

TULIO MENEZES ARAÚJO

**CARACTERIZAÇÃO HIDROAMBIENTAL DE UMA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO SÃO MATEUS, NO VALE DO
MUCURI, MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

A663c
2018 Araújo, Tulio Menezes, 1992-
Caracterização hidroambiental de uma microbacia
hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, no Vale do Mucuri,
Minas Gerais / Tulio Menezes Araújo. – Viçosa, MG, 2018.
xiv, 105f. : il. ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Recursos naturais - Conservação. 2. Hidrologia. 3. Bacias
hidrográficas - Manejo. I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Engenharia Florestal. Programa de
Pós-Graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDO adapt CDD 22. ed. 634.9116

TULIO MENEZES ARAÚJO

**CARACTERIZAÇÃO HIDROAMBIENTAL DE UMA MICROBACIA
HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO SÃO MATEUS, NO VALE DO
MUCURI, MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

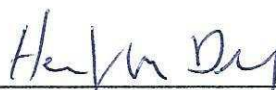
APROVADA: 28 de fevereiro de 2018.



Kelly Cristina Tonello



Julieta Bramorski



Herly Carlos Teixeira Dias
(Orientador)

A Deus.

Aos meus pais, Tarcísio e Eunice.

À minha tia Tânia.

Aos meus irmãos, Tassius e Thaís.

Aos meus sobrinhos, Bernardo e Benício.

À minha noiva, Rinária.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido a vida e permitido que eu chegasse até aqui;

Aos meus pais Tarcísio e Eunice, e a minha tia Tania, meus alicerces, que sempre me dedicaram amor, carinho, e segurança;

Aos meus irmãos Tassius e Thaís, pela cumplicidade e parceria;

À minha noiva Rinária, pelo apoio e compreensão, me incentivando a seguir minha caminhada;

Aos meus tios e primos, pelos momentos de alegria aos quais me proporcionam, me motivando nos meus objetivos;

Ao Professor Herly Carlos Teixeira Dias, pela orientação e condicionamento para que eu realizasse este trabalho;

Aos colegas do Laboratório de Hidrologia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, pela permuta de conhecimentos;

Ao Grupo de Extensão e Pesquisa em Agricultura familiar (GEPAF/UFVJM - Campus Teófilo Otoni), em especial ao Ricardo, Kátia e Leonel, pela parceria na realização desta pesquisa;

Ao Sr. Domingos e a Dona Elenice, pela incomparável recepção a nossa chegada à sua propriedade para realizarmos o estudo, e pelo interesse e acompanhamento contínuo das mesmas;

Ao Laboratório de Geoprocessamento do Departamento de Engenharia Florestal e aos colegas da pós-graduação Pedro Mota e Samuel José, pelo auxílio com a execução dos mapas;

À Secretaria da Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa;

Ao Professor Hélio Garcia Leite, pelas orientações em estatística;

À Universidade Federal de Viçosa, instituição ao qual me proporcionou aquisição de conhecimentos desde a graduação;

Ao CNPq e à Fapemig, pelo apoio financeiro, permitindo a execução completa deste trabalho;

A todos que, de alguma forma, me ajudaram na conclusão de mais esta etapa de minha vida.

BIOGRAFIA

Tulio Menezes Araújo, filho de Maria Eunice Menezes Araújo e Tarcísio Antônio de Araújo, nasceu em 30 de dezembro de 1992, no município de Ipatinga, Minas Gerais.

Concluiu o Ensino Fundamental em 2006, no Colégio São Francisco Xavier, e o Ensino Médio em 2009, no mesmo colégio, em Ipatinga.

Iniciou o curso de Engenharia Florestal em 2010, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, concluindo-o em Dezembro de 2015.

Durante a graduação, teve a oportunidade de realizar trabalhos na área de Tecnologia da Madeira, Manejo Florestal, e Hidrologia Florestal.

Seguiu o caminho da Hidrologia Florestal e Manejo de Bacias Hidrográficas, iniciando o curso de Mestrado em Ciência Florestal em março de 2016, pela mesma universidade, concluindo-o em fevereiro de 2018.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE QUADROS	x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUÇÃO GERAL	1
CAPÍTULO 1. ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NUMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO SÃO MATEUS, VALE DO MUCURI, MINAS GERAIS	8
RESUMO	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 O ciclo hidrológico	11
2.2 Bacias hidrográficas	12
2.3 Precipitação Atmosférica	14
2.4 Formas de Precipitação	15
2.5 Tipos de Precipitação	16
2.5.1 Precipitações ciclônicas	16
2.5.2 Precipitações orográficas	16
2.5.3 Precipitações convectivas	17
2.6 Medição da Precipitação	17
2.6.1 Pluviômetro	17
2.6.2 Pluviógrafo	18
2.6.3 Estação meteorológica	19
2.6.4 Grandezas utilizadas na medição da precipitação	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1 Caracterização da área de estudo	21
3.2 Monitoramentos dos dados pluviométricos	22
3.3 Comparação com as normais climatológicas	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5 CONCLUSÕES	36
6 REFERÊNCIAS	37

CAPÍTULO 2. CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E HIDROAMBIENTAL DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO SÃO MATEUS, NO VALE DO MUCURI, MINAS GERAIS	41
RESUMO	41
1 INTRODUÇÃO	43
2 REFERENCIAL TEÓRICO	46
2.1 Sistemas de Informações Geográficas	46
2.2 Morfometria de bacias hidrográficas	47
2.3 Compactação do solo	48
2.4 Mata ciliar	49
2.5 Vazão em bacias hidrográficas	49
3 MATERIAL E MÉTODOS	51
3.1 Caracterização da área de estudo	51
3.2 Delimitação da microbacia hidrográfica e mapa de uso/cobertura do solo	51
3.3 Morfometria da micro-bacia hidrográfica	53
3.3.1 Área e perímetro da microbacia	53
3.3.2 Fator de Forma	54
3.3.3 Coeficiente de Compacidade (Kc)	54
3.3.4 Índice de Circularidade (IC)	55
3.3.5 Índice de sinuosidade do curso d'água principal (Is)	56
3.3.6 Declividade e altitude	56
3.3.7 Ordem	57
3.3.8 Densidade de drenagem (Dd)	57
3.3.9 Orientação da bacia	58
3.4 Resistência mecânica do solo à penetração	58
3.5 Vazão da nascente da microbacia em estudo	60
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1 Morfometria e uso/cobertura do solo da microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus	65
4.2 Resistência mecânica do solo à penetração	78
4.3 Vazão da nascente da microbacia em estudo	84
5 CONCLUSÕES	91
6 REFERÊNCIAS	92
CONCLUSÕES GERAIS	103
ANEXO	104

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Pluviômetro- Modelo “*Ville de Paris*” (Fonte: Clima e Ambiente: Soluções Meteorológicas)..... 18
- Figura 2.** Estrutura fundamental de um pluviógrafo de sifonamento. 1 = abertura cilíndrica; 2 = bóia; 3 = sifão; 4 = recipiente coletor; 5 = funil de segurança; 6 = torneira; 7 = diagrama e mecanismo de relojoaria; 8 = corpo com porta (Fonte: LIMA, 2008). 19
- Figura 3.** Estação meteorológica *Davis Vantage Pro-2* (Fonte: Clima e Ambiente Soluções Meteorológicas). 20
- Figura 4.** Região da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus que está localizada no estado de Minas Gerais, evidenciando a sub-bacia, onde está inserida a microbacia em estudo. 21
- Figura 5.** Estação meteorológica *Davis Vantage Pro-2* utilizada na captação dos dados de chuva na microbacia em estudo..... 23
- Figura 6.** Console da estação *Davis Vantage Pro-2*..... 23
- Figura 7.** Gráfico da distribuição pluviométrica mensal constatada durante o ano de 2017, com a precipitação das normais climatológicas. 30
- Figura 8.** Fotos da região onde está inserida a microbacia hidrográfica da bacia do rio São Mateus mostrando a intensa presença de pastos degradados, com falhas de cobertura vegetal. 32
- Figura 9.** Fotos da região onde está inserida a microbacia hidrográfica da bacia do rio São Mateus evidenciando a comum presença de morros sem cobertura vegetal, com evidentes sinais de erosão. 34

CAPÍTULO 2

- Figura 10.** Equipamento Solo *Track Falker* e realização da resistência mecânica do solo à penetração..... 59
- Figura 11.** Realização da coleta de amostra de solo de pastagem e solo exposto, respectivamente, para análise..... 60
- Figura 12.** Vertedouro instalado a jusante da nascente na microbacia da bacia do Rio São Mateus, Itambacuri-MG, com calha tipo “H”..... 61

Figura 13. Medidores automatizados de nível de fluidos <i>barologger</i> e <i>levelogger</i> utilizados neste trabalho.....	62
Figura 14. Cabo de transferência dos dados do <i>levelogger</i> e <i>barologger</i> para o computador.....	63
Figura 15. Barragem construída com a terra do local para medição pelo método volumétrico da vazão da nascente da microbacia da bacia do Rio São Mateus, MG.	64
Figura 16. Microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, em Itambacuri, MG (2018), com sua área representada em 6 classes de declividade, propostas pela Embrapa (1979).....	69
Figura 17. Microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, com sua área separada em classes de altitude, Itambacuri, MG, 2018.	71
Figura 18. Mapa de uso do solo da microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, Itambacuri-MG, 2018.....	73
Figura 19. (A) Pastagem degradada, com falhas na cobertura do solo e (B) solo exposto na microbacia da bacia do rio São Mateus, Itambacuri-MG, 2017.....	74
Figura 20. Uso e cobertura do solo da microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, evidenciando a área que deveria ser destinada a APP de mata ciliar, Itambacuri, MG, 2018.	77
Figura 21. Microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, Itambacuri, MG, 2018, retratando os pontos onde foram medidos a resistência mecânica do solo a penetração.	79
Figura 22. Gráficos de profundidade do solo (cm) x força (kPa) de resistência mecânica do solo à penetração dos pontos amostrados 1 ao 6.....	81
Figura 23. Gráficos de profundidade do solo (cm) x força (kPa) de resistência mecânica do solo à penetração dos pontos de medição 7, 8 e 9.....	82
Figura 24. Imagem mostrando a calha “H” sem vazão ainda no mês de agosto de 2017.	87
Figura 25. Precipitação mensal do ano de 2017 na microbacia hidrográfica estudada, e a vazão da nascente no mesmo ano.....	89

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1

- Quadro 1.** Dados de precipitação mensal em 2017 da microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus, em Itambacuri-MG, juntamente com a frequência de dias de chuva por mês, a precipitação mínima correspondente ao dia que menos choveu no mês, e a máxima, que corresponde ao dia que mais choveu no mês, além das normais climatológicas de 1961 a 1990.....28
- Quadro 2.** Valores da média de precipitação (\bar{X}), das variâncias (σ^2) e dos desvios-padrão para os dados de precipitação em 2017 (P_p 2017) e para os da Normal Climatológica de 1961-1990 (P_p NC)..... 31
- Quadro 3.** Valores do t calculado pela fórmula do t_{obs} , do graus de liberdade v e do p-valor para inferência do teste t.31

CAPÍTULO 2

- Quadro 4.** Índices morfométricos calculados para a microbacia em estudo.....53
- Quadro 5.** Classificação da declividade de acordo com a Embrapa (1979).57
- Quadro 6.** Valores encontrados para os índices morfométricos calculados.66
- Quadro 7.** Área das classes de uso do solo e sua percentagem na área total da microbacia da bacia do Rio São Mateus Itambacuri, MG, 2018.73
- Quadro 8.** Percentagem de área das classes de uso/cobertura do solo em APP de mata ciliar, na microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, Itambacuri, MG, 2018.77
- Quadro 9.** Vazão (Q) em litros por segundo (L/s) medida pelo método volumétrico no ano de 2017.86

RESUMO

ARAÚJO, Tulio Menezes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Caracterização hidroambiental de uma microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, no Vale do Mucuri, Minas Gerais.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

A utilização dos recursos naturais sempre tem gerado muitas discussões quando levantada a questão da conservação da natureza, incluindo o uso racional da água e do solo. Problemas associados ao aumento da população e o conseqüente incremento da demanda de água na região noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus, região do Vale do Mucuri, MG, fez com que fosse decretada uma situação de calamidade pública devido à escassez de água. Sabendo que as características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica exercem importante papel nos processos do ciclo hidrológico, este trabalho tem como objetivos: monitorar a precipitação pluviométrica durante o ano de 2017 de uma microbacia da bacia hidrográfica do Rio São Mateus, no município de Itambacuri, Minas Gerais; caracterizar morfometricamente a bacia hidrográfica; realizar uma análise hidrológica em torno das condições ambientais da microbacia, relacionando-as à precipitação e aos parâmetros morfométricos em estudados, além de dados de resistência mecânica do solo. O presente trabalho foi dividido em dois capítulos. O primeiro dedicou-se ao estudo da precipitação na microbacia, através de uma estação meteorológica, relacionando-a aos dados da Normal Climatológica de 1961-1990. O segundo capítulo incorporou a caracterização morfométrica da microbacia e aquisição de dados de vazão da nascente e de resistência mecânica do solo no ano de 2017. Concluiu-se que o regime pluviométrico da região da microbacia durante o ano de 2017 condiz com o histórico de chuva do município, não havendo diferença estatística entre as médias de precipitação em 2017 e da normal climatológica. Pelos índices morfométricos, viu-se que a microbacia estudada apresenta formato circular, sendo propensa a ocorrência de enchentes em sua área de drenagem. A pastagem é a classe de uso do solo que mais ocorre na microbacia, ocupando quase 56% de sua área. Já a floresta não chega a 30%, e solo exposto corresponde a 15% da área.

Os pontos onde foram medidos a resistência mecânica do solo à penetração na microbacia estudada apresentaram altos valores de resistência, remetendo a uma maior compactação do solo, fato tal observado principalmente no solo exposto. Os valores de vazão da nascente se apresentaram relativamente baixos, onde o maior foi no mês de Janeiro. Contudo, ela apresentou relação direta com a precipitação em 2017. Diante do exposto, foi possível perceber que a falta de chuva pode estar relacionada com o mau uso da terra na região, onde é comum encontrar pastos altamente degradados, solos compactados e terço superior de morro sem cobertura vegetal, características tais que desfavorecem a infiltração de água da chuva no solo, prejudicando a recarga das nascentes e desregulando a vazão durante o ano. É notória a necessidade de manejo dessa microbacia, envolvendo a comunidade local, a fim de aumentar sua produção de água, e assim, contornar os problemas de seca constantemente enfrentados na região.

ABSTRACT

ARAÚJO, Tulio Menezes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Hydrological and environmental characterization of the watershed microbasin of the São Mateus River, in the Mucuri Valley, Minas Gerais.** Advisor: Herly Carlos Teixeira Dias.

The use of natural resources has always generated much discussion when the issue of nature conservation, including the rational use of water and soil. Problems associated with population growth and the consequent increase in water demand in the northwest region of the São Mateus river basin, in the Mucuri Valley, led to public calamity due to water scarcity. Knowing that the physical and biotic characteristics of a watershed play an important role in the processes of the hydrological cycle, this work has as objectives: to monitor the rainfall during 2017 of a watershed of the São Mateus River basin in the municipality of Itambacuri, Minas Gerais; characterize the basin morphometrically; to perform a hydrological analysis around the environmental conditions of the microbasin, relating them to the precipitation and the morphometric parameters in the studied, besides data of mechanical resistance of the soil. The present work was divided in two chapters. The first one was devoted to the study of the precipitation in the microbasin, through a meteorological station, relating it to the data of the Normal Climatological of 1961-1990. The second chapter incorporated the morphometric characterization of the microbasin and acquisition of flow rate water and of soil mechanical resistance in 2017. It was concluded that the pluviometric regime of the municipality during the year 2017 matches with the rainfall history of the region, and there is no statistical difference between the average of precipitation of 2017 and the climatological normal. With to the morphometric indices acquired, it was observed that the studied microbasin presents a circular shape, being prone to the occurrence of floods in its drainage area. Pasture is the class of soil use that occurs most in the microbasin, occupying almost 56% of its area. The forest does not reach 30%, and exposed soil corresponds to 15% of the area. The points where mechanical soil resistance to panning microbasin were measured showed high values of resistance, referring to a greater soil compaction, a fact observed mainly in the exposed soil. The values of flow from the of spring water were relatively

low, where the largest was in the month of January. However, the water flow rate has directly relation to precipitation in 2017. With the exposed above, it can be seen that the lack of rainfall may be related to land misuse in the region, where it is common to find highly degraded pastures, compacted soils and upper third of hill without vegetation cover, characteristics such that they do not favor the infiltration of rainwater in the soil, damaging the recharge of the spring water and deregulating the flow during the year. There is a clear need to manage this microbasin, involving the local community in order to increase its water production, and thus, to overcome the drought problems constantly faced by the region.

INTRODUÇÃO GERAL

A preservação da natureza, incluindo a conservação do solo e da água, e a utilização de recursos naturais pelo homem sempre apresentaram uma relação muito conflitante. A água, componente fundamental da natureza, por impulsionar todos os ciclos, sustentar a vida, e ser o solvente universal (Tundisi, 2003), tem se apresentado escassa em vários locais do país, tornando essa questão da exploração dos recursos naturais ainda mais preocupante.

Segundo Tundisi (2003), se a drenagem de água tivesse distribuição igual em todos os continentes, cada uma das pessoas do planeta teria disponíveis 8 mil m³ de água por ano. Porém, a distribuição de água no planeta é desigual, havendo problemas de disponibilidade nos continentes, países e regiões. Esta distribuição também não é regular durante o ano em muitas regiões, o que causa desequilíbrio e desencadeia medidas diversificadas de gerenciamento para enfrentar a escassez ou o excesso de água.

O estudo da água em todas as suas formas, sobre e sob a superfície terrestre, incluindo sua produção, distribuição, circulação, comportamento, propriedades físicas e químicas, e suas reações com o meio, recebe o nome de hidrologia. A hidrologia florestal já trata das relações floresta-água, compreendendo o ramo que estuda os efeitos da floresta sobre o ciclo da água, incluindo os efeitos sobre a erosão e a qualidade da água nas bacias hidrográficas (LIMA, 2008).

Bacia hidrográfica é definida como um conjunto de terras drenadas por um rio e seus afluentes, formada nas regiões mais altas do relevo por divisores de água, onde as águas das chuvas ou escoam superficialmente formando os riachos e rios, ou infiltram no solo para formação de nascentes e do lençol freático (BARRELLA, 2001). Portanto, segundo Lima (2008), uma bacia hidrográfica compreende toda a área de captação natural da água da chuva que proporciona escoamento superficial para o canal principal e seus tributários, tendo como limite superior o divisor topográfico (divisor de águas), e como delimitação inferior a saída da bacia, chamada de confluência ou exutório.

Microbacia hidrográfica é um termo usado para se referir a uma subdivisão da área de drenagem de uma bacia hidrográfica maior a qual pertence, confundindo-se então com o termo sub-bacia. Ambos, embora difundidos em nível nacional, são termos

que se constituem como uma denominação empírica do conceito de bacias (SANTANA, 2003). Segundo Attanasio (2004), a microbacia hidrográfica é a unidade básica de planejamento para a compatibilização da preservação dos recursos e da produção agropecuária. As microbacias possuem características ecológicas, geomorfológicas e sociais integradoras, que possibilitam uma abordagem participativa envolvendo estudos interdisciplinares para o estabelecimento de formas de desenvolvimento sustentável inerentes ao local ou região onde foram implementadas.

As microbacias têm como características distintas uma grande sensibilidade tanto às chuvas de alta intensidade (curta duração), como também ao fator uso do solo (cobertura vegetal). Assim, as alterações na quantidade e qualidade da água do deflúvio, em função de chuvas intensas e ou em função de mudanças no solo, são detectadas com mais sensibilidade nas microbacias do que nas grandes bacias (LIMA & ZAKIA, 2000). Outro conceito importante atribuído a microbacias é o ecológico, que considera a menor unidade do ecossistema onde pode ser observada restrita relação de interdependência entre os fatores bióticos e abióticos. Esse conceito visa à identificação e o monitoramento de forma orientada dos impactos ambientais (MOSCA, 2003).

Segundo Ranzini (1990), as bacias hidrográficas constituem ecossistemas adequados para avaliação dos impactos causados pela atividade antrópica, que podem acarretar sérios riscos ao equilíbrio e à manutenção da quantidade e qualidade da água. Nas bacias hidrográficas, a vegetação sobre o solo, por exemplo, é essencial na sua proteção contra a erosão, lixiviação excessiva e sedimentação, além de manter uma boa qualidade da água para o abastecimento. A constante retirada da cobertura vegetal, a atividade agrícola intensa, a urbanização desenfreada em solos frágeis provocam uma crescente poluição e contaminação ambiental (BIANCHI, 2012).

Assim sendo, as bacias hidrográficas se constituem em unidades naturais para a análise de ecossistemas, apresentando características próprias, as quais permitem utilizá-las para testar os efeitos do uso da terra nos ecossistemas (CASTRO, 1980). Além do mais, a gestão dos recursos hídricos em uma bacia hidrográfica proporciona subsídios para o conhecimento dos sistemas hídricos, oferecendo informações para o uso adequado da água e a promoção de menores impactos ao meio ambiente (MACHADO, 2000). Segundo Ferreira (2016), essa gestão deve ser participativa, para garantir a interação de opiniões baseadas em políticas, leis e estratégias administrativas

na perspectiva de uma gestão integrada, ao qual induza planos e metas para planejamentos no uso sustentável dos recursos hídricos, envolvendo então, toda comunidade local.

As atividades desenvolvidas no interior das bacias hidrográficas, principalmente nas áreas de contribuição de nascentes, exercem grande influência sobre a quantidade e qualidade da água. Desta forma, as bacias constituem como importantes unidades de planejamento para o uso e exploração de recursos naturais, pois seus limites são fixos imutáveis, o que facilita o acompanhamento das alterações naturais ou antrópicas (TONELLO, 2005).

O manejo de bacias hidrográficas é definido, segundo Brooks *et al.* (1991) citado por Lima (2008), como o “processo de organizar e orientar o uso da terra e de outros recursos naturais numa bacia hidrográfica, a fim de produzir bens e serviços, sem destruir ou afetar adversamente o solo e a água”. Compreende administração dos recursos naturais de uma área de drenagem, primariamente voltado para a produção e proteção da água, incluindo práticas de conservação e uso adequado do solo (LIMA, 2008).

Segundo a Proposta de Instituição do Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus (2008), a bacia, localizada no estado de Minas Gerais, apresenta como principal causa de sua degradação o desmatamento indiscriminado, tanto nas cabeceiras como na região dos tabuleiros costeiros. Além disso, há ausência quase absoluta de práticas conservacionistas na implantação e manutenção das áreas de cultivo na região, e boa parte da bacia não possui cobertura vegetal, o que aumenta a velocidade de assoreamento dos rios, e com o recebimento de esgotos domésticos sem tratamento, a degradação ambiental aumenta a cada dia.

No período de novembro de 2011 a abril de 2012, foi realizado um Diagnóstico Socioecológico em dezenove comunidades rurais do município de Itambacuri, situado no Vale do Mucuri, região nordeste de Minas Gerais, pelo Grupo de Extensão e Pesquisa em Agricultura Familiar (GEPAF/UFVJM-Campus Teófilo Otoni). A situação ambiental do município é de um alto nível de complexidade e com necessidade de intervenção urgente. Ele é caracterizado por muitas áreas desmatadas, escassez de água em diversas comunidades rurais, desertificação e assoreamento dos corpos d'água. O município não tem esgoto tratado e os resíduos sólidos são depositados em lixões. O

poder público encontra-se extremamente fragilizado e sem condições técnicas e financeiras de ação nessa realidade.

Estes problemas associados ao aumento da população e o conseqüente incremento da demanda de água na região noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus, mais precisamente em torno da comunidade Córrego da Areia, situada entre os municípios de Itambacuri e Teófilo Otoni, MG, fez com que fosse decretada uma situação de calamidade pública no ano de 2013, devido à escassez de água.

No município de Itambacuri, houve um crescimento populacional de 7,62% do ano de 1991 ao ano de 2010, ao qual a população passou de 21.195 habitantes para 22.809 (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2017). De 2016 a 2031, estima-se que a população do município ainda cresça aproximadamente 5%, chegando a 24.788 habitantes (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ITAMBACURI - MG, 2016).

O prestador do serviço de água em Itambacuri é o Serviço Autônomo de Água e Esgoto (SAAE), ao qual o serviço possui um índice de atendimento de água tratada de 73,72% da população municipal. Ou seja, de um total de 23.585 habitantes no ano 2015, apenas 17.387 recebiam água potável em seus domicílios (Plano Municipal de Saneamento Básico do Município de Itambacuri - MG, 2016). Ainda segundo o plano de saneamento municipal, nas operações para o fornecimento de água em 2014, a cidade apresentou índice de 25% de perdas por distribuição, superior à média regional de 22,5%. Além disso, a área do município não apresenta uma drenagem capaz de escoar as águas pluviais (escoamento superficial), gerando uma série de transtornos, tais como alagamentos, enxurradas, carga de sedimentos, doenças, entre outros (PMSB do Município de Itambacuri - MG, 2016).

