área de 158,46 ha de APP, onde 82,88 % são de pastagem; 14,93 % são de cultivo de cafeeiro e 2,19% são de área urbana (Figura 19).

Figura 19 - Uso do solo na Sub Bacia do Ribeirão Santana. Varginha, MG. 2018



Fonte: Autor, 2018.

Dadas as circunstâncias em que se encontra atualmente a área da sub bacia em estudo, para adequação das áreas e preservação permanente do Ribeirão Santana, seriam necessárias a adoção de medidas de recuperação em 161,76 ha, onde necessariamente, de acordo com o preceito legal do Código Florestal de 2012 e da Lei de Proteção Florestal do Estado de Minas Gerais de 2013, deveriam estar cobertos por vegetação nativa. Desta feita, conforme a doutrina acerca do tema que correlaciona cobertura vegetal e recarga hídrica (VASCONCELOS et al., 2013), os usos incorretos e ilegais do solo podem incidir na quantidade e qualidade d'água no manancial.

Tendo em vista que a Sub Bacia Ribeirão Santana constitui uma das principais fontes de abastecimento público da cidade de Varginha, que possui uma população estimada de 134.477 pessoas e uma densidade demográfica de 311,29 hab/km² (IBGE, 2018) é aconselhável que o poder público implemente ações no sentido de recompor as APP's, sejam

elas no entorno das nascente ou às margens dos cursos d'água, com a finalidade de cumprir os preceitos legais das Políticas Nacional (1997) e Estadual de Recursos Hídricos (1999), preceitos estes, que são o direito de acesso de todos aos recursos hídricos, com prioridade para o abastecimento público e a manutenção dos ecossistemas.

Em síntese, o estudo dessa sub bacia com o uso das técnicas de geoprocessamento, que é uma ferramenta importante na construção de indicadores ambientais, conjugado com a sua interpretação frente à legislação ambiental possibilita uma análise epistemológica e interdisciplinar com a junção entre duas áreas do conhecimento, as ciências ambientais e as ciências sociais, mais precisamente com o direito ambiental, através da legislação pertinente.

5 CONCLUSÕES

Conclui-se que existe acentuada intervenção humana na área de drenagem da Sub Bacia do Ribeirão Santana, principalmente onde deveria haver mata nativa, como nas APP's dos cursos d'água. Uma vez que, após calcular área total da sub bacia, constatou-se 80,17% estão ocupados por algum tipo de atividade humana; com plantações de cafeeiro, ocupação urbana, pastagem e extração mineral; como consequência destas atividades restam 19,83% de área coberta com vegetação nativa, que não atendem ao limite mínimo do Código Florestal (2012), que exigem 20% da RL, admitindo o cômputo da APP.

Conclui-se, também, que o conflito de uso do solo nas APP's de nascente e das margens dos cursos d'água, é bastante acentuado, uma vez que praticamente a metade da APP está sob interferência antrópica, com 49,49% (158,46 ha) da APP (320,22 ha) sob conflito, onde o mais comum é a pastagem, seguido pelo cultivo do cafeeiro e a área urbana, restando 50,51 % (161,76 ha) de vegetação nativa.

Os resultados obtidos nesta pesquisa atestam que as intervenções humanas, podem afetar os recursos hídricos dentro de uma bacia hidrográfica, mediante a pressão pelo uso do solo com interferências na cobertura vegetal nativa em locais sensíveis com as APP's.

A metodologia aplicada, com a utilização das técnicas de processamento e análise das imagens de satélite, para a quantificação e a delimitação das APP's na Sub bacia do Ribeirão Santana, atesta as conclusões alcançadas e podem subsidiar a implementação de políticas públicas no sentido de recuperar estas áreas sob conflito de uso solo.

REFERÊNCIAS

ABERS, R.; JORGE, K. D. Descentralização da Gestão da Água: Por que os comitês de bacia estão sendo criados? **Revista ambiente & sociedade**, v. 8, n. 2, jul. /dez., 2005.

ALEXANDRINO, R.V., CAIAFA, A.N. Avaliação e Caracterização de Áreas de Preservação Permanente no Campus da UFRB, Cruz das Almas, Bahia. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 29, n.2 p.215-224. 2018.

ALMEIDA, M. A.; CURI, W. F. Gestão do uso de água na bacia do Rio Paraíba, PB, Brasil com base em modelos de outorga e cobrança. São Paulo, **Revista ambiente & água**, v. 11, n. 4, Taubaté – out/dez., 2016.

ALVARENGA, L.A.; MELLO, C.R.; COLOMBO, A.; CUARTAS, L.A. *Hydrologic Impacts Due To The Changes In Riparian Buffer In A Headwater Watershed*. **CERNE**, v. 23 n. 1, p. 95-102. 2017.

ALVES, K. C. C. L. F.; VIOLA M. R.; SOUZA, P. A.; GIONGO, M.; MELLO, C. R. Avaliação temporal dos conflitos de uso do solo na bacia hidrográfica do Rio Formoso. Tocantins, **Pesquisa florestal brasileira**, v. 35, n. 83, p. 271-283, jul./set. 2015.

ASSUNÇÃO, R.M; BARRETO, S.M, GUERRA, H.L, SAKURAI, E. Mapas de taxas epidemiológicas: uma abordagem Bayesiana. **Cadernos de saúde pública**, Rio de Janeiro, v.14, n.4, p.713-723, out/dez. 1998.

BRASIL. Lei n. 9.433, de 08 de janeiro de 1997. **Que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recurso Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21. da Constituição Federal**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov. br/ccivil_03/leis/19433.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19433.htm)>. Acesso em: 1abr 2017.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências**. Diário Oficial da União - Seção 1 - 13/2/1998, Página 1 (Publicação Original). 1998. Disponível em: [http: < //www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9605.htm)>. Acesso em: 1abr 2017.

BRASIL. Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. **Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Disponível em: <[http://www.planalto.gov. br/ccivil_03/leis/19985.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19985.htm)>. Acesso em: 1abr 2017.

BUENO, L.F; GALBIATTI, J.A; BORGES, M.J. Monitoramento de Variáveis de Qualidade da Água do Horto Ouro Verde - Conchal – SP. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.742-748, set/dez. 2005.

CACELA FILHO, F.C.O., **O reflexo da degradação ambiental e sua relação com a gestão hídrica da bacia hidrográfica do Rio Ararandeuá - PA**. Dissertação de Mestrado apresentada a comissão do Programa de Pós-graduação em Engenharia

Civil da Universidade Federal do Para, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil, na área de concentração em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental. Belém, PA. 2009.

CALHEIROS, R. O.; TABAI, F.C.V.; BOSQUILIA, S.V.; CALAMARI, M. **Cadernos da Mata Ciliar**. Secretaria de Estado do Meio Ambiente, Departamento de Proteção da Biodiversidade. São Paulo. ed. 2, v.1. 2009.

CASTRO, P. S. Recuperação e conservação de nascentes - Série Saneamento e Meio Ambiente. Manual n. 26, 84. Viçosa. **Centro de Produções Técnicas**. 2001.

CASTRO, P. S.; LOPES, J. D. S. Recuperação e conservação de nascentes -Série Saneamento e Meio ambiente. Manual, n. 296, 84p. Viçosa. **Centro de Produções Técnicas**. 2001.

CBH GRANDE Comitê de bacia hidrográfica. Comitê de bacia hidrográfica do Rio Verde. Disponível em <<http://www.grande.cbh.gov.br/GD4.aspx>>. Acesso em 10 de maio de 2017.