Neste trabalho, foi utilizada como área de estudo uma microbacia hidrográfica localizada na comunidade Córrego de Areia, em Itambacuri, MG. A maioria da extensão territorial do município é drenada pela bacia hidrográfica do Rio Suaçuí, pertencente a grande bacia do Rio Doce. Porém, a microbacia em estudo está compreendida na zona rural do município, na região de cabeceira da grande bacia do Rio São Mateus, ao qual também sofreu problemas com a escassez de água.

Visto que a recarga de uma bacia hidrográfica depende das condições físicas e do ambiente que circundam a bacia, o trabalho tem por objetivo geral a caracterização

hidroambiental de uma microbacia hidrográfica da bacia do rio São Mateus, no vale do Mucuri, Minas Gerais. Ele foi separado em dois capítulos: o primeiro é dedicado apenas ao estudo da precipitação pluviométrica na microbacia; e o segundo apresenta uma caracterização física do local, assim como da condição atual do solo, da vazão da nascente, e o que isso reflete na produção de água.

Para tanto, o trabalho conta com os seguintes objetivos específicos:

- Monitorar a precipitação pluviométrica na microbacia hidrográfica;
- Elaborar o mapeamento e caracterizar morfometricamente a microbacia hidrográfica em estudo;
- Realizar uma análise em torno das condições hidroambientais da microbacia, relacionando-as à precipitação e aos parâmetros morfométricos, assim como as características do solo.

REFERÊNCIAS

- ATTANASIO, C.M. **Plano de manejo integrado de microbacias hidrográficas com uso agrícola: uma abordagem hidrológica na busca da sustentabilidade**. Tese de Doutorado, ESALQ, Piracicaba. 2004. 193p.
- BARRELLA, W. et al. As relações entre as matas ciliares os rios e os peixes. In: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO; H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2001.
- BIANCHI, R. C. **Análise hidrológica do escoamento superficial da bacia hidrográfica do rio Canguiri, região metropolitana de Curitiba, PR**. Dissertação (Mestrado), 2012. 122 f.: il.
- CASTRO, P. S. **Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas na região de Viçosa, MG**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) ESALQ, Piracicaba, SP, 1980. 107 p.
- FERREIRA, C. C. **Proposta de zoneamento ambiental das paisagens para o alto curso da bacia hidrográfica do Rio Sucuriú, Mato Grosso Do Sul-Brasil**. Tese (Doutorado). Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Presidente Prudente, Presidente Prudente, SP. 2016. 211f.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Infográficos: evolução populacional e pirâmide etária**. 2016. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/painel/populacao.php?lang=&codmun=313270&search=minas-gerais|itambacuri>>. Acesso em: 20 fev 2018.
- LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. USP-ESALQ. Departamento de Ciências Florestais. Piracicaba – SP. 245p. 2008.
- LIMA, W. P.; ZAKIA M. J. B. Hidrologia de matas ciliares. In: RODRIGUES, R .R.; LEITÃO FILHO, H.F. (Ed.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. 2.ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. p.33-43.
- MACHADO, P. A. L. **Direito Ambiental Brasileiro**. São Paulo: Malheiros, 2000.
- MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental de manejo de florestas plantadas**. 2003. 96p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luis de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

OLERIANO, E. S.; DIAS, H. C. T. A dinâmica da água em microbacias hidrográficas reflorestadas com eucalipto. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO. **Anais...** Taubaté, Brasil: IPABHi, 07-09 novembro 2007. p. 215-222.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ITAMBACURI - MG. Disponível em: <<http://pmsbfunec.com.br/Produtos/Suacui/Itambacuri/P8.pdf>>. Acesso em: 20 fev 2018.

PROPOSTA DE INSTITUIÇÃO DO COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS (SM1). 2008. Disponível em: <[file:///C:/Users/ACER/Downloads/10._Dossie_da_proposta_da_CBH_Sao_Mateus%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ACER/Downloads/10._Dossie_da_proposta_da_CBH_Sao_Mateus%20(2).pdf)>. Acesso em 15 mar 2016.

RANZINI, M. **Balço hídrico, ciclagem geoquímica de nutrientes e perdas de solo em duas microbacias reflorestadas com *Eucalyptus saligna* Smith, no vale do Paraíba, SP.** Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). ESALQ/USP, Piracicaba – SP, 1990. 99 p.

SANTANA, D. P. **Manejo Integrado de Bacias Hidrográficas.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2003. 63p.

TEODORO, V. L. I.; TEXEIRA, D.; COSTA, D. J. L.; FULLER, B. B. O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20, p. 137-156, 2007.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeiras das Pombas, Gunhães, MG.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2005. 69 f.

TUNDISI, José Galizia. Ciclo Hidrológico e Gerenciamento Integrado. **Ciência e Cultura**. ISSN 2317-6660. São Paulo, v. 55, n. 4, out/dez 2003.

CAPÍTULO 1

ESTUDO DA PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA NUMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO SÃO MATEUS, VALE DO MUCURI, MINAS GERAIS

RESUMO

ARAÚJO, Tulio Menezes. M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Estudo da precipitação pluviométrica numa microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, Vale do Mucuri, Minas Gerais.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

A água, componente fundamental da dinâmica da natureza, tem se apresentado escassa em vários locais do país, inclusive no município de Itambacuri, MG, tornando essa questão da exploração dos recursos naturais ainda mais preocupante. Os objetivos do trabalho foram medir a precipitação pluviométrica numa microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus, localizada em Itambacuri-MG, no Vale do Mucuri, nos meses de janeiro a dezembro de 2017; e comparar estes dados com a precipitação acumulada mensal da normal climatológica do município. Utilizou-se para tanto, a estação meteorológica *Davis Vantage Pro2*, para coleta da chuva, e dados de precipitação da Normal Climatológica de 1961-1990 do município, disponibilizados pelo INMET. Foi constatado que o mês mais chuvoso de 2017 foi dezembro, acordando com os dados da normal climatológica, onde a média de precipitação mensal entre elas não tiveram diferenças em termos estatísticos. Portanto, concluiu-se que o regime pluviométrico do município durante o ano de 2017 condiz com o histórico de chuva da região, o que permite dizer que não é a falta de chuva que está acarretando a escassez de água. Ela pode estar relacionada com o mau uso da terra, onde é comum encontrar pastos altamente degradados, além de solos compactados e topos de morro sem cobertura vegetal na área de drenagem da microbacia. Tais características desfavorecem a infiltração de água da chuva no solo, prejudicando a recarga das nascentes e a produção de água na microbacia. É notório que a microbacia estudada necessita de um plano de manejo, ao qual deva envolver a comunidade local, onde se conduza técnicas de uso correto do solo e de preservação da cobertura vegetal da área de contribuição da microbacia, a fim de aumentar a taxa de infiltração de água no solo, aumentando a produção de água na microbacia.

Palavras-chave: precipitação em bacias hidrográficas; precipitação e normal climatológica; regime pluviométrico.

1 INTRODUÇÃO

As atividades desenvolvidas no interior das bacias hidrográficas, principalmente nas áreas de contribuição de nascentes, exercem grande influência sobre a quantidade e qualidade da água (TONELLO, 2005). A precipitação pluviométrica é o principal processo responsável pela produção de água, e garantir este mecanismo é o foco para melhorar o abastecimento de água, e além de tudo, trazer melhorias ambientais para o local.

Resende *et al.* (2009) afirma que a água é um recurso natural renovável para qualquer tipo de vida do planeta. É de extrema importância para o funcionamento dos ecossistemas e indispensável para a produção, seja ela agrícola, madeireira, industrial, entre outras. Porém, ela vem sendo explorada indiscriminadamente pelos vários setores da economia, e de forma inconsciente pela população.

A precipitação atmosférica consiste no retorno da água dissolvida na atmosfera para a superfície terrestre na forma líquida (chuva, garoa) ou sólida (neve, granizo). O processo de condensação do vapor d'água na atmosfera que resulta na formação das gotas de chuva ocorre sob condições apropriadas de temperatura, umidade e pressão atmosférica. As chuvas então podem ter origem frontal, quando resultam da movimentação de camadas de massas de ar úmido que se chocam com outras de ar seco; convectivas, quando movimentos de ar produzem movimentos verticais de calor; e orográficas, quando a camada de ar se eleva para transpor uma barreira física, como as serras (GUIMARÃES *et al.*, 2010).

A ausência quase absoluta de práticas conservacionistas na implantação e manutenção das áreas de cultivo na região noroeste da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus, Minas Gerais, mais precisamente em torno da comunidade Córrego da Areia, situada entre os municípios de Itambacuri e Teófilo Otoni, o aumento da população e o conseqüente incremento da demanda de água na região, fez com que fosse decretada uma situação de calamidade pública devido à escassez de água. Assim, vê-se necessário realizar um estudo de precipitação pluviométrica no local e os fatores envolvidos, tais como a morfometria da bacia e a condições hidrológicas e ambientais nas áreas de contribuição de nascentes.

Os objetivos do trabalho neste primeiro capítulo foi caracterizar a precipitação pluviométrica numa microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus, localizada em Itambacuri, Minas Gerais, nos meses de janeiro a dezembro de 2017, a fim de verificar se realmente houve diminuição da precipitação no local, o que seria um dos motivos que justificaria a falta de água na região.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O ciclo hidrológico

Oleriano & Dias (2007) afirmam que o ciclo da água (ou ciclo hidrológico) nada mais é que sua movimentação entre os três grandes reservatórios existentes no planeta: a atmosfera, o oceano, e o continente. Este ciclo é responsável pela renovação da água na Terra. Sua manutenção se dá pela energia proveniente do sol, uma vez que tal energia aumenta as demandas por evaporação da água líquida ou do derretimento da mesma quando em seu estado sólido.

A interdependência e a movimentação contínua da água nas três fases físicas (sólida, líquida e gasosa), acontecem no ciclo hidrológico (MACÊDO, 2009). A fase de maior interesse é a líquida, uma vez que esta forma é fundamental para o uso e para satisfazer as necessidades biológicas do homem, dos animais e vegetais e de todos os outros organismos (TUNDISI, 2003; SPEIDEL *et al.*, 1988).

Os fatores que impulsionam este ciclo são a energia térmica solar, a força dos ventos, que transportam vapor d'água para os continentes, e a força da gravidade, responsável pelos fenômenos da precipitação, da infiltração e do deslocamento das massas de água. Os principais componentes do ciclo hidrológico são a evaporação, a precipitação, a transpiração das plantas e a percolação, infiltração e a drenagem (TUNDISI, 2003).

O aquecimento provocado pela energia solar ao incidir sobre a superfície terrestre faz com que a água em seu estado líquido sofra o processo de evaporação, passando para seu estado gasoso e ficando disponível para a atmosfera. Os organismos vivos também participam do processo, principalmente os vegetais, através da transpiração. A evaporação da água, combinada com a transpiração dos vegetais, é chamada de evapotranspiração. Com a evaporação extremamente alta nos oceanos, tem-se o ajuntamento das moléculas de água, com posterior condensação e precipitação, que é a forma como a água retorna para a superfície terrestre, podendo ser em forma de chuva, neve ou granizo (OLERIANO & DIAS, 2007).

Segundo Barreto *et al.* (2010), do volume total de água existente no planeta, apenas 2,52 % corresponde à água doce, e só uma parcela mínima está de fato

disponível para os seres vivos, porque 99,6% da água doce é inacessível, presa em depósitos subterrâneos e camadas de gelo permanente. O 0,4% que resta de água doce é o que os seres vivos usam para prover suas necessidades, vinda de rios, riachos, lagoas naturais ou artificiais, das represas, e dos lençóis freáticos e aquíferos do subsolo que podem ser alcançados. Mesmo parecendo pouca, a parcela de água realmente disponível ainda seria suficiente se fosse bem distribuída e bem utilizada.

“A água também é mal tratada e mal usada em geral. Na verdade, a forma como ela é utilizada e gerenciada em âmbito local e o que realmente conta para causar ou evitar a escassez em cada região, pois não é viável levar água a grandes distâncias, apesar dos planos mirabolantes que de vez em quando pipocam na política e na mídia. Em relação a água, as características mais importantes dizem respeito a qualidade, a quantidade e a facilidade de acesso (já que uma coisa é ter água potável na torneira, e outra é andar quilômetros até uma nascente, todo dia).” (BARRETO *et al.*, 2010).

O ciclo hidrológico, por si só, se encarrega de circular a água entre os meios terrestres e aquáticos. Porém, as alterações ambientais ocasionadas pela intervenção humana prejudicam essa distribuição de água, e até mesmo a limita, impulsionando os efeitos devastadores da falta de água. A natureza já desempenha então, seu papel, “recolhendo” e “devolvendo” a água para os seres vivos. Cabe a estes conservar o meio ambiente para perpetuar esse ciclo.

2.2 Bacias hidrográficas

Bacia Hidrográfica ou bacia de contribuição de um curso d'água pode ser conceituada como a área geográfica coletora de água de chuva que, escoando pela superfície do solo, atinge a seção considerada de um rio (PINTO *et al.*, 1976). Ou seja, uma bacia hidrográfica é o conjunto de terras cujo relevo propicia o escoamento de águas fluviais e pluviais para um determinado curso d'água. De acordo com Silveira (2001), uma “bacia hidrográfica é definida como uma área de captação natural da precipitação que faz convergir os escoamentos para um único ponto de saída, o exutório, sendo composta basicamente de um conjunto de superfícies vertentes e de uma

rede de drenagem formada por cursos d'água que confluem até resultar em um leito único no exutório”.

Segundo a Secretaria Municipal Adjunta de Gestão Compartilhada de Belo Horizonte, a formação de uma bacia hidrográfica se dá por meio dos desníveis do terreno os quais orientam os cursos da água, sempre de áreas mais altas para as mais baixas. Dessa forma, cada bacia está limitada por uma formação de relevo, conhecido como divisor topográfico (divisor de águas), que determina a orientação das águas numa determinada direção.

Já o divisor geológico da bacia, também conhecido por divisor freático ou subterrâneo, é, em geral, determinado pela estrutura geológica dos terrenos, sendo muitas vezes influenciado também pela topografia. Ele estabelece os limites dos reservatórios de águas subterrâneas (LIMA, 2008).

A área de drenagem da bacia hidrográfica é aquela delimitada pelo divisor topográfico. É necessário salientar então a importância do formato das encostas, já que estas influenciam diretamente na velocidade do escoamento superficial na bacia (LIMA, 2008). A nascente e a foz são outros componentes essenciais integradores do ciclo hidrológico na bacia. A nascente se caracteriza por uma porção de terreno onde a água subterrânea brota na superfície, dando início a um curso d'água. Pode ser chamada de nascente, cabeceira (de um curso d'água), olho d'água, exurgência, mina de água ou fonte (FERREIRA, 1986). A foz é a delimitação inferior da bacia hidrográfica (confluência, exutório), caracterizado pelo local de desaguamento de um rio, seja no mar, lagoa ou em outro rio (LIMA 2008).

As características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica apresentam importante papel nos processos do ciclo hidrológico, influenciando a infiltração, a evapotranspiração, a quantidade de água produzida como deflúvio - resultado dos fluxos líquidos superficiais e subsuperficiais (Resende et al., 1995), entre outros fatores que refletem na quantidade e qualidade da água afluente nas nascentes. Além disso, o comportamento hidrológico de uma bacia também é afetado por ações antrópicas, uma vez que, ao intervir no meio natural, o homem acaba interferindo nos processos do ciclo da água (TONELLO, 2005).

Silva *et al.* (2003) afirmam que as bacias hidrográficas, em função de suas características naturais, têm se tornado importante unidade espacial utilizada para

gerenciar atividades de uso e conservação dos recursos naturais, principalmente nas situações atuais das cidades brasileiras de grande pressão sobre o ambiente, em função do crescimento populacional e do desenvolvimento.

De acordo com a Lei Federal 9.433/97, a bacia hidrográfica é a unidade de implementação de gestão de recursos hídricos. O manejo da bacia é um dos instrumentos para sua gestão, onde se prioriza a sustentabilidade hídrica utilizando-se da ação integrada entre governos (federal, estadual e municipal), sociedade civil e a comunidade técnico-científica (ANDRADE *et al.*, 2008). E o intuito deste manejo é condicionar o máximo de infiltração de água da chuva no solo que, além de evitar processos erosivos e assoreamento dos corpos d'água, abastecem os lençóis freáticos, com conseguinte produção de água (LEAL, 2016).

O termo microbacia é muito utilizado nos estudos de bacias hidrográficas. Faustino (1996), diz que a microbacia possui toda sua área com drenagem direta ao curso d'água principal de uma sub-bacia, sendo que várias microbacias formam uma sub-bacia. Ele ainda diz que sua área é inferior a 100 km². Já Cecílio e Reis (2006), definem a microbacia como uma sub-bacia hidrográfica de área reduzida, onde a área máxima pode variar de 0,1 km² a 200 km². Porém é importante dizer que deve-se pensar em microbacia quando quer se referir a uma bacia inserida em outra maior, a sub-bacia, e esta inserida em uma grande bacia hidrográfica, sem se preocupar, de fato, com sua área, em termos quantitativos, para sua classificação.

2.3 Precipitação Atmosférica

A precipitação atmosférica nada mais é que a água líquida ou sólida proveniente do meio atmosférico ao qual atinge a superfície terrestre. Representa o elo entre as fases atmosférica e terrestre do ciclo hidrológico.

A umidade atmosférica, caracterizada pela quantidade de vapor d'água presente na atmosfera, embora essencial para que possa ocorrer a precipitação, é apenas um dos fatores envolvidos neste processo (LIMA, 2008). Assim, a precipitação se resume em três etapas essenciais para sua ocorrência:

- Ascensão de massa de ar úmida: pode ocorrer devido à ação frontal de massas de ar, à convecção térmica e às formações de relevo, que determina a maneira com que o ar úmido ascende caracteriza o tipo de precipitação (HAAS, 2013);

- Resfriamento do ar à temperatura inferior ao ponto de saturação, que ocorre devido à diminuição da pressão atmosférica (menor quantidade de moléculas de ar em maior altitude), aliada à menor temperatura nestes locais, que, quanto mais frio o ar, menor sua capacidade de suportar água em forma de vapor, o que culmina com a sua condensação (CARVALHO & SILVA, 2006);

- E, por último, a condensação do vapor d'água.

Quando a precipitação atmosférica atinge a superfície superior da cobertura florestal de uma bacia hidrográfica, ela se torna um “*input*” do sistema hidrológico (Lima, 2008), ou seja, a entrada de água no sistema.

2.4 Formas de Precipitação

A água precipitada pode se manifestar em diferentes formas ao cair sobre a superfície terrestre, dependendo de seu estado físico e das características quanto ao tamanho das gotas, a saber:

- Garoa: precipitação uniforme consistindo de gotas com diâmetro inferior a 0,5 milímetros (mm);

- Chuva: precipitação cujas gotas apresentam diâmetro superior a 0,5 mm. A intensidade pode, geralmente, se enquadrar em três categorias: leve, até 2,5 mm/hora; moderada, 2,6 a 7,5 mm/hora; pesada, superior a 7,5 mm/hora;

- Granizo: precipitação na forma de pedras de gelo. Ocorre durante tempestades, quando há formação de violentas correntes ascendentes e descendentes nas nuvens;

- Neve: cristais de gelo formados a partir do vapor de água quando a temperatura do ar é de 0°C.

Segundo Lima (2008) e Marengo (2001), a precipitação pluviométrica, ou seja, em forma de chuva, é um dos elementos climáticos mais importantes dentre os analisados para uma região tropical. Ela é a que influencia nas características dos elementos da natureza tais como: temperatura, umidade relativa do ar, condições do solo, entre outros.

2.5 Tipos de Precipitação

A formação das precipitações está intimamente ligada à ascensão da massa de ar úmida, que pode ocorrer pela influência isolada ou conjunta de três fatores distintos, originando três tipos de precipitações: as ciclônicas; as orográficas; e as convectivas. (MAY, 2004).

2.5.1 Precipitações ciclônicas

As massas de ar se movimentam de regiões de alta pressão para regiões de baixa pressão. Tal diferença de pressão é causada por aquecimento desigual da superfície terrestre. Podem ser classificadas como (Carvalho & Silva, 2006):

- Frontal: tipo mais comum, resulta da ascensão do ar quente sobre o ar frio. Se a massa de ar se move de tal forma que o ar frio é substituído por ar mais quente, a frente é conhecida como frente quente, e se por outro lado, o ar quente é substituído por ar frio, a frente é fria;
- Não-frontal: é resultado de uma baixa barométrica, onde o ar é elevado em consequência de uma convergência horizontal em áreas de baixa pressão.

As precipitações ciclônicas são de longa duração e apresentam intensidades de baixa a moderada, espalhando-se por grandes áreas. Por isso são importantes, principalmente no desenvolvimento e manejo de projetos em grandes bacias hidrográficas.

2.5.2 Precipitações orográficas

Resultam da ascensão do ar devido a barreiras físicas do relevo. A orografia é menos efetiva em remover a umidade do ar, em comparação com os outros dois mecanismos de ascensão (ação frontal e convecção térmica). Todavia, ela é muito

efetiva em causar precipitação continuamente durante longos períodos (GILMAN, 1964, apud LIMA, 2008).

2.5.3 Precipitações convectivas

Resultam da ascensão da massa de ar devido às diferenças de temperatura na camada vizinha da atmosfera. O contraste de temperatura que dá início ao processo de convecção pode resultar de várias causas, como, por exemplo, pelo aquecimento da superfície. Ao subir, o ar sofre resfriamento, provocando a condensação do vapor d'água, resultando na precipitação. Essa precipitação se manifesta com pancadas fortes de chuva, sendo normalmente de curta duração (MAY, 2004).

2.6 Medição da Precipitação

A medição da precipitação é feita a partir da altura pluviométrica, que corresponde à lâmina d'água que se formaria sobre o solo como resultado da chuva, caso não houvesse escoamento, infiltração ou evaporação da água precipitada. Ela é avaliada por meio da medição em pontos previamente escolhidos, utilizando-se aparelhos denominados pluviômetros (Figura 1) ou pluviógrafos (Figura 2), que são equipamentos meteorológicos utilizados para armazenar e quantificar a água precipitada, em área aberta (precipitação em aberto), ou no interior de fragmentos florestais.

2.6.1 Pluviômetro

Os pluviômetros são recipientes que acumulam a água precipitada após entrar por uma abertura na extremidade superior do equipamento (boca do pluviômetro). A água recolhida é direcionada para seu interior (corpo de pluviômetro), onde é descarregada por um registro na base do equipamento, efetuando-se sua medição volumétrica, através de uma proveta, por exemplo (CASARTELLI, 2006).

Inicialmente, qualquer recipiente poderia funcionar como pluviômetro, desde que fosse impedida a evaporação da água acumulada. Porém, deve-se tomar alguns cuidados ao utilizá-lo, tais como: a boca do pluviômetro deve estar livre de obstruções físicas; deve-se fazer a medição logo após a chuva para evitar perda por evaporação; deve-se evitar deformação da abertura cilíndrica, tomando cuidado ao manusear o aparelho; ter atenção ao efetuar a leitura para evitar erro na medição do volume; e tomar cuidado com respingos para não subestimar o volume de água coletada.



Figura 1. Pluviômetro- Modelo “*Ville de Paris*” (Fonte: Clima e Ambiente: Soluções Meteorológicas¹).

2.6.2 Pluviógrafo

São aparelhos que registram a precipitação de forma contínua e armazenam estes registros em formas de diagramas. Fornece o processamento dos dados com intensidade da chuva, resumo dos totais diários, mensais e anuais, resumo das máximas, das mínimas, e dos totais estacionais.

¹ Disponível em:

<<https://www.climaambiente.com.br/prod,idloja,23707,idproduto,4548677,instrumentos-de-medicao-pluviometro-ville-de-paris->>>.