COHENCA, D.; CARVALHO, R. Comparação de métodos de classificação OBIA, Máxima Verossimilhança e Distância Mínima em imagem OLI/Landsat-8 em área de alta diversidade de uso do solo. *In: XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR. Anais [...]*. João Pessoa-PB INPE, Brasil, 25 a 29 de abril de 2015,

CORRÊA, R. H. A.; VAZQUEZ, G.H.; VANZELA, L.S. Projeto estratégico de ocupação do fundo de vale do córrego da Aldeia no perímetro urbano de Fernandópolis/SP. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. Fernandópolis, n.10, p.458-472, mai/ago.2018.

CORRÊA, C. J. P.; TONELLO, K. C.; FRANCO, F. S. Análise hidroambiental da microbacia do Pirajibu-Mirim, Sorocaba, SP, Brasil. **Revista ambiente & água**. São Paulo, v.11, n. 4 out./dez. 2016.

DE PAULA, E.M.; SOUZA, M.J.N. Lógica Fuzzy como técnica de apoio ao Zoneamento Ambiental. *In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO*, 13., 2007, Florianópolis. **Anais [...]**. Florianópolis, 21-26, INPE, p. 2979-2984. Abr. 2007.

FERNANDES, A. N.; GALATTO, S. L. Identificação Das Nascentes Na Área De Proteção Ambiental (APA) do Morro Estevão e Morro Albino, Localizada no Município de Criciúma – SC. **Tecnologia e Ambiente**, v. 16. 2010.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. São Paulo: Oficina de Textos, 2008.

FRACALANZA, A.P.; JACOB, A.M.; EÇA, R.F. Justiça Ambiental e Práticas de Governança da Água: (Re) Introduzindo Questões de Igualdade na Agenda. **Ambiente & Sociedade**, São Paulo, n.1, v. 26, p.19-38, jan.-mar. 2013.

GILMAN, C. S. **Rainfall**. *In: Handbook of Applied Hydrology*. V.T.Chow. Ed. McGraw-Hill. p.9-1 a 9-68. 1964.

GIRÃO, O.; CORRÊA, A.C.B. Progressos nos Estudos de Geomorfologia Fluvial Urbana ao Final do Século XX. **Revista GeoUERJ**, Rio de Janeiro, n. 26, p.245-269. jan./jun 2015.

GRACIE, R.; PEIXOTO, J. N. B.; SOARES, F. B. R.; HACKER, M. A. V. Análise da distribuição geográfica dos casos de hanseníase: Rio de Janeiro de 2001 a 2012. **Ciência & saúde Coletiva**, n.22. v.5, p.1695-1704, jan. 2017.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito Ambiental**. 3. ed. rev. atual. São Paulo: Atlas, 2014.

HUPFFER, H. M.; WEYERMULLER, A. R.; WACLAWOVSKY, W. G. Uma análise sistêmica do princípio do protetor - receptor na institucionalização de programas de compensação por serviços ambientais. **Ambiente & sociedade**, São Paulo, v.14, n.1, jan./ jun. 2011.

IBGE. **Cidades**. Disponível em <<https://cidade.ibge.gov.br/brasil/mg/varginha/panorama>> Acesso em: 30nov2018.

INPE. **Topodata**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/topodata/>> Acesso em: 27nov2018.

KAWASHIMA, R. S., GIANNOTTI, M. A., ALMEIDA, C. M., QUINTANILHA, J. A. Modelagem Dinâmica Espacial Como Ferramenta Para Simulação de Cenários da Paisagem na Região Portuária da Baixada Santista. **Boletim ciência geodésicas**, Curitiba, v. 22, n.4, p.703 - 718, out – dez., 2016.

LIMA W. P. **Impacto ambiental do eucalipto**. São Paulo, EDUSP, 302p, 1993.

LIMA, W. de P. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas**. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Departamento de Ciências Florestais, 2ª ed. 253p, 2008.

MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. 19. ed. rev. atual. e ampl. São Paulo: Malheiros Editores, 2011.

MARTINS, E. S. F.; SOUSA FILHO, P. W. M.; COSTA, F.R.; ALVES, P. J.O. Extração automatizada e caracterização da rede de drenagem e das bacias hidrográficas do nordeste do Pará ao noroeste do Maranhão a partir de imagens SRTM. *In*: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais** [...] Florianópolis, Brasil, INPE, p. 6827-6834, abril 2007.

MONTAÑO, M.; SOUZA, M.P. Integração entre planejamento do uso do solo e de recursos hídricos: a disponibilidade hídrica como critério para a localização de empreendimentos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Uberlândia, v.21 n.3. jul/set., 2016.

MORAES.E.C. Fundamentos de Sensoriamento Remoto. **INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais**. São José dos Campos. 2002

MINAS GERAIS. Lei 13.199, de 29 de janeiro de 1999. **Que institui a política estadual de recursos hídricos no estado de Minas Gerais e dá outras providências**. Disponível em: <<http://www.siam.mg.gov.br/113199.htm>>. Acesso em: 2abr2017.

MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Instituto Mineiro de Gestão das Águas. **Manual técnico e administrativo de outorga de direito de uso de recursos hídricos no estado de Minas Gerais**. Belo Horizonte, 227 p. 2010.

MINAS GERAIS. **Glossário de termos relacionados à gestão de recursos hídricos**. Publicação específica para a I oficina do sistema estadual de informações sobre recursos hídricos. Belo Horizonte. 2008.

MIRANDA, R.A.C., OLIVEIRA, M.V.S., SILVA, D.F.S. **Ciclo Hidrológico Planetário: Abordagens e Conceitos**. Rio de Janeiro. GeoUERJ - Ano 12, v.1, n.21. 2010.

NARDINI, R.C.; POLLO, R.A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z.X.; CARDOSO, L.G.; GOMES, L.N. Análise Morfométrica e Simulação das Áreas de Preservação Permanente de uma Microbacia Hidrográfica. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 687-699, out/dez. 2013

NASA. **Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em: <<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/index.html>>. Acesso em: 27nov2018.

NOWATZKI, A.; CORDEIRO SANTOS, L.J.; VEDOR DE PAULA, E. Utilização do SIG na Delimitação das Áreas de Preservação Permanentes Na Bacia do Rio Sagrado (Morretes/PR). **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, n. 22, v1, p.107-120, abr. 2010.

O CICLO HIDROLÓGICO. Disponível em: http://www.manejodesoloegua.ufba.br/welcome_arquivos/AulasPg/3Ciclo%20Hidrologico.pdf . Acesso em Jul. 2018.

OLIVEIRA, A.S.; SILVA, A.M.; MELLO, C.R., ALVES, G.J. Stream Flow Regime Of Springs In The Mantiqueira Mountain Range Region, Minas Gerais State. **CERNE**. Lavras, v. 20, n. 3, p. 343-349. 2014.

OLIVIERI, F.L. Os Celtas e os Cultos das Águas: Crenças e Rituais. **Brathair Journal**, Maranhão, v.6 n.2, p.79-88, 2006.

RAYMUNDI, V.M. de O.; SOUZA, C.A.; CUNHA, S.B. Tipologias Do Canal Na Bacia Hidrográfica Do Córrego Junco: Estudo Resultante Do Uso E Ocupação. **Revista Equador**. Teresina, vol. 7, n 1, p. 242-258, jan/abr. 2018.

REBOUÇAS, A. C.; BRAGA, B.; TUNDISI, J. G. Águas doces no Brasil - capital ecológico, uso e conservação. 2 ed. São Paulo: **Escrituras Editora**, 2002

RIBEIRO, A. S.; SOARES, C.A.; PAULO, V.; OLIVEIRA, S.; MARCOS, A.; GLERIANI, M. O desafio da delimitação de áreas de preservação permanente. **Revista Árvore**, Viçosa, v.29, n.2, p.203-2012, mar/abr. 2005.

ROOS, A.; BECKER, E.L.S. Educação Ambiental e Sustentabilidade. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**. Santa Maria. v.5, n.5, p.857-866. 2012.