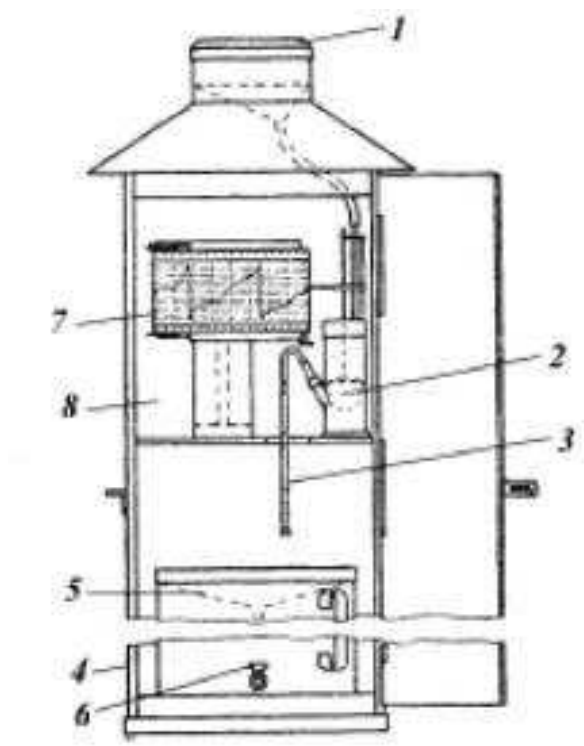


Figura 2. Estrutura fundamental de um pluviógrafo de sifonamento. 1 = abertura cilíndrica; 2 = bóia; 3 = sifão; 4 = recipiente coletor; 5 = funil de segurança; 6 = torneira; 7 = diagrama e mecanismo de relojoaria; 8 = corpo com porta (Fonte: LIMA, 2008).

2.6.3 Estação meteorológica

Uma estação meteorológica é definida como um conjunto de instrumentos ou sensores que captam dados para análise do tempo meteorológico (Figura 3). Além da precipitação pluviométrica, esses instrumentos são capazes de registrar a temperatura do ar, velocidade e direção do vento, umidade do ar, radiação solar, pressão atmosférica, entre outras variáveis (SANTOS & BALBINO, 2016).

Existem as estações meteorológicas automáticas, que coleta os dados de modo automatizado, e as convencionais, que exigem a presença de um operador para coletar os dados medidos pela estação.



Figura 3. Estação meteorológica *Davis Vantage Pro-2* (Fonte: Clima e Ambiente Soluções Meteorológicas ²).

2.6.4 Grandezas utilizadas na medição da precipitação

As grandezas características utilizadas na medição da precipitação são (Carvalho & Silva, 2006):

a) **Altura pluviométrica:** lâmina d'água precipitada sobre uma área. A razão do volume de água coletada no pluviômetro durante a precipitação por sua área de captação (“boca” do pluviômetro) corresponde à esta altura pluviométrica, que é expressa em milímetros, correspondendo a 1 litro de água em 1 metro quadrado (l/m^2);

b) **Intensidade de precipitação:** é a relação entre a altura pluviométrica e a duração da precipitação, expressa geralmente em milímetros por hora (mm/h) ou milímetros por minuto (mm/min);

c) **Duração:** intervalo de tempo desde o início até o fim da precipitação, medida normalmente em hora ou minutos;

d) **Frequência:** número de ocorrências de precipitação, definida por uma altura pluviométrica e uma duração, ao longo de um intervalo fixado de tempo.

² Disponível em: <<http://www.mundoclima.com.br/estacoes-meteorologicas/fixas/estacao-meteorologica-davis-vantage-pro2-sem-fio-6152/>>.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

A microbacia hidrográfica em estudo se localiza na zona rural do município de Itambacuri, em Minas Gerais, na Comunidade Córrego de Areia. Ela está inserida numa sub-bacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus (Figura 4). O rio São Mateus é formado por dois braços: o rio Cotaxé (braço Norte), que nasce no município de Itambacuri - MG, com 244 Km (quilômetros) de extensão; e o rio Cricaré (braço Sul), que nasce no município de São Félix de Minas - MG, com 188 Km. Sua macrorregião hidrográfica é o Atlântico Leste, sub-bacia do Rio São Mateus (PROPOSTA DE INSTITUIÇÃO DO COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS, 2008).

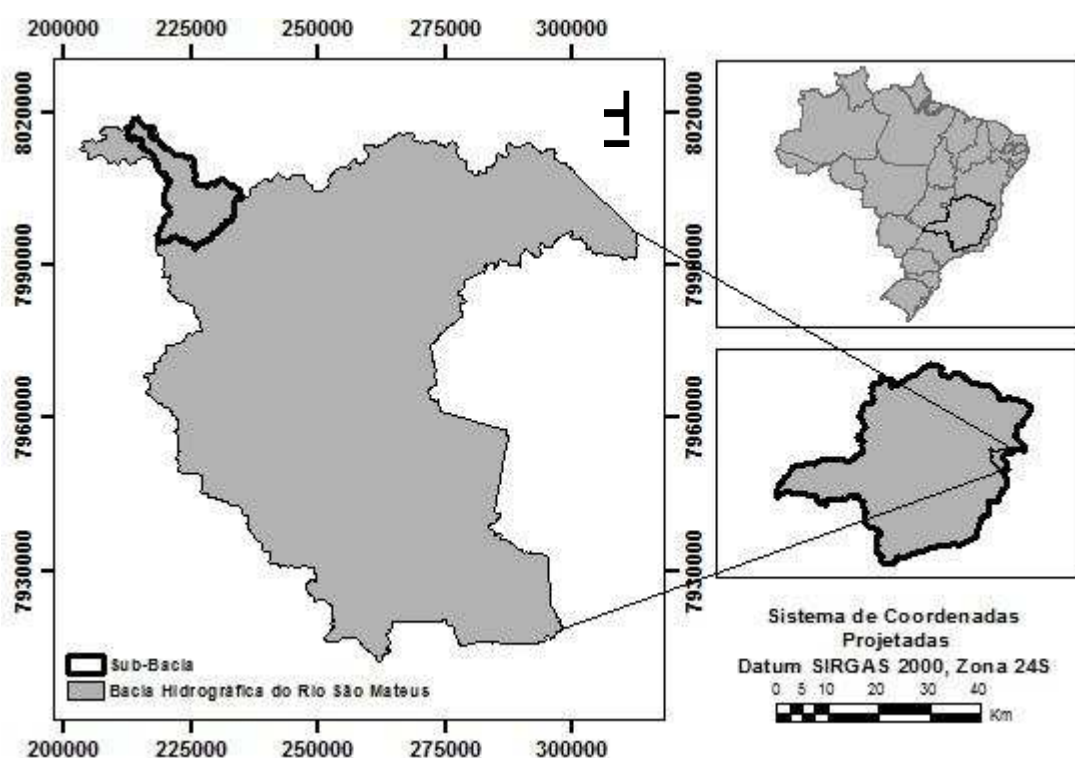


Figura 4. Região da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus que está localizada no estado de Minas Gerais, evidenciando a sub-bacia, onde está inserida a microbacia em estudo.

A bacia do Rio São Mateus é formada por 25 municípios, dos quais 14 mineiros e 11 capixabas, totalizando uma área de 6.933,345 km. A bacia limita-se ao norte com a bacia do rio Mucuri; a nordeste com a bacia do rio Itaúnas; a oeste e sul com a bacia do Rio Doce; e a leste com o Oceano Atlântico. A região da bacia tem, basicamente, dois tipos climáticos: o tropical úmido (chuvoso), nas proximidades do litoral, e o tropical sub-úmido, com estação seca no inverno, nas cabeceiras. Assim sendo, o índice pluviométrico anual médio varia de 1300 mm, na faixa litorânea, a 800 mm, perto das nascentes (PROPOSTA DE INSTITUIÇÃO DO COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS, 2008).

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima local onde está inserida a microbacia estudada, que corresponde à região de cabeceira da grande bacia do Rio São Mateus, é tropical com estação seca (Aw), caracterizado por chover muito mais no verão que no inverno. A temperatura média é 23,5 °C, com uma pluviosidade média anual de 1135 milímetros (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ITAMBACURI - MG, 2016).

A bacia possui um relevo bastante acidentado, no estado de Minas Gerais, próximo do município de Mantena (Maciço Montanhoso de Mantena), onde predomina atividades de mineração e garimpo. Mas, ao longo do percurso do rio vão surgindo o Planalto Dissecado do Divisor de Águas do São Mateus, entre São João do Divino e Pescador; e o Planalto Deprimido do Médio São Mateus, entre os municípios de Ataléia, MG, e Ecoporanga, ES (PROPOSTA DE INSTITUIÇÃO DO COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS, 2008).

3.2 Monitoramentos dos dados pluviométricos

O monitoramento dos dados de chuva foi realizado pela estação meteorológica *Davis Vantage Pro-2* (Figura 5), durante janeiro a dezembro de 2017. A estação trabalha de maneira automatizada, e foi programada para registrar os dados a cada 30 minutos.



Figura 5. Estação meteorológica *Davis Vantage Pro-2* utilizada na captação dos dados de chuva na microbacia em estudo.

Os dados registrados são exibidos no console da estação (Figura 6), uma espécie de receptor que fornece funções de gráficos, alarme e interfaces com um computador por meio do *software Weather Link*, que acompanha o equipamento. O registro dos dados é feito constantemente pela estação até que estes sejam descarregados no computador por um cabo USB.

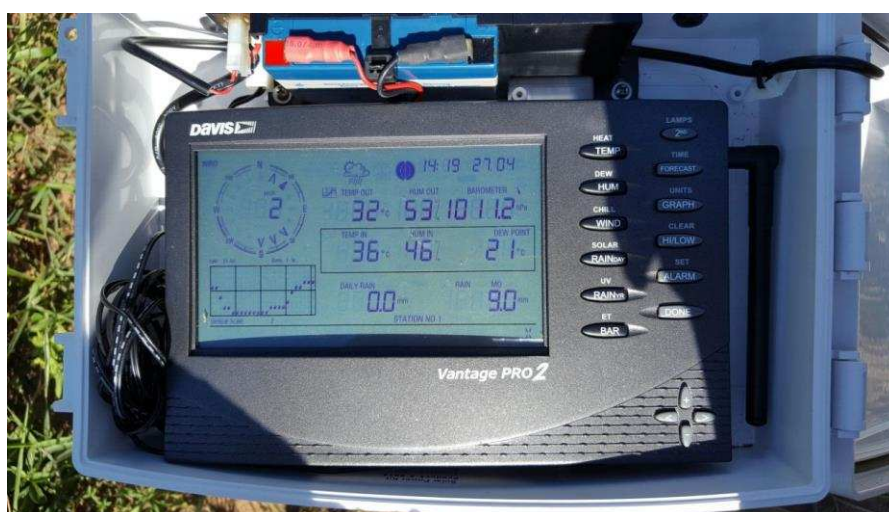


Figura 6. Console da estação *Davis Vantage Pro-2*.

Após a transferência dos dados para o computador, tomou-se posse da precipitação mensal e total do ano de 2017, para posterior comparação com a precipitação da normal climatológica entres os anos de 1961 e 1990, dados tais fornecidos pelo INMET - Instituto Nacional de Meteorologia.

3.3 Comparação com as normais climatológicas

De acordo com a Organização Meteorológica Mundial (OMM), as normais climatológicas correspondem a valores médios das variáveis meteorológicas equivalente ao período mínimo de 30 anos. Este período é suficiente para identificar um valor predominante que represente os padrões característicos de um parâmetro do clima no local considerado (IPMA, 2014). Estes valores médios correspondem a intervalos de tempos diários, mensais, sazonais ou anuais das variáveis meteorológicas (INMET, 2014). O INMET afirma que as variáveis meteorológicas descrevem o comportamento físico da atmosfera, enquanto que as normais climatológicas apresentam uma informação do comportamento médio, utilizando dados de longo período para definir o clima em uma determinada época.

A comparação dos dados de precipitação decorrentes dos meses de 2017 com as precipitações das normais climatológicas referente ao período de 1961 a 1990, para o município de Itambacuri, MG, foi feita por meio do Teste t de *Student*. Segundo Blain *et al.* (2009) esse teste é um dos métodos mais empregados para avaliações de diferenças estatísticas entre duas amostras. Este teste normalmente é utilizado para verificar se as médias aritméticas de distintas amostras podem ser consideradas diferentes a um dado nível de significância pré-estabelecido. Huang & Paes (2009) afirmam que para testar a igualdade entre duas médias, o teste t de *Student* é muito utilizado nos dias de hoje, e seria o mais apropriado por ser um teste paramétrico, o que oferece maior poder estatístico.

Neste trabalho, temos duas populações de variâncias diferentes. As populações são: Pp - Precipitação no ano de 2017; e PpNC - Precipitação da normal climatológica de 1961 a 1990. O teste é bilateral, e as hipótese nula H_0 testada é de que as médias populacionais μ_1 e μ_2 da Pp e PpNC, respectivamente, são iguais estatisticamente ($H_0: \mu_1 = \mu_2$); e a hipótese alternativa H_1 é se elas são consideradas diferentes ($H_1: \mu_1 \neq \mu_2$).

Para este teste, foi assumido um nível de significância de 0,05 ($\alpha=5\%$), que segundo Ferreira & Patino (2015), o valor de corte para rejeitar a hipótese nula, tradicionalmente, é de 0,05, o que significa que, quando não há nenhuma diferença, um valor tão extremo para a estatística de teste é esperado em menos de 5% das vezes. Souza (2008) conceitua o nível de significância como a máxima probabilidade de rejeitar H_0 sendo ela verdadeira. Neto et al. 2005, fazendo um estudo de ajuste de modelos a séries históricas de precipitação pluvial diária em Piracicaba, São Paulo, também assumiram um nível de significância de 5% para realizar, neste caso, o teste de qui-quadrado.

Foram utilizadas as seguintes expressões para determinar a variância populacional (σ^2) e o desvio padrão (σ):

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \mu)^2}{N}; \quad \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \mu)^2}{N}}$$

Em que: σ^2 = variância populacional;

σ = desvio padrão;

μ = média aritmética da série;

x_i = dado da série populacional;

N = tamanho da população.

O p-valor, que de acordo com Ferreira & Patino (2015), consiste na probabilidade de se observar um valor da estatística de teste maior ou igual ao encontrado, foi calculado foi dado pelo *Microsoft Excel*

Para cálculo do valor t observado e dos graus de liberdade (ν), a fim de inferir se rejeita H_0 ou não, foram utilizadas a seguinte fórmula:

$$t_{obs} = \frac{(x_1 - x_2)}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}}; \quad v = \frac{(\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2})}{\frac{(\frac{\sigma_1^2}{n_1})^2}{n_1 - 1} + \frac{(\frac{\sigma_2^2}{n_2})^2}{n_2 - 1}}$$

Em que: σ_1^2 = variância população 1;

σ_2^2 = variância população 2;

x_1 = média da população 1;

x_2 = média da população 2;

n_1 = tamanho da população 1;

n_2 = tamanho da população 2.

Após a obtenção do t_{obs} , consultou-se a tabela t de distribuição de *Student*, a fim de inferir se rejeita ou não a hipótese nula de que as médias anuais de precipitação para 2017 e a média das normais climatológicas de 1961 a 1990, são iguais.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O regime pluviométrico tanto em 2017, quanto o da normal climatológica no município de Itambacuri apresenta o trimestre de outubro a dezembro o mais chuvoso, ao qual, neste período, choveram 41% do total precipitado no ano de 2017 e 51% do total médio anual de 1961 a 1990 (Tabela 1).

O período com menor precipitação da normal climatológica abrange os meses de maio a setembro, o que se pode dizer também para o ano de 2017. A média mensal de chuva neste período foi de apenas 24 mm para a normal climatológica, e 37 mm para 2017, contribuindo com 10% e 16% da chuva anual, respectivamente. Este dado condiz com que Silva *et al.* (2011) encontraram estudando a precipitação mensal e anual estimada para a Bacia do Rio São Mateus (onde a microbacia em estudo está inserida), em que as menores precipitações acumuladas mensais ocorrem também entre os meses de maio e setembro, com valores variando entre 5 e 48 mm de chuva mensal. De acordo com a normal climatológica, observa-se uma variação de 18 a 31 mm de chuva no período citado. Silva *et al.* (2011) afirmam que as principais fontes de umidade para as precipitações no período entre maio e setembro são as brisas marítimas, e que, a partir de abril, ocorre uma redução considerável na quantidade das chuvas que perdura até setembro, assim como foi encontrado, neste trabalho, para o ano de 2017, e o que ocorre também para a normal climatológica.

O mês com maior precipitação no ano de 2017 foi dezembro (Quadro 1), acumulando 442 mm de chuva, correspondendo a quase 40% do total de chuva do ano. Houve uma frequência de 23 dias de chuva neste mês, a maior de todo o ano, sendo que em apenas um dia em dezembro, choveram quase 100 mm. Este dado condiz com o histórico do município de Itambacuri, onde é caracterizado por apresentar o mês de dezembro o de maior precipitação, com uma média de 237 mm, de acordo com a Precipitação Acumulada Mensal das Normais Climatológicas entre o período de 1961 a 1990 (INMET).

Quadro 1. Dados de precipitação mensal em 2017 da microbacia da Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus, em Itambacuri-MG, juntamente com a frequência de dias de chuva por mês, a precipitação mínima correspondente ao dia que menos choveu no mês, e a máxima, que corresponde ao dia que mais choveu no mês, além das normais climatológicas de 1961 a 1990.

Mês	Pp 2017 (mm)	Frequência	Mín	Máx	Pp Nc (mm)
Jan	29	2	4,8	24,3	172
Fev	300	13	4,2	99,6	85
Mar	70	9	0,2	53,8	106
Abr	10	11	0,2	4,8	59
Mai	78	16	0,3	23,1	23
Jun	18	3	2,4	8,5	24
Jul	41	6	0,2	25,0	26
Ago	11	2	0,5	10,9	18
Set	37	12	0,3	13,7	31
Out	24	6	0,3	9,1	127
Nov	79	8	0,3	62,2	197
Dez	442	23	0,3	98,1	237
Total	1140				1103

Fonseca *et al.* (2016), realizando uma análise da precipitação pluviométrica do município de Pirapora, MG, onde o clima na região também se classifica como Aw: tropical com estação seca, segundo Köppen, citam que o período mais chuvoso no município se concentra entre os meses de outubro e março (Silva *et al.*, 2011), onde o mês de dezembro também é um dos mais chuvosos da região. A precipitação média anual entre 1961 e 1991, apresentada no mesmo trabalho, conforme a normal climatológica para este período, corresponde a 1057,00 mm. Este valor se aproxima da normal climatológica referente ao mesmo período de tempo para o município de Itambacuri, o qual também apresenta o clima Aw, sendo de 1103 mm de precipitação média anual. Segundo Barcha & Arid (1971), o clima Aw é caracterizado pela pronunciada estação seca, que recebe apenas 15% da precipitação total anual, e Rossa-Feres & Jim (2001) diz que o início de sua estação chuvosa é imprevisível.

Os meses em que houve menor precipitação no ano de 2017 foram abril e agosto, acumulando apenas 10 mm e 11 mm de chuva, respectivamente. Segundo a

normal climatológica do período de 1961 a 1990, o mês de agosto é o que tem chovido menos no município, apresentando uma média de 18 mm de chuva.

Reboita *et al.* (2015), estudando os aspectos climáticos de Minas Gerais, constataram que o verão é a estação mais chuvosa de MG e o inverno a mais seca. Segundo estes autores, o centro-sul do estado é mais úmido, enquanto o setor extremo norte é mais seco, sendo que a precipitação no centro-sul do estado durante o verão pode alcançar 900 mm, o que é cerca de 60% da precipitação total anual. Silva & Reboita (2013), também mostram em seu trabalho que o verão é a estação mais chuvosa de Minas Gerais, onde chega-se a registrar totais entre 600-800 mm em áreas do setor sul, parte oeste e região central do estado. E nas áreas aproximando-se do norte de MG, a precipitação reduz, ficando entre 300-500 mm. Siqueira *et al.* (2007) realizando um trabalho de comportamento da precipitação pluviométrica no estado Minas Gerais, também encontraram que os maiores índices de precipitação ocorrem nos meses de verão (novembro a março) e os mais baixos índices ocorrem no inverno (junho e julho). Neste trabalho, a precipitação total registrada no verão foi de 337 mm, uma vez que a região de estudo fica na porção leste, em direção ao norte do estado (Figura 4), estando então na faixa de precipitação registrada nesta região durante o verão.

Já durante o inverno, segundo estes mesmos autores, na porção leste do estado, o total pluviométrico é de 25 mm, com exceção de uma área próxima a região norte do estado, onde se localiza a microbacia, em que os valores de precipitação no inverno chegam até a 100 mm. Neste trabalho, constatamos um total de 93 mm de chuva durante o período de inverno, o que aproxima ao valor constatado por Silva & Reboita (2013).

Na figura 7, é possível perceber que os meses de fevereiro e dezembro foram os que apresentaram maior diferença de precipitação com as normais climatológicas registradas para cada mês, chovendo 253% a mais no mês de fevereiro em relação ao histórico neste mês, e 86% a mais em dezembro. Porém nos meses de janeiro, outubro e novembro, a precipitação foi menor do que a registrada pelas normais climatológicas, chovendo 143 mm a menos em janeiro, 103 mm a menos em outubro e 118 mm a menos em novembro, correspondendo a apenas 17%, 19% e 40% da média mensal de precipitação registrada durante o período de 1961 a 1990, respectivamente para cada mês. Portanto, é possível notar também que a distribuição de chuva em 2017 se diferenciou da normal climatológica analisada de 1961 a 1990, porém nota-se que a

época de seca foi igual aos dois casos, e a estação mais chuvosa continuou sendo o verão, característico das regiões de clima Aw, onde o inverno é a estação seca.

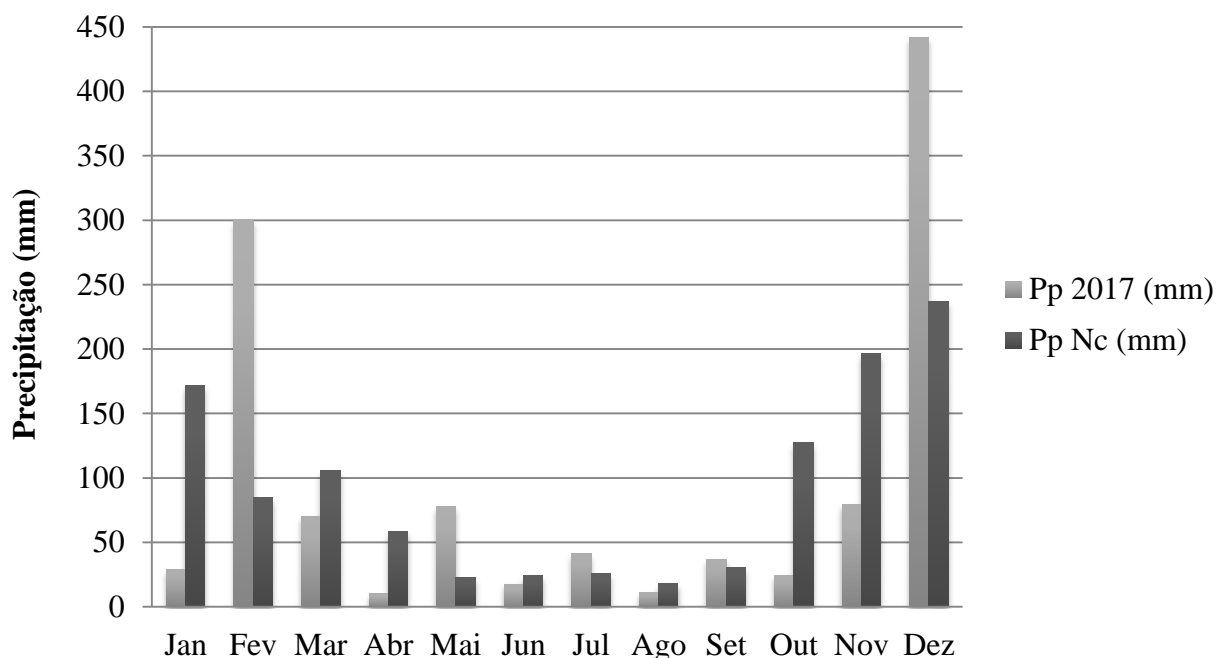


Figura 7. Gráfico da distribuição pluviométrica mensal constatada durante o ano de 2017, com a precipitação das normais climatológicas.

A média mensal da Pp em 2017 e da PpNC é 95 e 92 mm de chuva (Quadro 2), respectivamente. A partir das fórmulas apresentadas no item 3.3, foi obtido um valor t_{obs} de 0,07, e 17 graus de liberdade (quadro 3). Consultando a tabela t de *Student*, à 5% de nível de significância, foi encontrado um valor de t_{tab} (t tabelado) de 2,1. Desta forma, vê-se que o valor de t_{obs} é menor do que o valor de t_{tab} ($0,07 < 2,1$), ficando t_{obs} na região de não rejeição de H_0 no gráfico da curva de distribuição normal. Ou seja, não se rejeita a hipótese de que as médias das duas populações estudadas são iguais. Ainda dizendo, as médias de precipitação do ano de 2017 e da normal climatológica de 1961 a 1990 podem ser consideradas iguais estatisticamente, com 95% de nível de confiança para essa decisão, uma vez que o nível de significância usado foi de 5%.

Quadro 2. Valores da média de precipitação (\bar{X}), das variâncias (σ^2) e dos desvios-padrão para os dados de precipitação em 2017 (Pp 2017) e para os da Normal Climatológica de 1961-1990 (Pp NC).

População	\bar{X}	σ^2	σ
Pp 2017	95	16579	129
Pp NC	92	5325	73

Quadro 3. Valores do t calculado pela fórmula do t_{obs} , do graus de liberdade ν e do p -valor para inferência do teste t .

t_{obs}	ν	α	t_{tab}	p -valor
0,07	17	0,05	2,1	0,39

Diante deste resultado, podemos inferir que a quantidade média de chuva no ano de 2017 no município de Itambacuri-MG, onde está localizada a microbacia hidrográfica em estudo, não se difere da média registrada pelo INMET durante os 30 anos de monitoramento (1961 a 1990).

A falta de água ocorrida nos anos anteriores pode ser explicada pela alta presença de pastos degradados, onde a criação de gado é a principal atividade na região onde está inserida a microbacia em estudo (Figura 8). Segundo Silva Filho (2016), as áreas de pastagens sofrem compactação por pisoteio animal, o que tendem a diminuir a capacidade de infiltração da água no solo, e com o tempo de uso e o manejo inadequado dos mesmos, este fato só vai se agravando. A não infiltração de água da chuva no solo implica ao não abastecimento do lençol freático, o que prejudica a recarga das nascentes.



Figura 8. Fotos da região onde está inserida a microbacia hidrográfica da bacia do rio São Mateus mostrando a intensa presença de pastos degradados, com falhas de cobertura vegetal.

Muller *et al.* (2001), estudando a degradação de pastagens na Região Amazônica, obtiveram resultados que mostraram que a diminuição da cobertura vegetal do solo que acontece com o declínio produtivo da pastagem, o deixa mais exposto ao impacto das gotas de chuva. Derpsch *et al.* (1991), citado pelo mesmo autor afirma que este é o início do processo erosivo, e pode provocar selamento superficial e diminuição da infiltração e do armazenamento de água, intensificando o processo de erosão, outro problema relacionado às pastagens degradadas. Fonseca e Silva (2017) relatam em seu trabalho de análise fisiográfica como subsídio ao estudo da suscetibilidade erosiva em bacias hidrográficas, que a existência de pastagens degradadas induz a formação de processos erosivos, cuja suscetibilidade está relacionada à perda da proteção natural do solo, que tem a função de amenizar o impacto das gotas de chuvas, permitir a maior taxa de infiltração, além de reduzir a quantidade e a velocidade das enxurradas. Moniz (1972) também afirma que a compactação excessiva do solo pode limitar a infiltração e redistribuição de água e aumento da erosão.

Outro problema comumente encontrado na região da microbacia em estudo é a presença de morros com o terço superior ou totalmente desprovidos de vegetação, ou que apresentam pouca cobertura vegetal, sem serapilheira recobrando o solo, o que induz a não infiltração de água da chuva no topo, escoando morro abaixo e intensificando o processo de erosão. De acordo com Mendonça *et al.* (2009), em florestas preservadas, a serapilheira e a matéria orgânica produzidas protegem o solo dos impactos das gotas de chuva e ajudam a manter uma elevada capacidade de infiltração, dificultando a ocorrência de erosão em áreas não alteradas, sem contar que as raízes das árvores ajudam a manter o solo coeso, reduzindo o perigo do transporte de sedimentos por enxurradas mesmo em áreas de grande declividade.

Almeida *et al.* (2013) explicam que solos florestados possuem uma capacidade de infiltração maior do que solos descobertos. Porém, devido à interceptação feita pelas copas das árvores em áreas florestadas, uma menor quantidade de água da chuva chega ao solo, comparado ao solo descoberto. Por esse motivo, áreas florestadas podem apresentar infiltração menor, mas, no entanto, no solo descoberto podem ocorrer alterações nas propriedades do solo por conta do impacto das gotas de chuva, ocasionando também a diminuição da infiltração. Este autor ainda afirma que a retenção de água ocasionada pela cobertura vegetal promove a redução de ocorrência de

inundações, além da contribuição da vegetação para o aumento da porosidade e favorecimento da liberação contínua de água de forma mais controlada, o que ameniza a escassez de água mesmo em épocas de estiagem.



Figura 9. Fotos da região onde está inserida a microbacia hidrográfica da bacia do rio São Mateus evidenciando a presença de morros sem cobertura vegetal, com evidentes sinais de erosão.

Segundo Rodrigues (2006), quando há alterações ocasionadas por ações antrópicas em ambientes de contribuição natural de infiltração da água da chuva no entorno da nascente e na área de recarga do lençol freático, as nascentes perdem a capacidade quantitativa e qualitativa da água, o que compromete o reabastecimento e a

produção de água. Neste sentido, Santana e Alvarenga (2006), afirmam que a água da chuva, ao infiltrar nas camadas subsuperficiais e profundas, abastecem os lençóis subterrâneos, e que as áreas de cobertura vegetal da bacia hidrográfica contribuinte são responsáveis, fundamentalmente, pelo o aumento da infiltração de água. Silva (2009) comenta que o reabastecimento da água subterrânea é de ocorrência fundamental para que a água se mantenha em quantidades adequadas, e uma correta avaliação da recarga aquífera é fundamental no cálculo da disponibilidade de água para o abastecimento público, industrial e para a agricultura, especialmente em períodos de estiagem ou em anos consecutivos de seca.

Diante do exposto, vemos que as áreas vegetadas possuem contribuição essencial para abastecimento dos lençóis freáticos e recarga das nascentes da bacia, processo primordial para se ter água. Simões (2001) ainda afirma que a conservação das matas ciliares no entorno das nascentes e a proteção das áreas de recarga do lençol freático são práticas de manejo adequadas nas microbacias hidrográficas, garantindo, dessa forma, a quantidade e qualidade da água.

5 CONCLUSÕES

Apesar da distribuição de chuva do ano de 2017 ter apresentado diferenças com as normais climatológicas de 1961 a 1990, foi observado que as médias de precipitação dos dois casos não apresentaram diferença entre si em termos estatísticos.

O regime pluviométrico do município durante o ano de 2017 condiz com o histórico de chuva da região, e não houve menor precipitação neste ano, comparado com a normal climatológica. O mês em que mais choveu foi dezembro e o menos chuvoso foi agosto.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. R.; SILVA, C. E.; RODRIGUES, M. G.. Avaliação dos impactos ambientais do desflorestamento sobre o regime hídrico da região metropolitana de Petrópolis (RJ). **Engineering Sciences**, Aracaju, v. 1, n. 1, p.6-13, 31 ago 2013.

ANDRADE, N. L. R. *et al.* Caracterização morfométrica e pluviométrica da bacia do Rio Manso-MT. **Geociências (São Paulo)**, v. 27, n. 2, p. 237-248, 2008.

BARCHA, S. F.; ARID, F. M. Estudo da evapotranspiração na região norte-ocidental do estado de São Paulo. **Revista de Ciências da Faculdade de Ciências e Letras**, v. 1, p. 94-122, 1971.

BARRETO, S.; RIBEIRO, S.; BORBA, M. **Nascentes do Brasil: Estratégia para a Proteção de Cabeceiras em Bacias Hidrográficas**. WWF-Brasil: Imprensa Oficial do Estado de São Paulo. São Paulo, 2010.

CARVALHO, D. F., SILVA, L. D. B. **Apostila de Hidrologia**. Rio de Janeiro: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2006. Cap. 4, p. 33-59.

CASARTELLI, M. R. O. **Composição da precipitação bruta e da precipitação interna (throughfall) em florestamentos de plantas introduzidas na planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil, e sua utilização no monitoramento das precipitações atmosféricas**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS. 2006. 217p.

CECÍLIO, R. A.; REIS, E. F. **Apostila didática: manejo de bacias hidrográficas**. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Rural, 2006. 10p.

FAUSTINO, J. **Planificación y gestión de manejo de cuencas**. Turrialba: CATIE, 1996. 90p.

FERREIRA, A. B. H. **Novo dicionário da língua portuguesa**. 2ª edição. Rio de Janeiro. Nova Fronteira, 1986.

FERREIRA, J. C., PATINO, C. M. O que realmente significa o valor-p? **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. v.41, n. 5, São Paulo Set./Out 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-37132015000500485&lng=en&tlng=en. Acesso em: 27 jan 2018.

FONSECA, E. L.; SILVA, E. P. Análise fisiográfica como subsídio ao estudo da suscetibilidade erosiva em bacias hidrográficas. **Acta Geográfica**, v. 11, n. 25, p. 137-158, 2017.

FONSECA, S. F., SOUZA, M. J. H., SILVA, A. C. Análise da precipitação pluviométrica do município de Pirapora-MG (1961 e 2013). **Revista Ra'e Ga**. Curitiba, v.38, p.35 - 49, dez 2016.

GAMBA, O. S. **Estudos hidrológicos na Bacia Hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo - MG**. Monografia de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2007. 39p.

GUIMARÃES, *et al.* Índices Pluviométricos em Minas Gerais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Sete Lagoas, MG. Disponível em: <file:///C:/Users/ACER/Downloads/Bol30%20(1).pdf>. Acesso em: 12 set 2017.

HAAS, R. **Precipitação**. Santa Catarina: Universidade Federal de Santa Catarina. 2013. Disponível em: <https://moodle.ufsc.br/pluginfile.php/915206/mod_resourcecontent/2/Precipita%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em 01 jul 2016.

INMET. INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. 2014. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em 10 jan. 2014.

IPMA. Instituto Português do Mar e da Atmosfera (Org.). **Normais Climatológicas**. Disponível em: <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais.clima>. Acesso em: 19 fev 2014.

HUANG, G.; PAES, A. T. Posso usar o teste t de Student quando preciso comparar três ou mais grupos?. **Einstein: Educação Continuada em Saúde**. v. 7, n. 2, p. 63-64, 2009.

LIMA, W. P. **Hidrologia florestal aplicada ao manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ, 2008. 253 p.

MACÊDO, Maria de Nazaré Costa. **Caracterização hidroambiental e sociocultural da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, região sudeste do Estado do Acre**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2009.

MARENGO, J. A. Mudanças climáticas e regionais: avaliação do clima atual do Brasil e projeções de cenários climáticos do futuro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 16, n. 1, p. 1-18, 2001.

MAY, S. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2004. 159 p.

MENDONÇA, L. A. R. *et al.* Avaliação da capacidade de infiltração de solos submetidos a diferentes tipos de manejo. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 89-98, 2009.

MONIZ, A.C. **Elementos de Pedologia**. São Paulo, Polígono, Ed. Universidade de São Paulo. 312p. 1972.

MULLER, M. M. L. *et al.* Degradação de pastagens na Região Amazônica: propriedades físicas do solo e crescimento de raízes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1409-1418, 2001.

OLERIANO, E. S.; DIAS, H. C. T. A dinâmica da água em microbacias hidrográficas reflorestadas com eucalipto. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO. **Anais...** Taubaté, Brasil: IPABHi, 07-09 novembro 2007. p. 215-222.

PINTO, N. L. de S.; HOLTZ, A. C. T.; MARTINS, J. A.; GOMIDE, F. L. S. **Hidrologia Básica**. 1ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1976. 279 p.

PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ITAMBACURI - MG. Disponível em: <<http://pmsbfunec.com.br/Produtos/Suacui/Itambacuri/P8.pdf>>. Acesso em: 20 fev 2018.

RESENDE, H. C. *et al.* Diagnóstico e ações de conservação e recuperação para as nascentes do Córrego-Feio, Patrocínio, MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, MG, v. 25, n. 5, p. 112-119, 2009.

RESENDE, M. *et al.* **Pedologia**: base para distinção de ambientes. Viçosa: NEPUT, 1995.304p.

RODRIGUES, V. A. Recuperação de nascentes em microbacias da cuesta de Botucatu. In: RODRIGUES, V. A.; BUCCI, L. A. (Orgs.). **Manejo de microbacias hidrográficas: experiências nacionais e internacionais**. Botucatu: FEPAF, 2006, 5 p.

ROSSA-FERES, D. C.; JIM, J. Similaridade no sítio de vocalização em uma comunidade de anfíbios anuros na região noroeste do estado de São Paulo, Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia** 18(2). 2001. p. 439-454.

SANTOS, D.; BALBINO A. **Estação meteorológica: como funciona e sua importância na agricultura**. 2016. Disponível em: <<https://www.agrosmart.com.br/blog/estacao-meteorologica-funciona-importancia-agricultura/>>. Acesso em: 06 fev 2018.

SANTOS, T. G.; ROSSA-FERES, D. C.; CASATTI, L. Diversidade e distribuição espaço-temporal de anuros em região com pronunciada estação seca no sudeste do Brasil. **Iheringia: Série Zoologia**, p. 37-49, 2007.

SILVA, A. M., *et al.* **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas**. São Carlos: Rima editora, 2003. 140 p.

SILVA, E. D.; REBOITA, M. S. Estudo da Precipitação no Estado de Minas Gerais-MG. **Revista Brasileira de Climatologia**. Ano 9, v. 13, Jul/Dez 2013.

SILVA FILHO, E. P. Velocidade de infiltração em área pastagem degradada e floresta natural no município de Porto Velho (RO). **Revista Franco-Brasileira de Geografia**. n. 29. 2016

SILVA, J. G. F., ULIANA, E. M., MARTINS, C. A. S. Precipitação mensal e anual estimada para o nível de 75% de probabilidade para a Bacia do Rio São Mateus. **In: XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**. SESC-Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari – ES. 18 a 21 de Julho de 2011.

SILVEIRA, A. L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.), **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: Ed. UFRGS, p. 35-51, 2001.

SIMÕES, L.B. **Integração entre um modelo de simulação hidrológica e sistema de informação geográfica na delimitação de zonas tampão ripárias**. Tese de Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura. Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001. 168 f.

SILVA, H. R. *et al.* Análise termopluiométrica do ano de 2001 a 2008 da cidade de Pirapora/MG. **In: ANAIS do VI Encontro Regional Povos do Cerrado**, UNIMONTES – Universidade Estadual de Montes Claros/MG – 02 a 05 de Junho de 2011 ISSN 1981 – 306. Pirapora/MG.

SIQUEIRA, H. R.; ALVES, G.F.; GUIMARÃES, E.C. Comportamento da precipitação pluviométrica mensal do Estado de Minas Gerais: análise espacial e temporal. **Horizonte Científico**, v.1, p.1-21, 2007.

SOUZA, A. M. **Testes de hipóteses**. Departamento de Estatística. Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). 2008. Disponível em: <<http://w3.ufsm.br/adriano/aulas/th/tthip.pdf>>. Acesso em: 27 jan 2018

TEODORO, V. L. I. *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara**, n.20, p. 137-156, 2007.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; ALVARES, C. A.; RIBEIRO, S.; LEITE, F. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TUNDISI, J. G. Ciclo Hidrológico e Gerenciamento Integrado. **Ciência e Cultura**. ISSN 2317-6660. São Paulo, v. 55, n. 4, out/dez 2003.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZAÇÃO MORFOMÉTRICA E HIDROAMBIENTAL DE UMA MICROBACIA HIDROGRÁFICA DA BACIA DO RIO SÃO MATEUS, NO VALE DO MUCURI, MINAS GERAIS

RESUMO

ARAÚJO, Tulio Menezes. M.Sc. Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Caracterização morfológica e hidroambiental de uma microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, no Vale do Mucuri, Minas Gerais.** Orientador: Herly Carlos Teixeira Dias.

As características físicas das bacias hidrográficas são de fundamental importância para analisar o comportamento da água na área compreendida pela bacia, assim como permite maior condicionamento para o estudo do seu ciclo hidrológico. Diante disso, realizou-se um estudo morfológico da microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, localizada no município de Itambacuri, MG, no qual a população vem passando por intensas crises hídricas. Os objetivos foram: caracterizar morfologicamente a microbacia em questão; monitorar a vazão da nascente localizada na microbacia; realizar a medição da compactação do solo em vários pontos na área de contribuição da nascente, relacionar a vazão da nascente com os índices pluviométricos da região, assim como com as características do solo. Para o mapeamento da microbacia, fez-se o uso de SIG - Sistemas de Informações Geográficas, a fim de obter o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC), no qual foi utilizado o *software ArcGIS*. Os valores dos parâmetros morfológicos foram adquiridos através de fórmulas aplicadas no próprio *ArcGIS*. O monitoramento da vazão da nascente foi feito pelo método volumétrico, utilizando um balde graduado e um cronômetro. Para a caracterização do solo, realizou-se a medição da resistência mecânica do solo com o medidor automatizado Solo Track Falck; e foram coletadas amostras para análise no Laboratório de Análise de Solo da Universidade Federal de Viçosa. Foi obtido um Kc

igual a 1,05, e um IC de 0,89, indicando que a microbacia estudada possui formato semelhante ao de uma circunferência. A microbacia possui uma baixa densidade de drenagem, sendo de 1,96 km². Observou-se que a vazão da nascente da microbacia em 2017 foi bastante irregular, porém, apresentou relação direta com a precipitação no mesmo ano. O solo da bacia se mostrou bastante compactado em vários pontos de coleta, principalmente nas trilhas de gado, devido ao pisoteio constante do animal. O solo de pastagem apresentou textura argilo-arenosa, e o exposto, muito-argilosa. Pelos valores dos índices morfométricos, concluiu-se que a microbacia tem propensão à ocorrência de enchentes, uma vez que ela possui um menor tempo de concentração, por possuir um formato circular. Os valores de vazão da nascente apresentaram relação direta com a precipitação na microbacia, porém com um efeito retardado, não aumentando imediatamente após uma precipitação de maior intensidade. Constatou-se que o mês de maior vazão em 2017 foi o de janeiro, o que pode ser explicado pelo histórico de chuva da região, em que o mês de dezembro é o de maior precipitação. Por fim, percebeu-se que a microbacia apresenta carência de atividade de conservação, sendo necessário um plano de manejo que envolva a comunidade local, a fim de aumentar sua produção de água, e assim, contornar os problemas de seca constantemente enfrentados pela região.

Palavras-chave: morfometria de bacias; vazão de nascentes; resistência mecânica do solo.

1 INTRODUÇÃO

As características físicas das bacias hidrográficas são de fundamental importância para analisar o comportamento da água na área compreendida pela bacia, assim como permite maior condicionamento para o estudo do seu ciclo hidrológico (VILLELA e MATOS, 1975). Muitas destas características são em grande parte controladas ou influenciadas pela estrutura geológica da bacia (TONELLO, 2005). Assim, o comportamento hidrológico de uma bacia hidrográfica ocorre em função de suas características geomorfológicas (forma, relevo, rede de drenagem, etc), do tipo de formação florestal e cobertura do solo observada e das ações antrópicas, as quais podem atuar negativamente no ciclo hidrológico (LIMA, 1976).

De acordo com Leal & Tonello (2016), as características físicas de uma bacia hidrográfica, principalmente as associadas ao relevo, à forma e à rede de drenagem, são intimamente ligadas ao tempo e velocidade de escoamento da água, resultando em maior ou menor infiltração de água no solo. Lima (1986) afirma que a área da bacia hidrográfica tem influência sobre a quantidade de água produzida como deflúvio, enquanto a forma e o relevo da bacia influenciam a taxa ou o regime da sua produção de água, assim como a taxa de sedimentação. Já o padrão de drenagem da bacia afeta a disponibilidade de sedimentos, bem como a taxa de formação do deflúvio.

Mora (2008) afirma que a morfometria de um terreno reflete sobre as características de sua superfície terrestre, assim como suas formas e a evolução do relevo, aos quais descrevem as características físicas das bacias hidrográficas, ou seja, sua fisiografia. Contudo, a análise do relevo proporciona resumir a história das interações dinâmicas que ocorrem entre os processos litológico e tectônico.

Entende-se como fisiografia a descrição da natureza, com diferentes enfoques. Van Zuidam (1986) define fisiografia como “a descrição dos aspectos físicos (abióticos) da terra e a descrição da paisagem terrestre, incluindo aspectos de uso da terra, vegetação e influência humana”. Oliveira *et al.* (1994), definem a morfometria como sendo o estudo quantitativo das formas de relevo.

Silva e Tonello (2014) afirmam que a caracterização morfométrica de uma bacia hidrográfica é um trabalho de extrema importância para conhecer a dinâmica ambiental da região, permitindo a qualificação de alterações ambientais e análise de

vulnerabilidade, por revelarem indicadores físicos específicos para um dado local. Assim sendo, as bacias hidrográficas se constituem em unidades naturais para a análise de ecossistemas, apresentando características próprias, as quais permitem utilizá-las para testar os efeitos do uso da terra nos ecossistemas (CASTRO, 1980).

Segundo Christofolletti *et al.* (1993), citados por Rodrigues *et al.* (2008), os processos de desenvolvimento e ocupação de um terreno têm gerado uma crescente necessidade de estudos de elementos da paisagem para subsidiar o planejamento e elaboração de ações que visam mitigar os efeitos da degradação ambiental pela atividade humana. Nardini *et al.* (2013) diz que “o uso de técnicas e cálculos utilizados de forma a quantificar e caracterizar morfometricamente bacias hidrográficas são de importância fundamental no auxílio para planejamento dessas áreas, com a finalidade de preservação ambiental e manutenção de produção de água em quantidade e qualidade”. Os parâmetros abordados na morfometria de bacias hidrográficas, a saber: a forma da bacia, a densidade de drenagem, o índice de circularidade, entre outros, podem revelar indicadores físicos específicos para um dado local, de forma a qualificarem as alterações ambientais (ALVES & CASTRO, 2003).

Sabendo disso, é necessário realizar um estudo morfométrico da microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, localizada no município de Itambacuri, Minas Gerais, no qual a população local vem passando por intensas crises hídricas. A microbacia pertence à Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus, que apresenta como principal causa de sua degradação o desmatamento indiscriminado, tanto nas cabeceiras como na região dos tabuleiros costeiros. Além disso, há a ausência quase absoluta de práticas conservacionistas na implantação e manutenção das áreas de cultivo na região, e boa parte da bacia não possui cobertura vegetal, o que aumenta a velocidade de assoreamento dos rios.

A partir da aquisição dos dados morfométricos, torna-se possível um estudo mais aprofundado quanto às reais condições ambientais da microbacia, relacionando-a à falta de chuva, e o quanto suas características físicas influem na precipitação da região. Assim, os objetivos deste capítulo foram:

- Elaborar o mapeamento da microbacia hidrográfica da bacia do rio São Mateus;
- Caracterizar morfometricamente a microbacia em questão, assim como seu uso/cobertura do solo;

- Realizar a medição da resistência mecânica do solo à penetração em vários pontos na área de contribuição da nascente;
- Monitorar a vazão da nascente localizada na microbacia;
- Relacionar a vazão da nascente com os índices pluviométricos da região, assim como com as características do solo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Sistemas de Informações Geográficas

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) têm se mostrado como uma das mais importantes ferramentas computacionais para a gestão de bacias hidrográficas, visto que esta proporciona a manipulação de múltiplos dados simultaneamente. Os SIG possibilitam, por exemplo, a análise dos impactos ambientais provocados por contaminação e perdas do solo, visando identificar áreas com maiores riscos e danos do ponto de vista ambiental (CAVALLARI, *et al.*, 2007).

O Sensoriamento Remoto (SR) é uma tecnologia que nos proporciona obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície (FLORENZANO, 2002). Os avanços dos SIG associados ao SR nos possibilita uma economia nos custos e no tempo para realização de atividades quando comparada às campanhas de campo realizadas no passado. As informações obtidas pelo SR permite gerar Modelos Digitais de Elevação Hidrologicamente Consistentes (MDEHC), tal como a missão *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), realizada em 2000 a bordo da nave *Endeavour*, têm ganhado relevância por advirem de uma técnica rápida e acurada de coletar dados topográficos (RABUS *et al.*, 2003).

Tonello (2005) afirma que os SIG têm sido muito utilizados devido à sua flexibilidade e disponibilidade, em diversas áreas do conhecimento, contudo no estudo de bacias hidrográficas, onde é possível conseguir várias informações espaciais utilizando estes sistemas computadorizados. Essas informações, depois de armazenadas digitalmente, são apresentadas visual e graficamente, condicionando estabelecer comparações e correlações entre elas. Segundo Elesbon *et al.* (2011), as vantagens da automação dessas informações são a maior eficiência e confiabilidade dos processos, a reprodutibilidade dos resultados e a possibilidade de armazenamento e compartilhamento dos dados digitais.

Segundo a Environmental Systems Research Institute (ESRI, 2015) a modelagem digital da superfície de uma bacia hidrográfica, de modo consistente, significa representar o relevo de forma a reproduzir, com exatidão, o caminho

preferencial do escoamento da água superficial observado no mundo real. Neste trabalho, foi utilizado SIG para a caracterização morfométrica da micro-bacia hidrográfica em estudo, a fim de obter os parâmetros, em termos quantitativos, dos aspectos físicos da bacia, a saber: perímetro e área da bacia; declividade; extensão dos cursos d'água, entre outros.