SANTOS, D. S.; SPAROVEK, G. Retenção de Sedimentos Removidos de Área de Lavoura pela Mata Ciliar. Goiatuba. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, p.1811-1818. 2011

SILVA, M.S; BUENO, I.T; ACERBI JÚNIOR, F.W; BORGES, L.A.C; CALEGÁRIO, N. Avaliação da cobertura do solo como indicador de gestão de recursos hídricos: um caso de estudo na sub-bacia do Córrego dos Bois, Minas Gerais. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Uberlândia, v.22 n.3, p. 445-452, maio/jun., 2017.

SILVA JUNIOR, J. F.; SIQUEIRA, D. S.; MARQUES JÚNIOR, J., PEREIRA, G. T. Classificação numérica e modelo digital de elevação na caracterização espacial de atributos dos solos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola & Ambiental**. Joao Pessoa Pb: Universidade Federal da Paraíba (UFPB), v. 16, n. 4, p. 415-424, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/3782>>.

SOBRINHO, T. A.; OLIVEIRA, P.T.S.; RODRIGUES. D.B.B.; AYRES, F.M. Delimitação Automática de Bacias Hidrográficas Utilizando Dados SRTM. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.30, n.1, p.46-57, jan./fev. 2010.

SCHÄFFER, W. B; PROCHNOW, M. A Mata Atlântica e Você. Como preservar, recuperar e se beneficiar da mais ameaçada floresta brasileira. **Apremavi**. Brasília. 2002.

SCHÄFFER, W. B.; ROSA, M.R.; AQUINO, L. C. S.; MEDEIROS, J. D. **Áreas de preservação permanente e unidades de conservação & áreas de risco. o que uma coisa tem a ver com a outra?** Relatório de Inspeção da área atingida pela tragédia das chuvas na Região Serrana do Rio de Janeiro. Brasília. MMA. 2011.

SOUZA, M.M.; GASTALDINI, M.C.C. Avaliação da qualidade da água em bacias hidrográficas com diferentes impactos antrópicos. **Engenharia Sanitária Ambiental**, Uberlândia , v.19 n.3, p. 263-274, jul/set., 2014.

STARZYNSKI, R.; SIMÕES, S. J. Avaliação quantitativa do uso dos recursos hídricos em unidade de conservação: Estudo de caso do Parque Estadual Serra do Mar. São Paulo, **Sociedade & natureza**, Uberlândia, v.27, n. 2, p. 327-340, mai/ago. 2015.

TAMBOSI, L.R.; VIDAL, M.M.; FERRAZ, S.F.B; METZGER, J.P. Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. **Estudos Avançados**. São Paulo (SP). v.29, n.84. mai/ago. 2015.

Tucci, C.E.M.; BELTRAME, L.F. **Infiltração e armazenamento no solo: In: Tucci, C.E.M. Hidrologia: ciência e aplicação**, 2ª Ed., Porto Alegre. Rio Grande do Sul (RS). Editora Universidade, p.335-372, 2000.

TUCCI, C. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: Ed.Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

TUCCI, C.E.M.; BELTRAME, L.F. Infiltração e armazenamento no solo: In: TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**, 2. ed., Porto Alegre. Rio Grande do Sul (RS). Editora Universidade (UFRGS), p.335-372. 2009.

WOLKMER, M. F. S.; PIMMEL, N. F. Política Nacional de Recursos Hídricos: governança da água e cidadania ambiental. **Sequência**, Florianópolis, n. 67, p.165-198, dez. 2013.

UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY - USGS. **Shuttle Radar Topography Mission**. Disponível em: <<http://srtm.usgs.gov/>>. Acesso em: 27 nov 2018.

VASCONCELOS, V.V.; MARTINS JUNIOR, P.P.; HADAD, R.M.;
KOONTANAKULVONG, S. Recarga de Aquíferos: Epistemologia e Interdisciplinaridade.
Interthesis, Florianópolis (SC). v.10, n.02, set. 2013.