2.2 Morfometria de bacias hidrográficas

Um dos primeiros e mais comuns procedimentos executados para a análise hidrológica no planejamento do manejo de uma bacia hidrográfica é sua caracterização morfométrica. Para Soares (2000), o movimento da água depende fundamentalmente da morfometria da bacia, por isto seu conhecimento é fundamental para o estabelecimento de estratégias de manejo. Já para Pinto *et al.* (2005), a caracterização do meio físico da bacia hidrográfica, com o objetivo de apurar os problemas relacionados à manutenção da água, é condição básica para um planejamento bem sucedido da conservação e produção de água.

O objetivo da caracterização morfométrica é esclarecer e entender a dinâmica hidrológica, local e regional da bacia estudada (TEODORO *et al.*, 2007). A morfometria de bacias hidrográficas compreende, então, o estudo da forma física da bacia a partir do polígono formado pelo seu divisor topográfico e sua configuração planialtimétrica (TONELLO, 2005). Oliveira *et al.* (1994) definem, resumidamente, a morfometria como sendo o estudo quantitativo das formas de relevo. Segundo Christofolletti (1999), a morfometria é um tipo de avaliação quantitativa que revela indicadores físicos específicos de forma a qualificar as alterações ambientais que ocorreram e/ou ocorrem na bacia hidrográfica. Assim, os parâmetros morfométricos encontrados servem como referencial para o planejamento ambiental e auxiliam a tomada de decisão nos projetos de gestão dos recursos hídricos, uma vez que eles correspondem a um conjunto de procedimentos que caracteriza os aspectos geométricos e de composição dos sistemas ambientais.

Tonello *et al.* (2006) afirmam que as características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica possuem um papel importante nos processos do ciclo hidrológico.

Tais características influenciam a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração, além dos escoamentos superficial e sub-superficial.

A previsão de fenômenos como enchentes, inundações e erodibilidade do solo em uma bacia hidrográfica conta com os indicadores físicos da bacia, determinados através de sua caracterização morfométrica (CARDOSO *et al.*, 2006). Esta caracterização permite avaliar o potencial hídrico de uma região, tomando-se, portanto, um instrumento fundamental para o manejo de bacias hidrográficas. A formulação de um conjunto integrado de ações sobre o meio ambiente, a fim de promover a conservação e utilização sustentável dos recursos naturais, principalmente dos recursos hídricos, também é permitida a partir daí (TONELLO, 2005).

Para entender essas relações existentes entre as características físicas e os processos hidrológicos de uma bacia hidrográfica, torna-se necessário expressar as características da bacia em termos quantitativos (LIMA, 2008), tais como: área e perímetro da bacia; comprimento do seu canal principal; fator de forma; índice de circularidade; declividade geral e média da bacia, entre outros, seguindo as características geométricas e da rede de drenagem da bacia hidrográfica.

2.3 Compactação do solo

A compactação do solo se caracteriza pelo aumento de sua densidade, e pode ser ocasionada por vários fatores inerentes às ações antrópicas, desde a ocupação humana em áreas rurais, até o uso de maquinários agrícolas e florestais.

Em termos de propriedades físicas, um solo compactado apresenta: aumento de sua resistência; redução da porosidade, onde há uma redução do volume de macroporos, enquanto os microporos permanecem praticamente inalterados (Stone *et al.*, 2002); redução da permeabilidade; e redução da disponibilidades de nutrientes e água. Os macroporos são responsáveis pelos espaços “vazios” na estrutura do solo, ou seja, pela porosidade do solo, e estes estão relacionados diretamente com a permeabilidade e infiltração de água no mesmo, uma vez que a infiltração é o processo de passagem de água da superfície para dentro do solo, podendo atingir maiores profundidades (por meio da percolação). A partir disso, pode-se entender que quanto mais poroso um solo

for, maior será o transporte de água por ele, favorecendo o reabastecimento de lençóis freáticos e de corpos d'água.

2.4 Mata ciliar

As matas ciliares são formações florestais ou outros tipos de vegetação que estão presentes nas margens de um curso d'água. Segundo Martins & Dias (2001), a mata ciliar também é conhecida como floresta ripária, mata de galeria, floresta beiradeira ou ribeirinha. Ela forma uma comunidade de plantas, animais e outros organismos vivos que interagem com o curso d'água, sendo componente fundamental de um ecossistema.

Essa formação vegetal atua como barreira física, regulando os processos de troca entre os ecossistemas terrestres e aquáticos e desenvolvendo condições propícias à infiltração (KAGEYAMA, 1986; LIMA, 1989). Sua presença reduz significativamente a possibilidade de contaminação dos cursos d'água por sedimentos, resíduos de adubos e defensivos agrícolas, conduzidos pelo escoamento superficial da água no terreno. Segundo Lourence *et al.* (1984), citados por Ribeiro (1998), o ecossistema mata ciliar se apresenta como um excelente consumidor e tampão de nutrientes que estão presentes no escoamento advindo de agrossistemas vizinhos.

2.5 Vazão em bacias hidrográficas

A vazão (Q) de um rio é a quantidade de volume de água que escoar através de certa seção em um intervalo de tempo. São diversos os processos para a determinação de vazão de um curso d'água, que geralmente são feitas de forma indireta, ou seja, a partir da medição de velocidade ou do nível da água (COLLISCHONN & TASSI, 2008).

Segundo Carvalho (2008), entende-se por vazão o volume de água que passa numa determinada seção do rio por unidade de tempo, a qual é determinada pelas variáveis de profundidade, largura e velocidade do fluxo, e é expressa comumente no sistema internacional (SI) de medidas em m³/s (metros cúbicos por segundo).

Carvalho & Silva (2006) afirmam que a vazão, ou volume escoado por unidade de tempo, é a principal grandeza que caracteriza o escoamento de água em uma bacia

hidrográfica. Segundo estes autores, podem ser obtidas a vazão média diária, que é a média aritmética das vazões ocorridas durante o dia, e a vazão específica, que é a vazão por unidade de área da bacia hidrográfica, expressa em $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$; $\text{L}/\text{s}/\text{km}^2$, ou $\text{L}/\text{s}/\text{ha}$ de área da bacia. Esta última vazão é a forma potente de expressar a capacidade de uma bacia em produzir escoamento superficial e serve como elemento comparativo entre bacias.

O monitoramento da vazão de um curso de água é importante para quantificar o volume de água numa bacia hidrográfica. Assim, as alterações do uso e ocupação do solo causadas pelas diversas atividades desenvolvidas na bacia interferem diretamente no regime temporal e espacial da vazão e na qualidade da água. Portanto, o monitoramento da vazão, pode então fornecer informações importantes sobre o equilíbrio da bacia (MAFFIA *et al.*, 2009)

Uma das limitações para o monitoramento da vazão de nascentes em bacias hidrográficas é a escassez de dados (SILVEIRA e TUCCI, 1998). Segundo estes autores, bacias pequenas, menores que 100 km^2 , possuem carência em dados de vazão, e muitos dos dados disponíveis são derivados de adaptações de bacias maiores, muitas vezes com mais de 300 km^2 . Diversas são as razões para a escassez de dados como a falta de redes de monitoramento, entre elas, o alto custo de instalação de uma estação hidrométrica.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi realizado numa microbacia hidrográfica localizada na zona rural do município de Itambacuri, em Minas Gerais, mais precisamente na Comunidade Córrego de Areia. A microbacia se insere numa sub-bacia hidrográfica de cabeceira da grande bacia do Rio São Mateus (Figura 4). O rio São Mateus é formado por dois braços: o rio Cotaxé (braço Norte), que nasce no município de Itambacuri - MG, com 244 Km (quilômetros) de extensão; e o rio Cricaré (braço Sul), que nasce no município de São Félix de Minas - MG, com 188 Km. Sua macrorregião hidrográfica é o Atlântico Leste, sub-bacia do Rio São Mateus (PROPOSTA DE INSTITUIÇÃO DO COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS, 2008).

Segundo a classificação de Köppen-Geiger, o clima onde está inserida a microbacia estudada, que corresponde à região de cabeceira da grande bacia do Rio São Mateus, é tropical com estação seca (Aw), caracterizado por chover muito mais no verão que no inverno. A temperatura média é 23,5 °C, com uma pluviosidade média anual de 1135 milímetros (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO DO MUNICÍPIO DE ITAMBACURI - MG, 2016).

3.2 Delimitação da microbacia hidrográfica e mapa de uso/cobertura do solo

A delimitação e o mapeamento de uma bacia hidrográfica é imprescindível para executar sua caracterização e análises hidrológicas e/ou ambientais. Cardoso et. al. (2006) afirmam que, para isso, tem sido comum a utilização de informações de relevo em formato analógico, como mapas e cartas, porém, isso compromete a confiabilidade e a reprodução dos resultados devidos à carga de subjetividade inerente aos métodos manuais. Contudo, o advento e consolidação dos Sistemas de Informações Geográficas (SIG) e, conseqüentemente, o surgimento de formas digitais consistentes de representação do relevo, como os Modelos Digitais de Elevação (MDE), fez com que métodos automáticos para delimitação de bacias fossem desenvolvidos e disseminados

nos trabalhos de caracterização de bacias hidrográficas (GARBRECHT e MARTZ, 1999).

A imagem utilizada para mapeamento da microbacia foi fornecida gratuitamente pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Ela possui resolução espacial de 5 m e foi obtida no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). A hidrografia da região da microbacia também foi conseguida pelo banco de dados disponibilizados pelo IBGE. Ela se apresenta na escala de 1:50000. Foi elaborado o MDE, com resolução de 5 metros, através do interpolador *Topo to Raster* do *software ArcGIS 10.3.1*, utilizando pontos cotados, hidrografia, e curvas de nível.

Para delimitação da microbacia, foi realizada uma série de procedimentos com base em funções matemáticas no *software ArcGIS 10.3.1*. Para gerar o MDEHC, foram eliminadas as depressões espúrias, que são células cercadas por outras de maiores valores de elevação, utilizando o comando *Fill*. Foi gerada a direção de escoamento pelo comando *Flow direction* e o fluxo acumulado, que é o número de células que estão à montante de determinada célula na microbacia, pelo comando *Flow accumulation* do *ArcGIS 10.3.1*. Desta forma, o escoamento superficial originado em um ponto da microbacia converge para a hidrografia, e desta para a foz. Segundo Macêdo (2009), isso possibilita o aprofundamento do relevo ao longo da hidrografia.

No que se refere ao uso e cobertura do solo da microbacia, seu conhecimento é essencial para a gestão e o planejamento de ações que proporcionam a conservação e manutenção do meio ambiente de forma adequada à realidade local (LEAL, 2016). Para tal, foi utilizada imagem do aplicativo *Google Earth* do ano de 2018, disponibilizada gratuitamente pela *Google*, ao qual foi georeferenciada no *software ArcGIS 10.3.1*. As amostras para o treinamento da classificação do uso e cobertura do solo foram obtidas manualmente através do comando *Training Sample Manager* do *ArcGIS 10.3.1*. Sabendo que a microbacia não possui áreas edificadas, o uso do solo foi separado em 3 classes: floresta, pastagem, e solo exposto, e a classificação foi então realizada pelo comando *Maximum Likelihood Classification*.

3.3 Morfometria da micro-bacia hidrográfica

Uma vez delimitada a área da microbacia, foram determinadas diferentes características físicas, como área e perímetro da bacia, fator de forma, coeficiente de compacidade, índice de circularidade, declividade, altitude, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água, entre outros (Quadro 4).

Quadro 4. Índices morfométricos calculados para a microbacia em estudo.

Índices morfométricos	
Área total (A)	Altitude mínima
Perímetro total (P)	Altitude média
Coeficiente de Compacidade (Kc)	Altitude máxima
Fator de forma (F)	Comprimento do curso d'água principal (Lp)
Índice de circularidade (IC)	Índice de sinuosidade do curso d'água principal (Is)
Orientação	Comprimento total dos cursos d'água (Lt)
Declividade mínima	Densidade de drenagem (DD)
Declividade média	Ordem dos cursos d'água
Declividade máxima	

Os valores dos parâmetros morfométricos foram obtidos pelas fórmulas calculadas no *software ArcGIS* da ESRI, após o mapeamento da microbacia. A forma como se obtém para cada índice, e como ele é calculado, é mostrado a seguir.

3.3.1 Área e perímetro da microbacia

São parâmetros básicos utilizados para demais cálculos de variáveis morfométricas. São definidos com base na linha que delimita o divisor de águas das bacias (divisor topográfico). A área total (A) é expressa em km² e o perímetro total (P) em km (COLLARES, 2000).

Segundo Lima (2008), a área da bacia influencia o volume de água captado, devido à área de nuvem sobreposta e à distribuição espacial das chuvas sobre a bacia.

A área e perímetro da microbacia será determinada com uso do *software ArcGis*, após sua delimitação Ítem (4.2).

3.3.2 Fator de Forma

O fator de forma da microbacia em estudo foi determinado de acordo com Horton (1932). Segundo este autor, o fator de forma (F) relaciona a forma da bacia com a de um quadrado, se caracterizando como a razão entre a largura média e o comprimento axial da bacia - esta corresponde ao eixo que vai da foz ao ponto mais longínquo da área (Tonello *et al.*, 2006), com a área de um quadrado. Dessa forma:

$$F = \frac{\text{Área da bacia hidrográfica}}{\text{Área de um quadrado}} = \frac{A}{L*L} = \frac{A}{L^2}, \text{ logo: } F = \frac{A}{L^2}$$

Em que:

A = área total da bacia (km^2);

L = comprimento axial da bacia ou maior comprimento (km).

O fator de forma informará sobre o comportamento hidrológico da bacia, como, por exemplo, o tempo de concentração (T_c) da água na bacia. Comparativamente, bacias de fator de forma de maior valor, têm maiores chances de sofrerem inundações (menor tempo de concentração) do que bacias de fator de forma menor (LIMA, 2008). Segundo Villela e Mattos (1975), uma bacia com um fator de forma baixo é menos sujeita a enchentes que outra de mesmo tamanho, porém com fator de forma maior.

3.3.3 Coeficiente de Compacidade (Kc)

O coeficiente de compacidade relaciona a forma da bacia com a de um círculo. Constitui, portanto, a relação entre perímetro da bacia (P) e a circunferência de um

círculo de área (A) igual à da bacia (TONELLO *et al.*, 2006). O Kc da microbacia em estudo foi determinado então, pela seguinte expressão:

$$Kc = 0,2821 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Onde:

Kc = coeficiente de compacidade (≥ 1);

P = perímetro da bacia;

A = área total da bacia;

L = maior comprimento.

De acordo com Villela & Mattos (1975), esse coeficiente é um número adimensional que varia com a forma da bacia, independentemente de seu tamanho. Quanto mais irregular for a bacia, maior será o coeficiente de compacidade. Um coeficiente mínimo igual à unidade corresponderia a uma bacia circular e, para uma bacia alongada, seu valor é significativamente superior a 1. Uma bacia será mais suscetível a enchentes mais acentuadas quando seu Kc for mais próximo da unidade.

3.3.4 Índice de Circularidade (IC)

Proposto por Miller em 1953 (LIMA, 2008), o índice de circularidade é definido como a relação existente entre a área da bacia (A) e a área de um círculo de igual perímetro (COLLARES, 2000). Desta forma, o Ic da microbacia foi definido segundo a expressão:

$$IC = \frac{12,57 * A}{P^2}$$

Em que:

IC = índice de circularidade (≤ 1);

A = área total da bacia;

P = perímetro da bacia.

Concomitantemente ao coeficiente de compacidade, o índice de circularidade tende para unidade (IC = 1,0) à medida que a bacia se aproxima da forma circular e diminui (IC → 0; *tendendo a zero*) a medida que a forma torna-se alongada (TEODORO *et al.*, 2007).

3.3.5 Índice de sinuosidade do curso d'água principal (Is)

Esse índice expressa a relação entre o comprimento do canal principal da bacia e a distância em linha reta entre dois pontos extremos do canal principal, descrevendo o grau de sinuosidade do curso d'água. Ele é um fator controlador da velocidade de escoamento das águas (VILELA & MATTOS, 1975). Ele é interpretado da seguinte forma: valores mais próximos a 1,0 indicam que o canal tende a ser retilíneo, e valores superiores a 2,0 indicam canais mais tortuosos, e os valores intermediários indicam formas transicionais, regulares e irregulares.

$$I_s = \frac{L_p}{d_v}$$

Em que:

I_s = índice de sinuosidade;

L_p = comprimento do canal principal;

d_v = distância vetorial entre os dois pontos extremos do canal principal.

3.3.6 Declividade e altitude

De acordo com Villela e Mattos (1975), a declividade da bacia hidrográfica é uma característica do seu relevo e controla, em boa parte, a velocidade do escoamento superficial, afetando a taxa de infiltração da água de chuva, bem como a susceptibilidade para a erosão dos solos, que é responsável pelo assoreamento.

O Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) foi utilizado como entrada para a geração do mapa de declividade e da altitude da microbacia. Baseando-se na Embrapa (1979), a declividade foi classificada em seis intervalos (Quadro 5).

Quadro 5. Classificação da declividade de acordo com a Embrapa (1979).

Classes de Declividade (%)	Discriminação do Relevo
0 - 3	Plano
3 - 8	Suavemente ondulado
8 - 20	Ondulado
20 - 45	Fortemente ondulado
45 - 75	Montanhoso
> 75	Fortemente montanhoso

3.3.7 Ordem

Será utilizada neste trabalho a classificação apresentada por Strahler (1957), em que os canais sem tributários são designados de primeira ordem. Os canais de segunda ordem são os que se originam da confluência de dois canais de primeira ordem, podendo ter afluentes também de primeira ordem. E os cursos d'água de terceira ordem são aqueles que se originam da confluência de dois canais de segunda ordem, podendo receber afluentes de segunda e primeira ordens, e assim sucessivamente (SILVEIRA, 2001). A junção de um canal de dada ordem a um canal de ordem superior não altera a ordem deste.

3.3.8 Densidade de drenagem (Dd)

A densidade de drenagem, segundo Horton (1932), correlaciona o comprimento total dos canais de uma bacia hidrográfica - sejam eles perenes, intermitentes ou temporários - com a área ocupada pela mesma, e é expressa em km/km². Desta forma, a Dd da microbacia em questão foi obtida pela expressão:

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Onde:

Lt = comprimento de todos os canais da bacia;

A = Área total da bacia.

A densidade de drenagem é um índice importante, pois é influenciado pela geologia, topografia, solo e pela cobertura vegetal da bacia hidrográfica, e está relacionada com o tempo gasto para a saída do escoamento superficial da bacia (HORTON, 1932).

3.3.9 Orientação da bacia

A orientação da bacia hidrográfica corresponde à sua exposição aos raios solares, tomando-se como referência os pontos cardeais (TONELLO *et al.*, 2006), ou seja, corresponde à orientação do maior comprimento (L) da bacia aos pontos cardeais: N, NE, E, SE, S, SW, W e NW, seguindo o sentido de sua saída (foz).

3.4 Resistência mecânica do solo à penetração

Segundo Resende *et al.* (1997), o solo funciona como um reservatório dinâmico de água, onde suas características podem influenciar o sistema de distribuição de água, especialmente infiltração, afetando de forma direta o processo de recarga de aquíferos. Ele ainda afirma que este processo está diretamente associado a atributos do solo que governam sua capacidade de infiltração e seu uso, características tais que estão relacionados ao seu grau de compactação, além da sua posição na paisagem.

Segundo Colet *et al.* (2009) e Roque *et al.* (2008), a resistência do solo à penetração é o atributo físico do solo mais usado atualmente como indicativo da compactação do solo,. Esta medida é útil para estimar o grau de compactação, bem como para localizar camadas de solo compactadas.

A medição da resistência mecânica à penetração do solo foi realizada pelo equipamento *Solo Track Falker* (figura 13), onde os dados foram transferidos e salvos em um computador, juntamente com a posição geográfica, identificada pelo GPS, dos pontos amostrados, para posterior mapeamento utilizando SIG (Sistema de Informações Geográficas), com auxílio do *software ArcGis*. O equipamento *Solo Track Falker* vem com um CD-room para instalação do *software software “Compactação do Solo”* no computador, o qual realiza a leitura e gera os gráficos dos dados de resistência mecânica coletados. Este equipamento realiza a medição de 1 em 1 cm (centímetro) de profundidade do solo, ofertando os resultados para cada centímetro, até a profundidade programada pelo operador de 20cm, 40cm e 60cm. Para este trabalho, realizou-se a medição até os 60 cm de profundidade do solo.

Foram coletados dados de resistência mecânica do solo em 9 pontos ao longo da microbacia estudada (Figura 10) sendo que os pontos 8 e 9 foram coletados em trilha onde passa o gado, a fim de relacionar o grau de compactação com o pisoteio do gado. De posse destes resultados, foi feito um levantamento das condições de compactação do solo, inferindo sobre o que se obteve de resistência mecânica, levando em consideração a questão de infiltração de água da chuva no solo e a atual situação de recarga da nascente da microbacia.



Figura 10. Equipamento *Solo Track Falker* e realização da resistência mecânica do solo à penetração.

Foram coletadas 2 amostras compostas de solo na microbacia hidrográfica para análise físico-química: 1 amostra em pastagem e 1 em solo exposto (Figura 11), a 20 cm de profundidade, utilizando-se um trado. As amostras foram enviadas para o Laboratório de Análise de Solo do Departamento de Solo da Universidade Federal de Viçosa. A partir daí, foram obtidas informações quanto as características físico-químicas do solo, tais como textura, densidade de solo e de partícula, pH, entre outras. De posse dos dados, foi analisado o quão suas características influenciam na infiltração de água da chuva no solo, assim como a propensão à erosão e assoreamento.



Figura 11. Realização da coleta de amostra de solo de pastagem e solo exposto, respectivamente, para análise.

3.5 Vazão da nascente da microbacia em estudo

A nascente da microbacia em estudo foi previamente classificada, levando em conta o estado de conservação da vegetação em seu entorno, em: preservada, perturbada ou degradada, de acordo com Pinto (2003). Quando a nascente apresenta pelo menos 50 metros de vegetação natural ao seu redor, que é o previsto pela Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 (Brasil, 2012), e sem sinais de perturbação ou degradação, ela é denominada preservada.

A escolha do método de determinação da vazão depende de alguns fatores, como do volume do fluxo de água, das condições locais, da facilidade de instalação e manutenção, do custo e da exatidão requerida (CERQUEIRA, 2013).

Neste estudo, será utilizado um método indireto para determinação da vazão: o método da calha “H”. A calha do tipo H consiste em uma seção uniformemente convergente, retangular em seção transversal e um piso plano. A garganta é formada pela inclinação para baixo das paredes laterais, na direção do fluxo, que quando se torna maior, a altura efetiva da crista da água também aumenta.

Uma das vantagens das calhas tipo H é o baixo custo de construção e boa precisão sobre uma ampla gama de vazões, conforme o tamanho da calha (CERQUEIRA, 2013). Diversos materiais podem ser utilizados para a construção das calhas “H”, como: alumínio, fibra de vidro, aço galvanizado, PVC e aço inoxidável (Figura 12).



Figura 12. Vertedouro instalado a jusante da nascente na microbacia da bacia do Rio São Mateus, Itambacuri-MG, com calha tipo “H”.

A determinação da vazão, de forma indireta, através da medição do nível da água de um curso d’água é feita através de métodos de simples verificação do nível em intervalos discretos de tempo, como a leitura da régua por um operador, ou através de dispositivos mecânicos ou eletrônicos, onde o monitoramento do nível se dá de forma contínua ao longo do tempo, sendo os registros feitos em papel ou em datalogger (PORTO *et al.*, 2001). Neste trabalho, a medição do nível da água que passa pela calha

“H” foi realizada pelo *levellogger* modelo 3001 LT F15/M5 e o *barologger* modelo (figura 13), durante maio a dezembro de 2017. Estes são dispositivos eletrônicos onde o monitoramento do nível de água se dá de forma contínua ao longo do tempo, sendo os registros feitos em papel ou em *datalogger* (PORTO *et al.*, 2001).



Figura 13. Medidores automatizados de nível de fluidos *barologger* e *levellogger* utilizados neste trabalho.

Os *levelloggers* são medidores automáticos de nível de fluidos que incorporam, em um corpo selado de aço inoxidável, sensores de pressão e temperatura da água, coletor de dados (*datalogger* interno) e bateria interna com vida útil estimada em até 10 anos. Este equipamento fornece uma alternativa de baixo custo para a medição de nível de água, com faixa de operação de até 5 m de coluna d'água, com precisão de 0,1% FS (fundo de escala) e calibração de fábrica permanente (PENNA & OLIVEIRA FILHO, 2012).

Já o *barologger* monitora as variações da pressão atmosférica: enquanto o *levellogger* é instalado submersamente na lâmina d'água, o *barologger* é instalado de forma a não entrar em contato com a água, medindo apenas a pressão exercida pelo ar, diferente do primeiro, que mede a pressão do ar mais a da lâmina d'água que passa pela calha. Os dados coletados por estes dispositivos foram transferidos para o computador por um cabo de transferência de dados (Figura14) e visualizados a partir do *software Levellogger 4.0.3*. Através destas informações, foi feita a compensação da pressão atmosférica nas leituras realizadas pelo Levellogger, resultando em uma melhor precisão na leitura do nível da água.



Figura 14. Cabo de transferência dos dados do levellogger e barologger para o computador.

Também foi realizado o monitoramento da vazão pelo método volumétrico, utilizando-se um balde graduado de volume conhecido, durante janeiro e fevereiro, e de maio até dezembro de 2017. Nos meses de março e abril, período em que não foi realizada a medição da vazão, corresponde à construção do vertedouro e instalação da calha “H”, o que impossibilitou a medição. Toda vez que havia fluxo de água pela calha, realizava-se a medição, a fim de assegurar os resultados de vazão sobre a calha. Foram realizadas três medições por vez, onde o valor de vazão obtido era a média aritmética entre elas. O método volumétrico se baseia no tempo decorrido (t) para que um determinado fluxo de água ocupe um recipiente com volume conhecido. Este método apresenta como vantagens a fácil aquisição dos equipamentos para medição, e a rapidez de operação. Porém, este método é limitado à pequenas vazões, em geral, pequenas fontes d’água, minas e canais de irrigação (PORTO *et al*, 2001).

Antes da construção e instalação do vertedouro, que foi feita em março e abril de 2017, foi construída uma barragem provisória, com a própria terra do local, onde foi colocado um tubo PVC para direcionamento do fluxo de água (Figura 15). Assim, foi possível medir a vazão de água da nascente da microbacia estudada antes da instalação da calha “H”, para se ter dados em um maior período de 2017.



Figura 15. Barragem construída com a terra do local para medição pelo método volumétrico da vazão da nascente da microbacia da bacia do Rio São Mateus, MG.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Morfometria e uso/cobertura do solo da microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus

Diante dos valores expostos no quadro 6, vê-se que a área da microbacia estudada corresponde a uma área pequena, de apenas 0,2 km² (20 hectares), e que ela apresenta apenas um curso d'água (Figura 16). Ela é classificada então como bacia de 1ª ordem, segundo a classificação de Strahler (1957), que afirma que os canais sem tributários são designados de primeira ordem.

Alves (2005), caracterizando a bacia hidrográfica do Córrego Zerede, em Timóteo-MG, a classificaram como de segunda ordem, afirmando que ela pode ser classificada como uma bacia pequena, fornecendo melhor condicionamento para monitoramento dos seus processos hidrológicos. Pode-se dizer o mesmo para a microbacia aqui estudada. Tonello (2005) afirma que é comum bacias hidrográficas consideradas pequenas possuírem ordem do curso d'água inferior ou igual a 4, ao qual refletem os efeitos diretos do uso da terra, e quanto mais ramificada a rede hidrográfica, mais eficiente será seu sistema de drenagem.

O fator de forma (F), o coeficiente de compacidade (Kc) e o índice de circularidade (IC), permitem inferir sobre a forma da microbacia. O Kc relaciona a bacia da bacia com uma circunferência, comparando o perímetro da bacia com o de uma circunferência que possua a mesma área que a bacia, onde o resultado independe do tamanho da bacia, sendo influenciado somente pelo formato da mesma. Quanto mais próximo de 1 é o valor de Kc, mais circular é o formato da bacia, enquanto valores distantes de 1 são típicos de bacias de formato mais irregular.

Tonello (2005) constata que os valores encontrados nos índices F, Kc e IC permitem dizer sobre o tempo de concentração de água na microbacia, a concentração de deflúvio e sua propensão a enchentes. Andrade *et al.* (2008), Mosca (2003) e Vilela (1975), também afirmam que a forma superficial de uma bacia está ligada ao tempo de concentração da água precipitada, e ao tempo que a água leva dos limites da bacia até sua foz.

Quadro 6. Valores dos índices morfométricos calculados.

Índices morfométricos	Valores
Área total (A)	0,2 km ²
Perímetro total (P)	1,7 km
Coefficiente de Compacidade (Kc)	1,05
Fator de forma (F)	0,61
Índice de circularidade (IC)	0,89
Orientação	Noroeste
Declividade mínima	0,1 %
Declividade média	33,9 %
Declividade máxima	82,8 %
Altitude mínima	640,5 m
Altitude média	708.3 m
Altitude máxima	757.9 m
Comprimento do curso d'água principal (Lp)	0,4 km
Índice de sinuosidade (Is)	1,11
Comprimento total dos cursos d'água	0,4 km
Densidade de drenagem (Dd)	1,96 km/km ²
Ordem da bacia	1

A microbacia estudada neste trabalho apresentou um Kc de 1,05, o que indica que a microbacia possui formato semelhante ao de uma circunferência, nitidamente percebido no mapa da figura 16, ao qual seu valor está bem próximo da unidade. Este fato é ainda comprovado pelo IC encontrado, cujo valor é 0,89, também bem próximo de 1. No IC, a relação da forma da bacia com uma circunferência é feita de forma contrária ao coeficiente de compacidade, tanto que os valores de Kc são maiores que 1, e os de IC variam de 0 a 1. Teodoro *et al.* (2007), estudando a microbacia do córrego Marivan em Araraquara, SP, encontraram índice de circularidade próximo ao deste trabalho, sendo de 0,91, ao qual concluíram que o formato da bacia, por se aproximar com o de uma circunferência, favorece a ocorrência de enchentes (CARDOSO *et al.*,

2006). Isso é explicado porque bacias com formato mais circular possuem menor tempo de concentração da água precipitada, ou seja, concentram grande volume de água em um curto período de tempo, ocasionando enchentes acentuadas. Pelos valores dos índices morfométricos acima citados, vê-se que a microbacia em estudo enquadra nesta situação, sendo propensa a ocorrência de enchentes em sua área de drenagem.

O fato acima citado é ainda confirmado pelo fator de forma encontrado, que foi de 0,61, e segundo Lima (2008), bacias de fator de forma de maior valor, têm maiores chances de sofrerem inundações (menor tempo de concentração) do que bacias de fator de forma de menor valor. Já Tonello (2005), estudando a bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, em Minas Gerais, encontrou um valor de F mais baixo, e um Kc mais alto, concluindo que a bacia possui formato alongado, diferente do de uma circunferência, apresentando um maior tempo de concentração e, portanto, menor risco de enchentes.

Pelo mapa da figura 16, é possível perceber também que o maior comprimento da microbacia, paralelo ao curso d'água, seguindo sua foz, ocorre no sentido Noroeste (NW), sendo esta sua orientação. A orientação das bacias hidrográficas influencia as suas relações entre precipitação e deflúvio, uma vez que esse atributo interfere na quantidade de radiação solar recebida pela bacia, o que afeta as perdas por temperatura e evapotranspiração (LIMA, 1994).

Tonello (2006) afirma que, bacias situadas no Hemisfério Sul que apresentam orientação Norte, recebem maior quantidade de calor que as de orientação Sul, esperando-se maior taxa de evapotranspiração nas primeiras. Porém, deve-se levar em consideração também os diferentes tipos de cobertura vegetal que essas bacias podem apresentar. Alves (2005), já informa que as bacias com orientação Leste-Oeste recebem maior quantidade de calor do que as de orientação Norte-Sul, e que o significado quantitativo em termos de produção de água das nascentes ainda é muito desconhecido quanto essas diferenças de orientações. A primeira autora diz que espera-se uma maior produção de água em nascentes de orientação Leste do que as de orientação Oeste, e também constata que a diferença de produção de água das nascentes em relação às orientações Norte e Sul ainda é muito desconhecida, em termos quantitativos.

O comprimento do curso d'água da microbacia foi de 0,4 km, e seu índice de sinuosidade foi de 1,11. Valores mais próximos de 1,0 desse índice revelam que ele

apresenta sinuosidade relativamente baixa, e valores acima de 2,0 mostra que o curso d'água tende a ser mais tortuoso. Valores intermediários indicam que o curso d'água é transicional, regular ou irregular. Neste trabalho, tem-se então um curso d'água transicional, próximo ao padrão linear. Lopes *et al.* (2007), estudando a bacia hidrográfica do Córrego Jataí, Jataí-GO, acharam um valor de Is bem próximo ao deste trabalho, a saber, 1,17, afirmando que o canal sofre influência da carga de sedimentos, da compartimentação litológica, da estruturação geológica da bacia e da declividade dos canais (VILELA & MATTOS, 1975). Já Alves & Castro (2003), em um estudo da Bacia Hidrográfica do Rio Tanque, em MG, verificaram uma maior sinuosidade do canal principal, encontrando um valor de 2,12.

A declividade de um terreno, segundo Oliveira *et al.* (2010), se caracteriza pela variação de altitude entre dois pontos do terreno e a distância horizontal que os separa. A declividade média de uma bacia hidrográfica é de grande importância, principalmente para bacias de área reduzida. Neste trabalho, a área da microbacia foi separada em 5 classes de declividade (Figura 16), encontrando um valor de 33,9% de declividade média.

Pollo *et al.* (2012), estudando a morfometria da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, em Botucatu-SP, separaram seis intervalos de classes de declividade baseado em Lepsh *et al.* (1991), em que, se a bacia apresentar declividade média entre 0 a 3%, ela pode ser considerada de relevo plano; de 3 a 6%, relevo suave ondulado; de 6 a 12% ondulado; de 12 a 20% forte ondulado; de 20 a 40% montanhoso; e maior que 40% escarpado. Considerando essa classificação, podemos dizer que a microbacia em estudo é de relevo montanhoso.

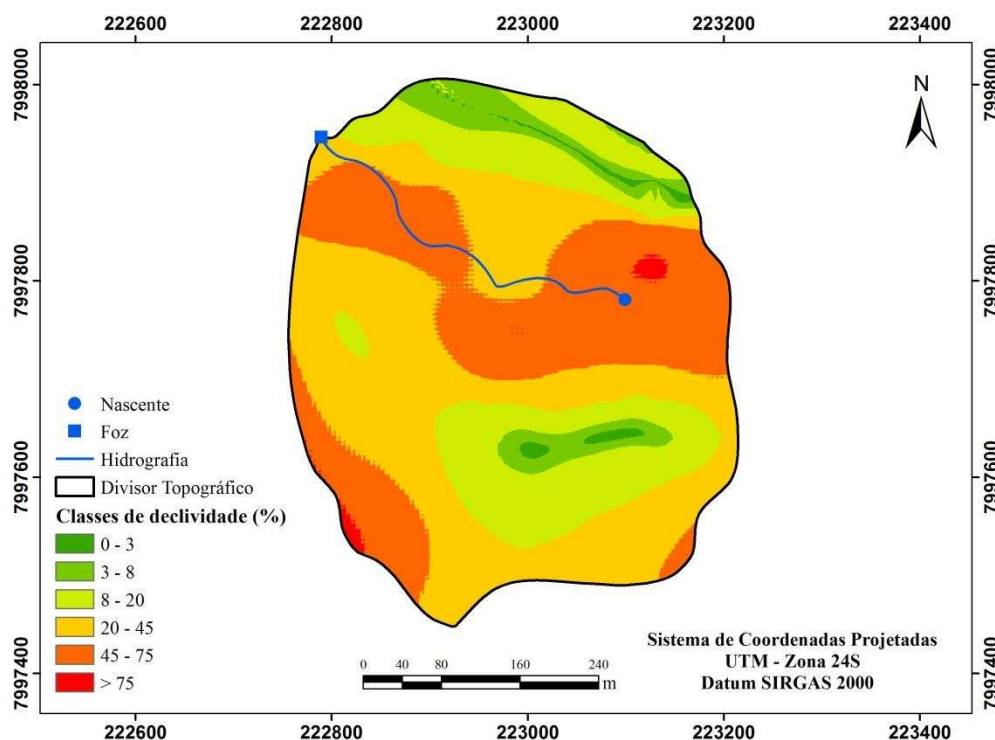


Figura 16. Microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, em Itambacuri, MG (2018), com sua área representada em 6 classes de declividade, propostas pela Embrapa (1979).

Pollo *et al.* (2012) encontraram uma declividade média diferente, de 10,6% em seu estudo, tendo a microbacia do Ribeirão Água Lucia um relevo ondulado pela classificação de Lepsh *et al.* (1991). Este autor cita que, quanto maior a declividade geral da bacia, mais rapidamente a água irá escoar no sentido de seu maior comprimento, fato tal de maior chance de acontecer para a microbacia do Rio São Mateus em estudo. Já pela classificação sugerida pela EMBRAPA (1979), a microbacia se classificaria como relevo fortemente ondulado (20 a 45%), não chegando a relevo montanhoso ao qual compreende ao intervalo de 45 a 75% de declividade.

Vilella & Mattos (1975), diz que, além da velocidade de escoamento da água na bacia, o relevo também tem grande influência sobre os fatores meteorológicos, tais como a temperatura, precipitação, evaporação, entre outros, que variam em função da altitude da bacia. Segundo estes mesmos autores, quanto maior a declividade, maior a velocidade de fluxo e os hidrogramas de enchentes se apresentarão mais estreitos e pronunciados.

Alves (2005) também encontrou um valor alto para a declividade média da bacia do Córrego Zerede em MG, sendo de 55%. Segundo este autor, fatores como a ausência de cobertura vegetal, fato comum na microbacia do Rio São Mateus em estudo, a classe de solo, intensidade de chuvas, dentre outros, associada à maior declividade, condicionará a maior velocidade de fluxo da água sobre a superfície do solo, desfavorecendo sua infiltração, o que prejudica a quantidade de água armazenada no solo. Por fim, a bacia tende a ter enchentes mais pronunciadas, sujeitando a bacia, a degradação. Para a microbacia em estudo, o fato acima citado é ainda agravado devido a ela apresentar formato circular, que como mencionado anteriormente, diminui o tempo de concentração da água precipitada.

Já Oliveira *et al.* (2010), estudando a morfometria da bacia hidrográfica do Ribeirão Salobra, em Terenos-MS, a partir de dados da missão SRTM (Shuttle Radar Topography Mission), encontraram uma declividade média bem inferior ao deste trabalho, de apenas 3,73%, além de dela apresentar um formato alongado. Fatos tais que a caracterizam por possuir baixa suscetibilidade a enchentes em condições normais de precipitação.

Quanto à altitude média encontrada para a microbacia, ela apresentou um valor de 708,3 m (Figura 17), uma altitude relativamente elevada. A altitude mínima já apresenta um valor elevado, de 640,5 m. Para Castro & Lopes (2001), em altitudes elevadas, a temperatura é mais baixa, e apenas uma quantidade de energia é utilizada para evaporar a água. Além disso, segundo estes autores, essas áreas de maior altitude tendem receber uma maior quantidade de precipitação.

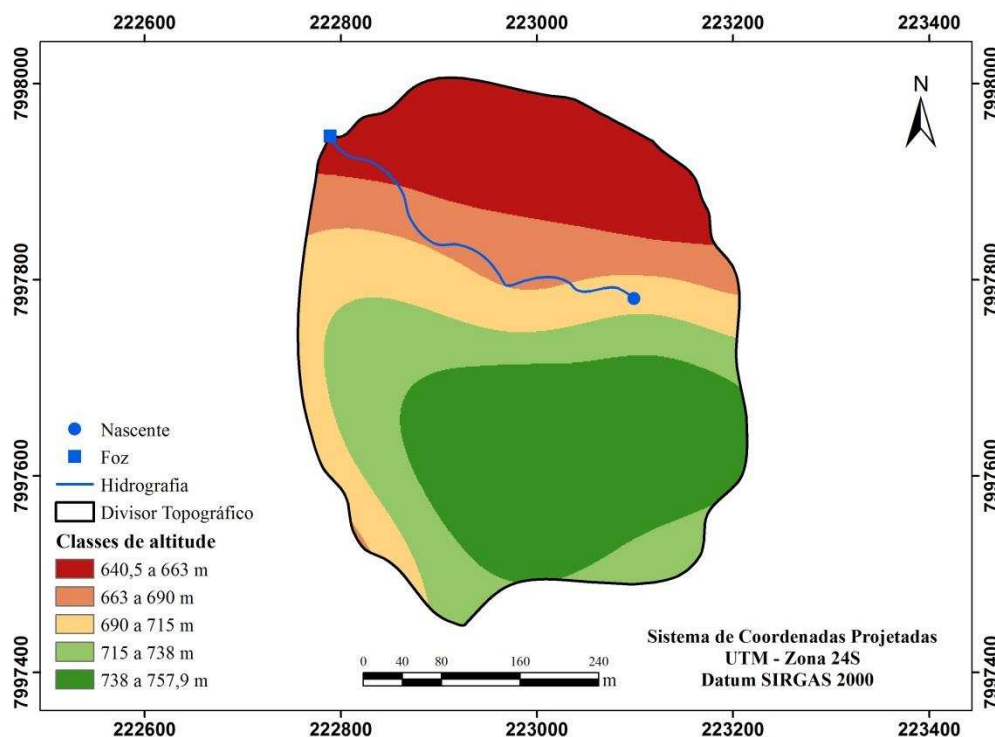


Figura 17. Microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, com sua área separada em classes de altitude, Itambacuri, MG, 2018.

Borsonato & Martoni (2004), também relacionam a altitude com a precipitação na bacia hidrográfica. Segundo estes autores, tanto a variação de altitude na bacia, como sua altitude média, são fatores importantes relacionadas à precipitação e temperaturas, onde variações grandes de altitude dentro da bacia serão responsáveis por diferenças significativas de temperatura e de precipitação.

A microbacia estudada apresenta uma amplitude de variação de altitude de 117,4 m, sendo os valores compreendendo entre 640,5 a 757,9 m. Cardoso & Marcuzzo (2012), realizando um estudo temporal e das chuvas na parte brasileira da bacia do Rio Paraguai constataram uma relação direta da altitude com a precipitação na bacia, onde as áreas de maior altitude da bacia se coincidem com as de maior precipitação. De acordo com estes autores, as grandes altitudes servem de barreiras naturais para as chuvas, fazendo com que a umidade fique retida a essas regiões, dificultando sua chegada com maior intensidade nas outras regiões da bacia.

Pollo *et al.* (2012), encontraram um valor de 559 m de altitude média para a microbacia do Córrego Lucia, com uma amplitude de variação próxima a deste trabalho,

de 158 m. Já Tonello (2006), encontraram uma amplitude de variação bem mais alta, de 453 m, com uma altitude média de 955 m. Segundo esta autora, a altitude média influencia na quantidade de radiação solar que a mesma recebe, em que, quanto maior ela for, menos energia solar ela recebe, influenciando assim, a temperatura, precipitação e a evapotranspiração.

A microbacia do Rio São Mateus apresentou Dd de $1,96 \text{ km/km}^2$, sendo caracterizada por possuir baixa densidade de drenagem, de acordo com Christofolletti (1969), ao qual destaca que bacias com Dd menores que $7,5 \text{ km/km}^2$ apresentam baixa densidade de drenagem. As que possuem entre $7,5$ e $10,0 \text{ km/km}^2$ de Dd apresentam média densidade, e as com valores acima de $10,0 \text{ km/km}^2$, apresentam alta densidade hidrográfica. Este parâmetro morfométrico é um fator importante na indicação do grau de desenvolvimento do sistema de drenagem de uma bacia, que ajuda substancialmente o planejamento do manejo da bacia hidrográfica (CARDOSO *et al.*, 2006).

Pollo *et al.* (2012) também encontrou uma baixa Dd para a microbacia do Ribeirão Água da Lúcia, SP. Ele encontrou um valor menor ao encontrado neste trabalho para a microbacia do Rio São Mateus, sendo de $1,08 \text{ km/km}^2$. Já segundo este mesmo autor, esse índice pode variar de $0,5 \text{ km/km}^2$ em bacias com drenagem baixa, a $3,5 \text{ km/km}^2$ ou mais, em bacias bem drenadas. Oliveira *et al.* (2010), encontrou um valor ainda mais baixo para a bacia hidrográfica do Ribeirão Salobra, MS, sendo apenas $0,3 \text{ km/km}^2$. O autor confirma que a densidade de drenagem da bacia estudada é baixa, indicando área permeável e de relevo plano e suave, ao qual a Dd varia diretamente com a extensão do escoamento superficial.

Na Figura 18 é apresentado o mapa de classificação do uso do solo na microbacia da bacia hidrográfica do Rio São Mateus. A maior área de cobertura do solo corresponde a pastagem, com cerca de $0,11 \text{ km}^2$, ou seja, quase 56% do total da área da microbacia (Quadro 7). Pinto *et al.* (2005), estudando o uso conflitante da terra em Áreas de Preservação Permanente, em Lavras-MG, também viram que o uso da terra predominante da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz é a pastagem, correspondendo a 62,41% da área em estudo. Os mesmos autores comentam que a pastagem, se apresentando como uma cobertura vegetal bem cuidada, proporciona o recobrimento da superfície do solo durante todo ano, ao passo que culturas agrícolas deixam o solo exposto durante o preparo da terra para o plantio.

Contudo, pelas idas a campo na área da microbacia estudada, notou-se que a pastagem presente no local se encontra, quase que em sua totalidade, degradada, com carência de técnicas de cultivo que permitem manter a área continuamente coberta por vegetação (Figura 20 A). Costa *et al.* (2003) citam em seu trabalho que o mau uso da terra no cultivo de pastagens pode trazer sérios problemas de degradação do solo, que associado a compactação do mesmo, devido ao pisoteio do gado, dificulta ainda mais o processo de recuperação e/ou regeneração destas áreas.

Uso do solo na Microbacia Hidrográfica da Bacia do Rio São Mateus, Itambacuri-MG

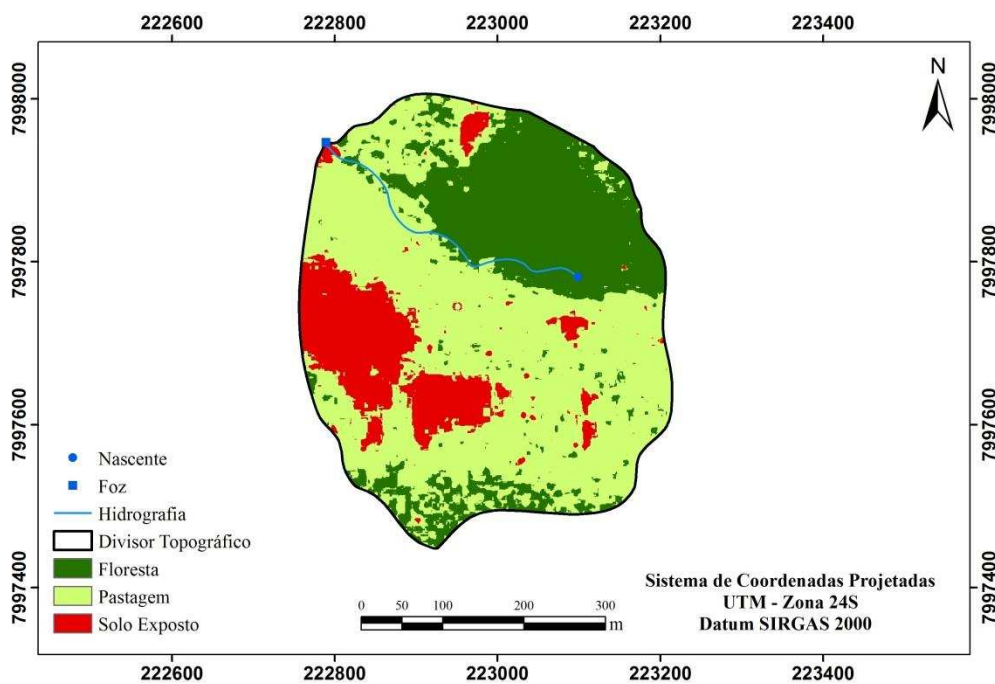


Figura 18. Mapa de uso do solo da microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, Itambacuri-MG, 2018.

Quadro 7. Área das classes de uso do solo e sua percentagem na área total da microbacia da bacia do Rio São Mateus Itambacuri, MG, 2018.

Classe	Área (km²)	% da Área
Floresta	0,06	29,3
Pastagem	0,11	55,8
Solo Exposto	0,03	14,9
Total	0,2	100

Chaves *et al.* (2005) apresentam em seu trabalho de quantificação dos benefícios ambientais na bacia do Ribeirão Pípiripau, no Distrito Federal, que a maioria das pastagens do local se encontra degradada, tendo evidentes falhas na cobertura do solo e indícios de erosão laminar, situação semelhante à da microbacia (Figura 19 A). Lelis & Calijuri (2010), em estudo da modelagem hidrossedimentológica da bacia hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu, na Zona da Mata mineira, também viram que a área da bacia tem sua maior parte ocupada por pastagens, somando mais de 38% da área, ao qual são distribuídas por toda a região, e concluíram que essas áreas de pastagens foram consideradas as de maior impacto ao ambiente quando se analisa a perda de solo e a produção de sedimentos na bacia.



Figura 19. (A) Pastagem degradada, com falhas na cobertura do solo e (B) solo exposto na microbacia da bacia do rio São Mateus, Itambacuri-MG, 2017.

A floresta, que ocupa apenas 29,25 % da área total da microbacia, é de grande importância no que diz respeito à conservação de bacias hidrográficas. A cobertura vegetal atua no controle da compactação do solo e de processos erosivos; na diminuição da quantidade de sedimentos carregada para o leito do rio; no aumento da infiltração das águas da chuva e conseqüente reabastecimento dos lençóis freáticos e aquíferos; na manutenção da biodiversidade, dentre outros. Além disso, as raízes das plantas impedem o rápido escoamento superficial, diminuindo os efeitos das inundações. Elas

ainda retêm o solo, e preservam as margens dos rios, evitando a destruição dos mesmos (CRIADO & PIROLI, 2012).

O solo exposto na microbacia está presente em praticamente 15% de sua área total (Figura 19 B). Este fato, associado à declividade média relativamente alta encontrada na microbacia, permite dizer que o escoamento superficial apresenta grande energia para desagregar o solo exposto e transportar sedimentos, tais como nutrientes adsorvidos na sua superfície, e compostos tóxicos, como agroquímicos eventualmente usados na pastagem, para o curso d'água da microbacia (MERTEN & MINELLA, 2002). Borges *et al.* (2005), em estudo do reflorestamento da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, SP, também encontraram valor considerável para área de solo exposto, correspondendo a 23,5% de ocupação na bacia.

Rodrigues *et al.* (2007) estudando a taxa de infiltração em diferentes tipos de cobertura do solo, verificaram que o solo exposto foi um dos que apresentaram as menores velocidades de infiltração de água, devido a sua menor macroporosidade e maior densidade do solo. Mancuso *et al.* (2014), em estudo semelhante, também perceberam que a taxa de infiltração no solo exposto foi a menor entre todas as coberturas de solo estudadas, e sua densidade média foi a mais elevada entre os usos de solo, indicando movimento de água mais lento e dificuldade de drenagem. Ou seja, o solo exposto tende a apresentar menor velocidade de infiltração da água da chuva, ao passo que o escoamento superficial e os processos erosivos são mais acentuados, em comparação a solos com cobertura vegetal.

Pelo mapa da Figura 16 é possível notar que no entorno da nascente há área coberta por floresta, que já é de grande importância para a produção de água na microbacia. Porém, esta área não atinge o recomendado (Figura 21) pelo Novo Código Florestal (Brasil, 2012), Lei 12.651 de 25 de maio de 2012, que diz que a área no entorno das nascentes e olhos d'água perenes, com raio mínimo de 50 m, deverá ser constituída por Área de Preservação Permanente (APP). O mesmo código conceitua APP como “uma 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 e assegurar o bem-estar das populações humanas”.

A mata ciliar de um lado da margem do curso d'água abrange maior parte em relação a do outro lado (Figura 17), e em grande proporção ao redor da nascente, o que já é de grande importância para a produção de água na microbacia. Porém, em nenhuma das margens, ela se estende completamente até o fim do curso d'água.

De acordo com o Novo Código Florestal, as margens de cursos d'água com largura menor que 10 m, que é o caso da microbacia, devem ser constituídas por APP a no mínimo 30 m da borda da calha do leito regular do curso d'água. Em vista disso, foi criada uma área que deveria ser destinada a APP de mata ciliar no mapa de uso/cobertura do solo da microbacia (Figura 20). A floresta está presente em apenas 50,4 % da área de APP de mata ciliar (Quadro 8), ao qual o ideal seria que esta área fosse 100 % recoberta por floresta. A pastagem, que se encontra em vários pontos bastante degradada, é responsável por preencher praticamente toda a outra metade da área de APP, ocupando 47,6 % da mesma.

Andrade & Romero (2005) citam algumas das principais funções da mata ciliar, como sua contribuição no equilíbrio hidrológico e na formação de barreiras para o carregamento de sedimentos para os cursos d'água, o que evita o assoreamento das microbacias hidrográficas.

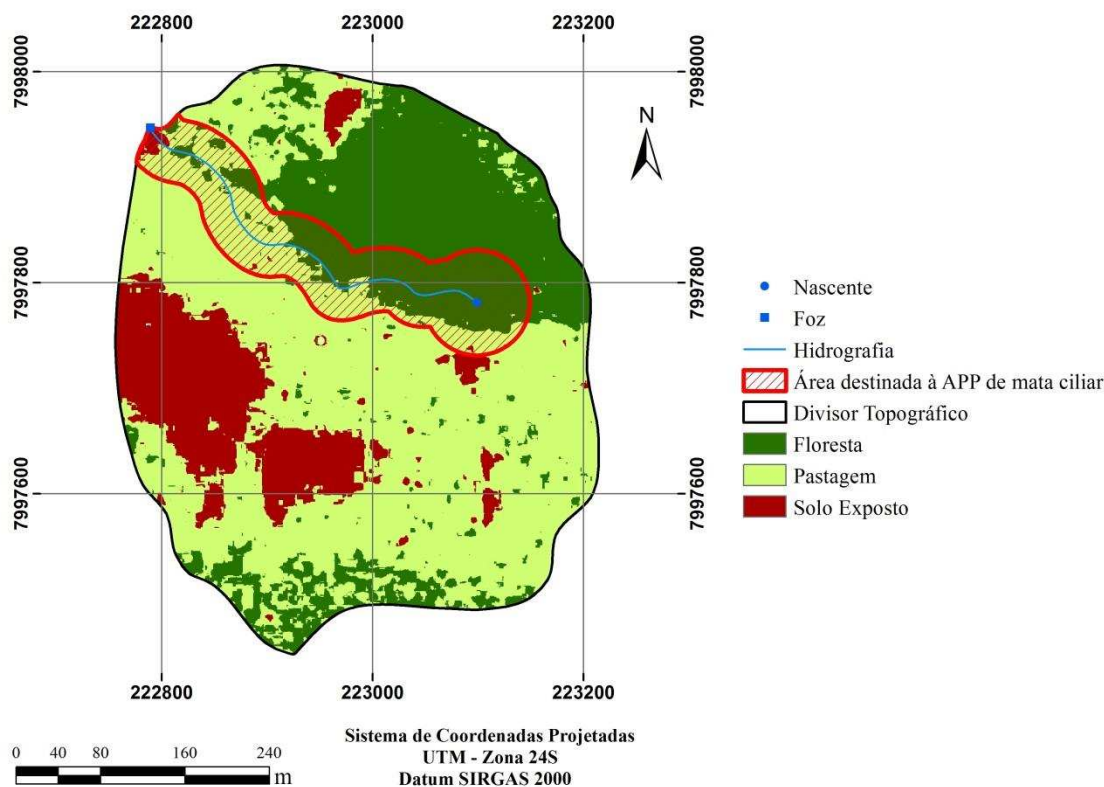


Figura 20. Uso e cobertura do solo da microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, evidenciando a área que deveria ser destinada a APP de mata ciliar, Itambacuri, MG, 2018.

Quadro 8. Percentagem de área das classes de uso/cobertura do solo em APP de mata ciliar, na microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, Itambacuri, MG, 2018.

Classe	Área em APP (ha)	% da Área em APP
Floresta	1,40	50,4
Pastagem	1,34	47,6
Solo Exposto	0,06	2,0
Total	2,80	100

Acserald *et al.* (2007), estudando as condições ambientais da bacia do Paraíba do Sul, RJ, viram que uma das principais causas para a ocorrência de assoreamento do corpo d'água na porção fluminense da bacia foi a degradação da mata ciliar. Salamene *et al.* (2011), estudando a APP do Rio Guando, RJ, encontraram tamanho reduzido de fragmentos de mata ciliar, ao qual eles afirmam que neste caso, segundo Nascimento & Laurence (2006), o efeito de borda abrange praticamente toda a área, podendo, muitas vezes, causar impacto na comunidade vegetal da mata ciliar, como o aumento na

mortalidade de árvores. Oliveira Filho *et al.* (1994) ainda afirma que a devastação das matas ciliares contribui para o assoreamento, o desequilíbrio do regime das cheias, o aumento da turbidez das águas, a erosão das margens dos cursos d'água, além do comprometimento da fauna silvestre. Donadio *et al.* (2005), estudando a qualidade da água de nascentes com diferentes usos de solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, SP, concluíram que a presença de remanescentes de vegetação ciliar atuam na proteção dos recursos hídricos, assim como na qualidade da água produzida.

4.2 Resistência mecânica do solo à penetração

Nota-se que os pontos que apresentaram maior resistência à penetração da haste do equipamento foram os pontos 1, 8 e 9 (Figuras 23 e 24). Nestes três pontos, alocados conforme o mapa da Figura 22, o equipamento interrompeu sua medição antes de chegar aos 5 cm de profundidade. Isso ocorreu porque o equipamento, por uma questão de segurança e suporte da haste, tem uma tolerância, medindo a resistência até uma força de 6800 kPa (quilopascal) , que equivale a 67,11 atm (atmosfera padrão). Em apenas 2 pontos de coleta, observou-se a medição da resistência do solo até os 60 cm de profundidade.

A interrupção da medição nestes três pontos pode ter ocorrido devido a um obstáculo, como um cascalho, ou até mesmo a rocha matriz, estar presente no local, impedindo a penetração da haste. Porém, em todos os pontos em que se verificou alta resistência, com a haste chegando a poucos centímetros de profundidade no solo, repetiu-se a medição no num raio de 3 metros, obtendo os mesmos resultados. Assim, não descartando a hipótese de que a interrupção pode ter ocorrido pela alta compactação do solo.

Os pontos 8 e 9 estão localizados na trilha de gado (Figura 21), justificando a maior compactação do solo neste local, mostrada por sua alta resistência mecânica à penetração registrada pelo equipamento.

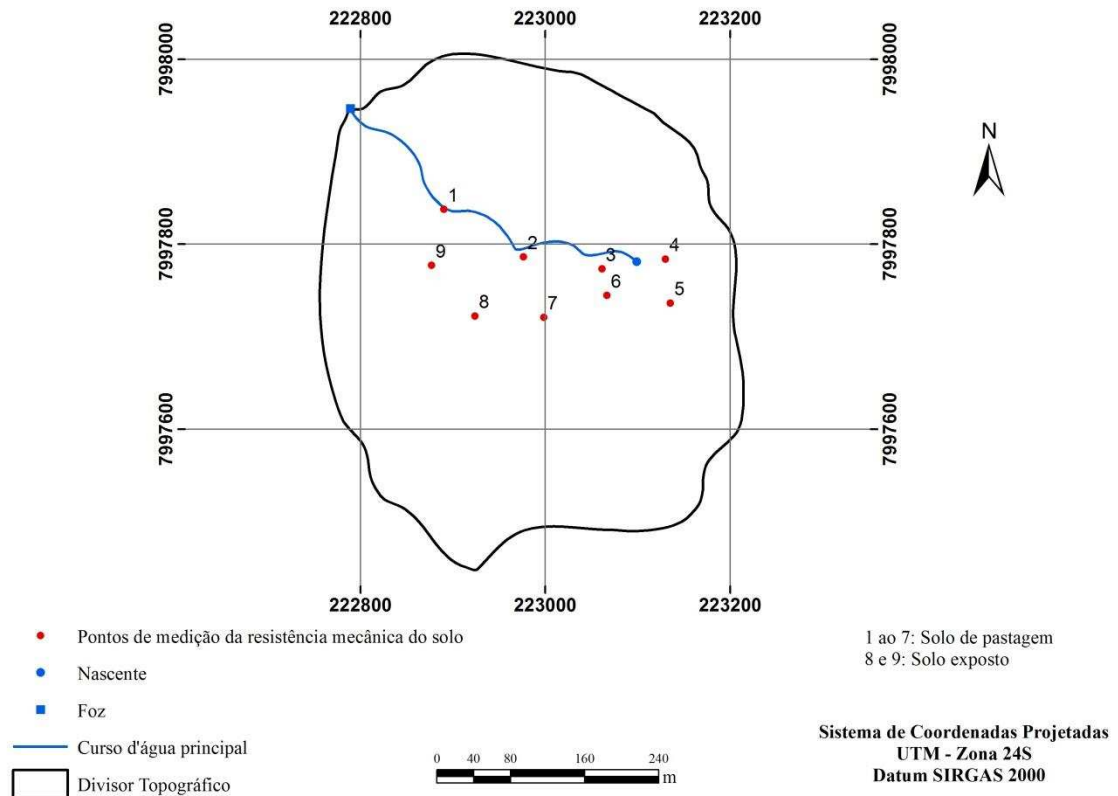


Figura 21. Microbacia hidrográfica da bacia do Rio São Mateus, Itambacuri, MG, 2018, retratando os pontos onde foram medidos a resistência mecânica do solo a penetração.

Costa & Voltolini (2013) em seu trabalho sobre o impacto do pisoteio do gado sobre uma floresta ripária, afirmam que, dentre os efeitos do pisoteio do gado nos solos ripários, está principalmente a compactação do solo, resultando na diminuição da sua porosidade e quantidade de água infiltrada (Álvarez-Yépez *et al.*, 2008), além de ocasionar maiores enxurradas e trazer menor disponibilidade hídrica às plantas (GRISCOM *et al.*, 2005). Os mesmos autores perceberam em seu trabalho que o pisoteio do gado teve impacto direto sobre a compactação do solo e sobre a espessura da serapilheira, que, como mencionado no Capítulo 1, tem participação importante na retenção de água no solo, o que induz sua infiltração.

Além do problema relacionado à infiltração de água precipitada no solo, o alto grau de compactação reflete também no desenvolvimento radicular de plantas que venham a crescer. Alguns autores como Bengough & Mullins (1990), Casagrande (2001), Friton (1990), Stolf (1991), Tormena & Roloff (1996), explicam que a

compactação tação do solo é a melhor estimativa do impedimento mecânico do solo ao crescimento radicular.

Os pontos de 1 ao 7 são referentes a solo de pastagem, onde apenas os pontos 2, 4 e 7 apresentaram um maior campo de medição, com a haste indo até 60, 37 e 60 cm de profundidade, respectivamente. Nos outros pontos, obteve-se força excessiva de resistência, com a haste chegando aos 8 cm, no máximo, de profundidade. Estes dados também refletem na maior compactação do solo devido ao pisoteio do gado.

Warren *et al.* (1986), em seu estudo de análise de respostas do solo ao pisoteio animal sob um sistema de pastejo rotacional intensivo, também observou prejuízos ocasionados pelo pisoteio do gado, onde este causou, em solo seco, a destruição dos agregados de ocorrência natural e compactação na camada superficial do solo. Já em solo úmido, ele constatou que houve uma deformação nos agregados existentes levando à criação de crostas superficiais impermeáveis compostas de torrões de solo densos e instáveis.

Cassia *et al.* (2008), estudando a resistência do solo à penetração em função do manejo de pastagens, constata que, caso a pastagem do gado ocorra de maneira constante, a compactação gerada por ele pode chegar até a 20 cm de profundidade em latossolos vermelhos. Cerqueira, Albuquerque e Araújo 2017, concluíram em seu trabalho sobre impactos do pastejo na compactação do solo, que a criação de bovinos é uma atividade que contribui a compactação do solo, principalmente nas áreas que possuem recursos hídricos, pois estas são áreas essenciais para a pecuária semi-extensiva. Costenaro *et al.* (2009), concluíram, em um fragmento da Mata Atlântica em Minas Gerais, que o pisoteio do gado apresenta consequências de compactação do solo, ao qual inibe a infiltração de água, mesmo após se passarem 39 anos. Daí, percebe-se que os efeitos da pastagem mal manejada podem persistir por vários anos.

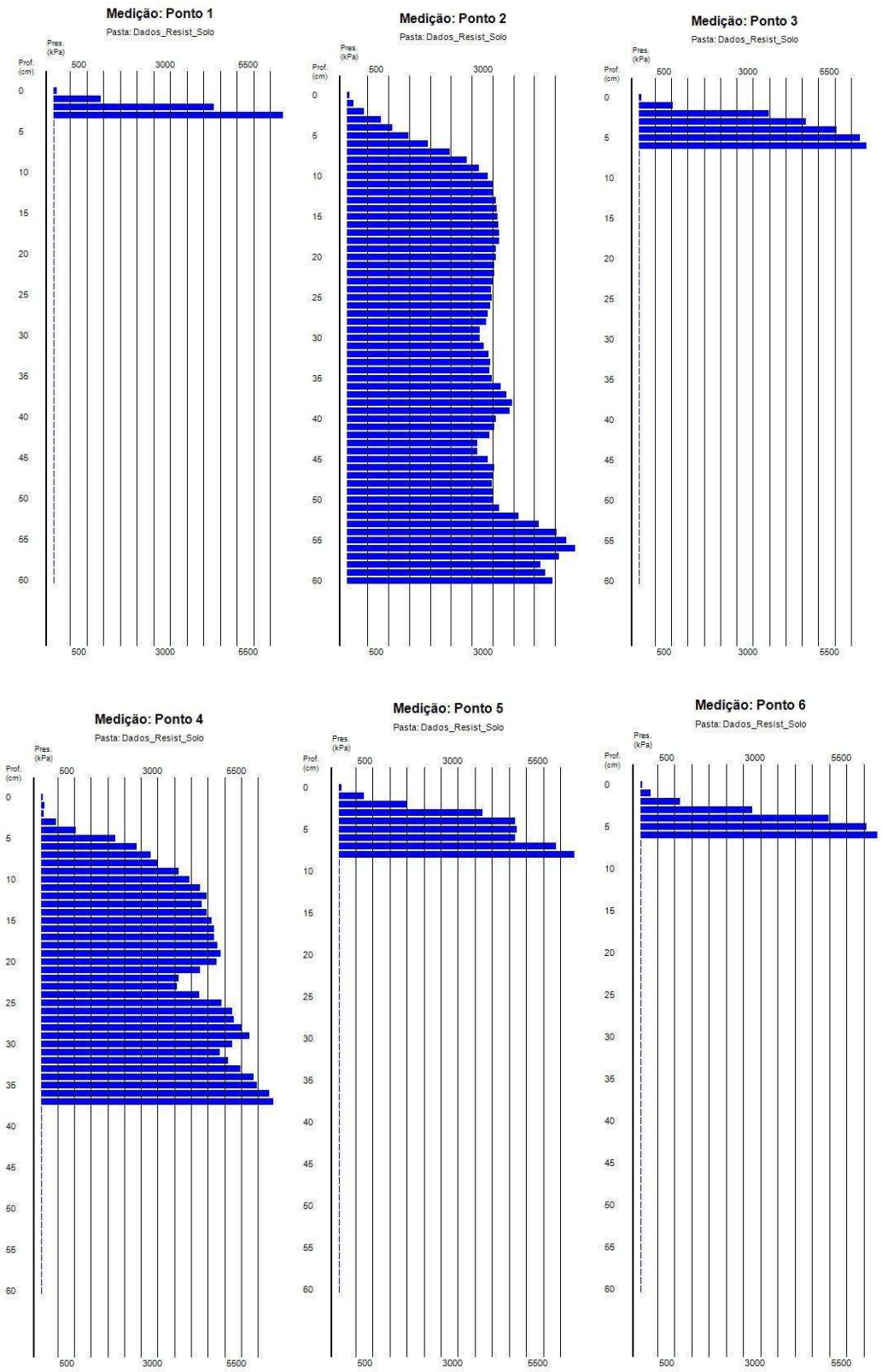


Figura 22. Gráficos de profundidade do solo (cm) x força (kPa) de resistência mecânica do solo à penetração dos pontos amostrados 1 a 6.

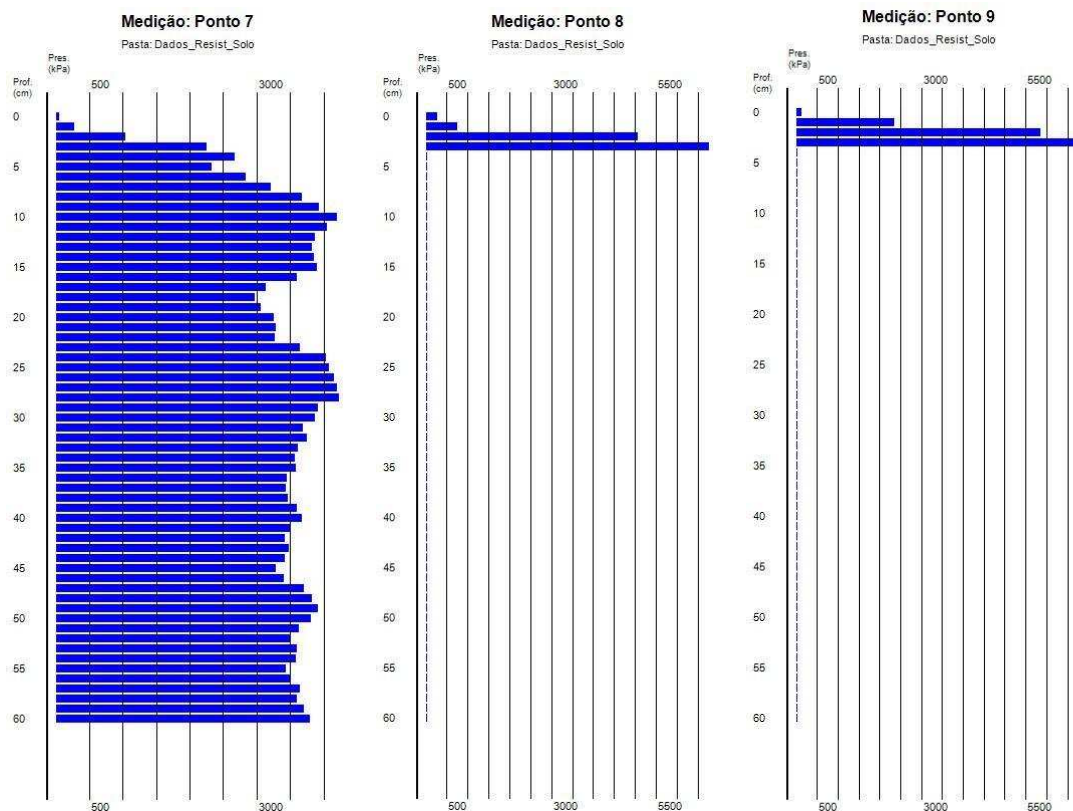


Figura 23. Gráficos de profundidade do solo (cm) x força (kPa) de resistência mecânica do solo à penetração dos pontos de medição 7, 8 e 9.

Com o resultado da análise física do solo exposto (Anexo), verificou-se que ele apresenta classificação textural muito argilosa, com $1,13 \text{ g/cm}^3$ (gramas por centímetros cúbicos). Essa densidade está dentro da faixa citada por Reinert & Reichert (2006), ao qual diz que solos argilosos apresentam, normalmente, valores de densidade do solo (Ds) entre $0,9$ a $1,7 \text{ g/cm}^3$, enquanto em solos arenosos, eles variam de $1,2$ a $1,9 \text{ g/cm}^3$.

Já o solo de pastagem, classificado como textura argilo-arenosa, apresentou densidade maior, a saber, $1,16 \text{ g/cm}^3$. Isso pode ser explicado pelo maior tráfego de gado nessa área, em relação à área do solo exposto, que fica no terço superior de um morro na microbacia em estudo, onde é difícil o acesso do gado.

Segundo Gaggero (1998), Tanner & Mamaril (1959) e Trein *et al.* (1991) e, o tráfego intenso de animais, especialmente em solos argilosos úmidos, causa compactação, com redução severa da macroporosidade, aumento da densidade do solo e redução da infiltração de água, o que agrava ainda mais a situação da vazão da nascente estudada, onde, na sua área de recarga, predomina pastagem, com pisoteio contínuo de

gado. A maior densidade do solo de pastagem pode ser explicada também pela maior quantidade de fração areia contida neste solo, diferente do solo exposto, que foi classificado como muito argiloso, onde se predomina alta quantidade de microporos, garantindo um alto espaço poroso total (Freitas *et al.*, 2013), apresentando então, menor densidade.

Quanto à análise química do solo (Anexo), obteve-se maior valor da soma de bases (SB) na amostra referente ao solo em pastagem, sendo de 1,40 cmol_c/dm³ (centimol de carga por decímetro cúbico), do que no solo exposto (0,13 cmol_c/dm³). A SB se refere à soma dos teores de cátions trocáveis, desconsiderando o H⁺ e Al³⁺, ou seja, a SB é a soma entre os cátions cálcio, magnésio e potássio (Ca²⁺, Mg²⁺ e K⁺, respectivamente) e, quando não apresentar valor desprezível, inclui-se o cátion sódio, representado por Na⁺ (RONQUIM, 2010). Somando a SB com a acidez potencial (H+Al), tem-se a CTC (Capacidade de Troca de Cátions) total do solo.

Teoricamente, a CTC pode ser definida como a quantidade de cátions que um solo pode reter nas suas cargas negativas (JORDÃO *et al.*, 2000). Desconsiderando o H⁺ na soma, que só é retirado da superfície de adsorção por reação direta com hidroxilas (OH⁻), originando água, tem-se a CTC efetiva (RONQUIM, 2010).

A CTC total do solo em pastagem foi de 7,8 cmol_c/dm³, e a do solo exposto apresentou também valor mais baixo, sendo de 5,3 cmol_c/dm³. Segundo a Ronquim (2010), um valor baixo de CTC indica que o solo tem pequena capacidade de reter cátions em forma trocável, sendo mais propenso a perdas por lixiviação, característica típica de solo exposto. A maior CTC total do solo em pastagem pode ser explicada pelo maior teor de matéria orgânica (MO) nele presente comparado ao solo exposto (Anexo), uma vez que verifica-se uma relação direta entre teor de MO e CTC do solo (CANELLAS *et al.*, 2003; FALLEIRO *et al.*, 2003). Porém ambos apresentaram valores baixos de CTC total, uma vez que a pastagem se apresenta degradada, com vários trechos sem cobertura vegetal.

Araújo *et al.* (2007), também citam em seu trabalho de qualidade do solo em área de Cerrado nativo e em áreas sob diferentes usos que espera-se uma relação positiva entre MO e a CTC, já que, em solos tropicais, com predominância de argilominerais de baixa atividade, a fração orgânica contribui com a maior proporção das cargas negativas. Portugal *et al.* (2010), estudando as propriedades físicas e

químicas de um latossolo sob diferentes sistemas agrícolas na Zona da Mata mineira, afirmam que solos de maior teor de MO apresentam vários grupos funcionais, como os carboxílicos e fenólicos, que, segundo Fontes *et al.* (2001), Rangel & Silva (2007) e Sousa *et al.* (2007), podem liberar o H que irá compor os íons envolvidos na CTC.

A CTC interfere sobre outra importante característica do solo: sua fertilidade (CÓ JÚNIOR, 2011). Segundo Portugal *et al.* (2010), um incremento na CTC contribui para um aumento na fertilidade do solo. Em solos com maior CTC, há maior adsorção dos íons positivos cálcio, magnésio e potássio, os tornando mais disponíveis para as plantas (MATTIONI, 2013). Além do mais, solos com tal característica são menos sujeitos à lixiviação destes nutrientes (Ronquim, 2010), contribuindo ainda mais com sua disponibilidade às plantas. Assim, ao efetuar trabalhos de recuperação da pastagem, ou replantio no solo exposto da microbacia estudada, percebe-se a importância em adubá-los previamente, uma vez que eles apresentam características contrárias às expostas acima.

4.3 Vazão da nascente da microbacia em estudo

De posse das medições realizadas pelos dispositivos *levellogger* e *barologger*, esperava-se obter a equação de vazão da calha “H” de acordo com a expressão abaixo, que segundo Porto *et al.* (2001), pode-se aproximar a relação da vazão pela altura por uma expressão exponencial.

$$Q = a(H - H_0)^b$$

Onde: a , b e H_0 = parâmetros de ajuste;

H = nível da água, em metros;

Q = vazão, em m³/s (metros cúbicos por segundo).

Para determinar os parâmetros de ajuste a partir dos pares (Q e H), seria utilizado o método iterativo, que, segundo Collischonn & Tassi (2008), é também um método utilizado para determinar a curva-chave de cursos d’água. Para tal, seria utilizada a regressão não linear com a ferramenta *Solver*, do *Microsoft Excel*. Contudo,

no período em que o *levellogger* e o *barologger* ficaram instalados na calha H a jusante da nascente, não houve vazão suficiente para que se formasse uma lâmina d'água, não alcançando o *levellogger*, impossibilitando a medição do nível de água por este equipamento. Neste sentido, Felipe *et al.* (2009) afirma que os equipamentos utilizados tradicionalmente em estudos de geomorfologia fluvial não conseguem medir a vazão da maioria das nascentes, devido à baixa velocidade do fluxo e à pequena profundidade da lâmina d'água.

Esperando que tal evento pudesse acontecer, foi realizado o monitoramento da vazão da nascente pelo método volumétrico, utilizando um balde graduado e um cronômetro. Desta forma, foi possível efetuar a comparação entre as precipitações durante o ano de 2017 e a vazão da nascente.

A nascente da microbacia em estudo foi caracterizada como perturbada, não chegando a ser degradada, uma vez que ela apresenta vegetação natural em bom estado de conservação no seu entorno, porém não ocupa os 50 metros de raio previsto pela Lei 12.651/2012 (BRASIL, 2012). Apesar disso, sua vazão apresentou valores muito baixos durante o ano de 2017 (Quadro 9), isso quando houve vazão (Figura 24).

Bohrer *et al.* (2015), estudando a vazão das principais nascentes do Lajeado Erval Novo, no Rio Grande do Sul, viram que uma das nascentes, por está sob forte influência antrópica, em áreas sujeitas a compactação do solo devido a presença do gado, apresenta menor infiltração de água da chuva na sua área de contribuição, o mesmo que acontece com a nascente estudada neste trabalho, o que acaba por diminuir sua vazão.

Algumas medidas para o manejo adequado de nascentes perturbadas são citadas por Ferreira *et al.* (2011). Segundo estes autores, uma das primeiras etapas seria o isolamento da nascente, ao qual se retire os fatores que causam impactos negativos à sua regeneração natural. Rodrigues e Gandolfi (2000) afirmam que na área isolada podem ser monitorados os propágulos das espécies autóctones (nativas) ou até mesmo transferir sementes e plântulas de espécies alóctones (não originária da região), para acelerar o processo de restauração.

Quadro 9. Vazão (Q) em litros por segundo (L/s) medida pelo método volumétrico no ano de 2017.

Mês	Q (L/s)
Janeiro	0,53
Fevereiro	0,28
Março	-
Abril	-
Maiο	0
Junho	0
Julho	0
Agosto	0
Setembro	0
Outubro	0,3
Novembro	0
Dezembro	0,17

Os mesmos autores analisando seus resultados, ainda constataram que a infiltração depende das características da vegetação e do solo, ao qual o uso do solo influencia as taxas de recarga dos aquíferos e da água no solo, e observaram que a nascente com vegetação natural obteve média de vazão superior àquela observada na área de pastagem. Alves *et al.* (2008), estudando nascentes da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, em Lavras, MG, também observaram que as áreas de vegetação nativa corresponderam às áreas de maior vazão.

Valente & Castro (1983), relataram que a bacia Hidrográfica deve “devolver” toda a água recebida pela precipitação logo depois da chuva, não devendo funcionar como recipiente impermeável. O intuito é que boa parte dessa água infiltre na bacia, abastecendo os lençóis freáticos, e sendo cedida aos cursos d’água, uma vez que induz a recarga das nascentes. Isso permite manter certa vazão mesmo durante os períodos de seca.



Figura 24. Calha “H” instalada a jusante da nascente da microbacia da bacia do Rio São Mateus, Itambacuri-MG, retratando a vazão ausente ainda no mês de agosto de 2017.

A relação entre maiores vazões e a vegetação no entorno das nascentes ocorre pela redução da velocidade do escoamento superficial promovida pela cobertura vegetal, permitindo maior permanência da água na superfície e, conseqüentemente, maior infiltração de água (Pinto, 2003). Resende *et al.* (1997) também relataram haver infiltração deficiente de água nos locais com ausência de cobertura vegetal, o que reflete na recarga da nascente. Isso pode ocorrer ou pelo encrostamento provocado pelo impacto direto das gotas de chuva, ou pelas precipitações intensas que se concentram na superfície e escoam, ganhando energia e provocando erosão.

Felippe *et al.* (2009), também encontraram valores muito baixos de vazão de nascentes em unidade de conservação em Belo Horizonte, MG, onde foi constatado valores inferiores a 0,1 L/s. Além de se preocupar com quantidade de água, Menezes *et al.* (2009) afirmam que, quando se trata de nascentes, é desejável que a vazão tenha uma boa distribuição no tempo. Ou seja, a variação da vazão deve se situar dentro de um mínimo adequado ao longo do ano.

As alterações nos volumes de água subterrânea e as modificações nas áreas de contribuição à montante, segundo Felippe & Magalhães Junior (2012), são potencialmente impactantes às nascentes. Nesse sentido, a bacia hidrográfica ganha importância como unidade de gestão e proteção de nascentes. Segundo estes autores, essas alterações, em casos extremos, podem levar a redução do fluxo a ponto de

desaparecer a nascente, ou transformá-la em nascente temporária, ou ocorrer sua migração para a jusante.

Na figura 25, é possível perceber que os meses onde houve maior vazão da nascente da microbacia foram janeiro, outubro e dezembro, lembrando que nos meses de março e junho, não foi possível monitorar a vazão devido à construção do vertedouro no local. Mas no período de maio a setembro de 2017, apresentaram, realmente valor 0 de vazão.

Pelo histórico de precipitação no município onde se insere a microbacia, baseado na Normal Climatológica de 1961 a 1990, retratada no capítulo 1 deste trabalho, vê-se que o mês de dezembro é o de maior precipitação, o que pode explicar o pico de vazão em janeiro de 2017. Com a chuva intensa em dezembro, há uma maior quantidade de água infiltrada na área de recarga da bacia, o que faz aumentar sua vazão. Maffia *et al.* (2009), estudando a precipitação e a vazão em uma microbacia em Francisco Dumont, MG, também encontraram uma relação direta dessas duas variáveis. Porém, constataram também em alguns momentos que o aumento da vazão não acompanha o aumento da precipitação imediatamente, ou seja, o efeito das chuvas na vazão é retardado, dando resultado algum tempo depois.

Freitas *et al.* (2010), realizando análise de vazão e precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus, onde está inserida a microbacia estudada neste trabalho, relataram que, devido a influência da precipitação, a vazão é centralizada entre outubro e abril, contabilizando por mais de 82% da vazão anual. Desconsiderando os meses em que não foi possível medir a vazão, apresentamos resultado semelhante neste trabalho, uma vez que quase o total da vazão da nascente no ano de 2017 corresponde aos meses de janeiro, outubro e dezembro. Os mesmos autores constataram que não existem grandes variações no período de junho a setembro, sendo o mês de janeiro o que apresenta a vazão máxima, assim como foi obtido no presente estudo, onde só o mês de janeiro obteve 41% da vazão total registrada em 2017.

Nota-se uma grande diferença de vazão da nascente da microbacia da bacia do Rio São Mateus entre os meses de maior e menor precipitação do ano de 2017 (Figura 26). Cardoso *et al.* (2006), realizando um estudo na bacia hidrográfica do Rio Debossan no estado do Rio de Janeiro, observaram algo semelhante. Porém, eles afirmam que a capacidade de retenção de água no período de maior precipitação permite que grande

parte das chuvas incidentes na área de drenagem infiltre no solo, escoando gradualmente nos meses de menor precipitação, o que pode justificar a permanência de vazão nos períodos de estiagem, assim como ocorre neste trabalho, ao qual o mês de outubro está num período de estiagem no ano de 2017, porém, a nascente apresenta 0,3 L/s de vazão.

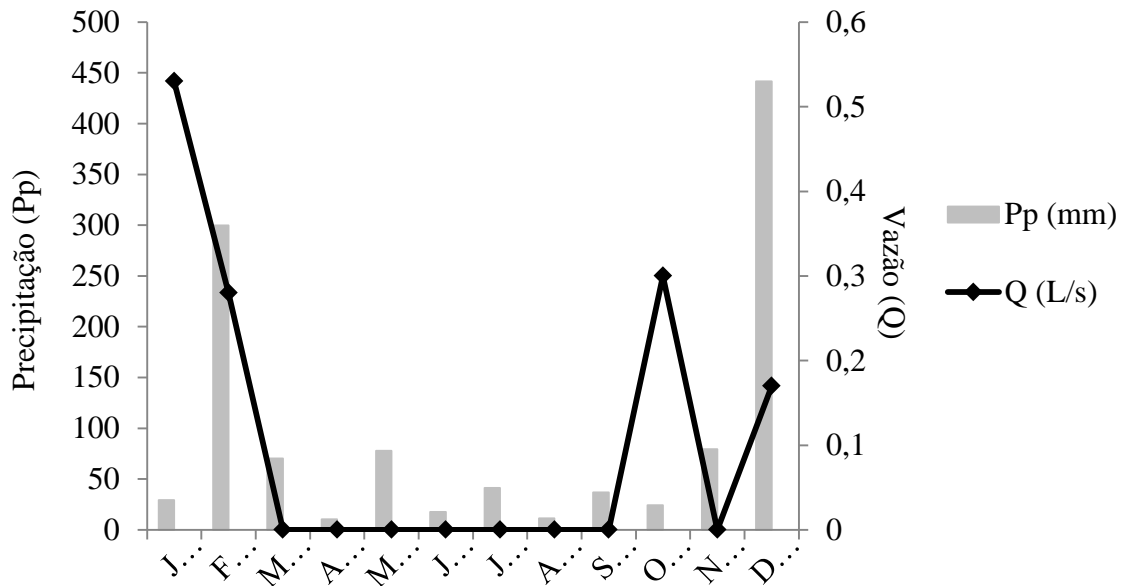


Figura 25. Precipitação mensal do ano de 2017 na microbacia hidrográfica estudada, e a vazão da nascente no mesmo ano.

Diante do exposto, percebe-se a grande importância em preservar a área de recarga da nascente, e não protegê-la de modo pontual, ou seja, no “olho d’água”. Felipe & Magalhães Junior (2012) afirmam que proteger pontualmente a nascente não garante a manutenção do equilíbrio hidrológico, uma vez que elas são o resultado de uma dinâmica complexa da água, desde a recarga até a saída, promovida por processos superficiais e subsuperficiais. Além do mais, alterações nos volumes de água subterrânea e modificações nas áreas de contribuição à montante da nascente são potencialmente impactantes a elas. Nesse sentido, a bacia hidrográfica ganha importância como unidade de gestão e proteção de nascentes, uma vez que envolve toda a área de recarga da nascente (FELIPPE & MAGALHÃES JUNIOR, 2012).

Vilar *et al.* (2009) afirmam que a quantidade e qualidade da água das nascentes de uma bacia hidrográfica podem ser alteradas por diversos fatores, como o tipo de solo e o uso da terra, principalmente das áreas de recarga. Estes fatores influenciam no armazenamento da água subterrânea e no regime da nascente e dos cursos d'água. Verifica-se então que o estudo das interações dos recursos naturais e das ações antrópicas na bacia hidrográfica é muito importante, uma vez que a conservação dos recursos hídricos não pode ser alcançada independentemente da conservação dos outros recursos naturais.

5 CONCLUSÕES

A microbacia hidrográfica do Rio São Mateus apresenta formato semelhante ao de uma circunferência, sendo propensa a ocorrência de enchentes em sua área de drenagem. Sua declividade média é de 33,9%, o que pode condicionar maior velocidade de fluxo da água sobre a superfície do solo, desfavorecendo sua infiltração.

A pastagem foi a classe de uso do solo mais presente na microbacia, ocupando quase 56% de sua área. A floresta corresponde a quase 30%, e solo exposto, a 15% da área. Há alta presença de pastagem degradada na região, que somada ao solo exposto, contribui para uma menor taxa de infiltração de água da chuva na microbacia. Por outro lado, notou-se presença de floresta no entorno da nascente e durante uma porção das margens do curso d'água, sendo de grande importância para sua produção de água.

Todos os pontos em que se mediu a resistência mecânica do solo à penetração apresentaram altos valores de resistência, remetendo a uma maior compactação do solo, fato tal observado principalmente no solo exposto. Verificou-se que o solo em pastagem apresentou D_s maior do que a do solo exposto, que pode ser explicado pelo maior tráfego de gado no primeiro relação ao segundo. A CTC total do solo em pastagem, mesmo apresentando-se baixa, foi maior que a do solo exposto, uma vez que apresenta um teor de MO maior comparado ao segundo.

Foi constatado que se teve maior vazão da nascente da microbacia no mês de janeiro. Os valores de vazão da nascente apresentaram relação direta com a precipitação na microbacia. Porém, notou-se que o aumento da vazão não acompanha o aumento da precipitação de forma imediata, o que significa que o efeito das chuvas na vazão é retardado, dando resultado algum tempo depois.

6 REFERÊNCIAS

ACSELRAD, M. *et al.* Condições ambientais na bacia do Paraíba do Sul e a efetividade da cobrança pelo uso da água pelo Estado do Rio de Janeiro. **Anais I Seminário de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: o Eucalipto e o Ciclo Hidrológico**, Taubaté, Brasil. 07-09 novembro 2007, p. 17-24.

ÁLVAREZ-YÉPIZ, J. C. *et al.* Variation in vegetation structure and soil properties related to land use history of old-growth and secondary tropical dry forests in northwestern Mexico. **Forest Ecology and Management**, v.256, p. 355-366, 2008.

ALVES, M. R. **Caracterização e uso da bacia hidrográfica do Córrego Zerede, Timóteo-MG**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2005. 95f.

ALVES, J. M. P.; CASTRO, P. T. A. Influência de feições geológicas na morfologia da bacia do rio do Tanque (MG) baseada no estudo de parâmetros morfométricos e análise de padrões de lineamentos. **Revista Brasileira de Geociências**. v. 33, n. 2, p. 117-124, 2003.

ANDRADE, N. L. R., *et al.* Caracterização morfoométrica e pluviométrica da bacia do rio Manso, MT. **Geociências**, v. 27, n. 2, p. 237-248, 2008.

ANDRADE, L. M. S.; ROMERO, M. A. B. A importância das áreas ambientalmente protegidas nas cidades. **Anais...** Salvador, BA. 2005.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, v. 31, n. 5, p. 1099-1107, 2007.

BENGHOUGH, A.G.; MULLINS, C.E. Mechanical impedance to root growth: a review of experimental techniques and root growth responses. **Journal of Soil Science, Oxford**, v.41, n.3, p.341-58, 1990.

BOHRER, R. E. G. *et al.* Estudo e implantação de projeto de monitoramento de vazão das principais nascentes do lajeado erval novo. **Revista Monografias Ambientais**, p. 112-116, 2015.

BORGES, M. J. *et al.* Reflorestamento compensatório com vistas à retenção de água no solo da bacia hidrográfica do Córrego Palmital, Jaboticabal, SP. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, n. 69, p.93-103, dez. 2005.

BORSATO, F.; MARTONI, A. M. Estudo da fisiografia das bacias hidrográficas urbanas no Município de Maringá, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum. Human and Social Sciences*, v. 26, n. 2, p. 273-285, 2004.

BRASIL. **Lei n. 12.651, de 25 de maio de 2012.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/112651.htm>. Acesso em 07 fev 2018.

CANELLAS, L. P. *et al.* Propriedades químicas de um cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação do palhicho e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, p. 935-944, 2003.

CARDOSO, C. A. *et al.* Caracterização morfométrica da Bacia Hidrográfica do Rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.30, n.2, p.241-248, 2006.

CARDOSO, M. R. D.; MARCUZZO, F. F. N. **Estudo temporal e espacialização mensal e anual das chuvas na parte brasileira da bacia do rio Paraguai.** 2012.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L.D.B. **Hidrologia.** Agosto 2006. Disponível em: <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap7-ES.pdf>>. Acesso em: 26 jan 2018.

CARVALHO, T. M. Técnicas de medição de vazão por meios convencionais e não convencionais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 1, n. 1, p. 73-85, 2008.

CASAGRANDE, A. A. Compactação e manejo do solo na cultura da cana-de-açúcar. **In: MORAES, M.H.; MÜLLER, M.M.L.; FOLONI, J.S.S. (Ed.).** Qualidade física do solo: métodos de estudo - sistemas de preparo e manejo do solo. Jaboticabal: FUNEP, 2001. p.150-97.

CASSIA, M. T. *et al.* Determinação da resistência do solo à penetração em função do manejo das pastagens. **In: Seminário de Iniciação Científica do CEFET.** Uberaba, 2008.

CASTRO, P. S. **Influência da cobertura florestal na qualidade da água em duas bacias hidrográficas na região de Viçosa, MG.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) ESALQ, Piracicaba, SP, 107 p., 1980.

CASTRO, P.; LOPES, J. D. S. **Recuperação e conservação de nascentes.** Viçosa: CPT, 2001. 84p.

CAVALLARI, R. L. *et al.* A importância de um sistema de informações geográficas no estudo de microbacias hidrográficas. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, v. 6, n. 11, p. 7, 2007.

CERQUEIRA, S. J.; ALBUQUERQUE, H. N.; ARAÚJO, S. M. S.. Criação de bovinos no Complexo Aluizio Campos e os impactos do pastejo sobre a compactação do solo.

CERQUEIRA, T. S. **Ajuste da uma equação de vazão para uma calha H na Bacia Hidrográfica do Janjão, Viçosa-MG**. Monografia, Universidade Federal de Viçosa - UFV. Viçosa, MG, 2013.

CHAVES, H. M. L. *et al.* Quantificação dos benefícios ambientais e compensações financeiras do “programa do produtor de água”(ANA): II. Aplicação. **Revista Bras. Rec. Hídricos**, v. 9 (3), p. 15-21, 2005.

CHRISTOFOLETTI, A. Análise morfométrica de bacias hidrográficas. **Notícia Geomorfológica**, n. 18, p. 35-64, 1969.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgard Blücher, 256p. 1999.

CÓ JUNIOR, C. **Matéria orgânica, capacidade de troca catiônica e acidez potencial no solo com dezoito cultivares de cana-de-açúcar**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista ”Julio De Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, Jaboticabal, São Paulo, 2011.

COLET, M. J. *et al.* Alterações em atributos físicos de um solo sob pastagem após escarificação. **Ciência Agrotecnológica**, v. 33, n. 2, p. 361-368, 2009.

COLLARES, E. G. **Avaliação de alterações em redes de drenagem de microbacias como subsídio ao zoneamento geoambiental de bacias hidrográficas: aplicação na bacia hidrográfica do Rio Capivari – SP**. 2000. Tese (Doutorado em Geotecnia) – Universidade de São Paulo, São Carlos - SP.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. Introduzindo hidrologia. IPH-UFRGS. 2008. Disponível em: <http://www.ctec.ufal.br/professor/crfj/Pos/Hidrologia/apostila_Completa_2008.pdf>. Acesso em: 20 fev 2018.

COUTINHO, L. M.; NASCIMENTO, K. A. Influência de padrões morfométricos sobre as ocorrências de inundações na bacia do Córrego Cobiça, Cachoeiro de Itapemirim – ES. INPE, **Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**. Foz do Iguaçu-PR, Brasil, 13 a 18 de abril de 2013.

COSTA, F. S. *et al.* Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas de plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 527–535, 2003.

COSTA, L.; VOLTOLINI, J. C. Impacto do pisoteio de gado sobre floresta ripária no Vale do Paraíba, Tremembé, SP. **Revista Biociências**, v. 19, n. 1, 2013.

COSTENARO, T. C.; MAFFIA, V. P.; DIAS, H. C. T. Capacidade de Infiltração de água no solo em um fragmento de Mata Atlântica no município de Viçosa, MG. **Anais...** Taubaté, Brasil, 09-11 dez 2009, p. 149-156.

CRIADO, R. C.; PIROLI, E. L. Geoprocessamento como ferramenta para análise do uso da terra em bacias hidrográficas. **Revista Geonorte**, Edição Especial, v.3, n.4, p. 1010-1021, 2012.

DONADIO, N. M. M. Qualidade da água de nascentes com diferentes usos do solo na bacia hidrográfica do Córrego Rico, São Paulo, Brasil. **Engenharia Agrícola**, p. 115-125, 2005.

ELESBON, A. A. A. *et al.* Uso de dados SRTM e plataforma SIG na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Braço Norte do Rio São Mateus-Brasil. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 64, n. 3, p. 281-288, 2011.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p.

ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI. **ArcGIS for Desktop versão 10.3.1**. 2015.

FALLEIRO, R. M. *et al.* Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p.1097-1104, 2003.

FELIPPE, M. *et al.* Espacialização e caracterização das nascentes em unidades de conservação de Belo Horizonte-MG. **XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Campo Grande, MS. Anais em CD-ROM. 18p**, 2009.

FELIPPE, M. F.; MAGALHÃES JÚNIOR, A. P, Magalhães. Impactos ambientais macroscópicos e qualidade das águas em nascentes de parques municipais em Belo Horizonte-MG. **Revista Geografias**, v. 8, n. 2, p. 8-23, 2012.

FERREIRA, R. A. *et al.* Nascentes da sub-bacia hidrográfica do rio Poxim, estado de Sergipe: da degradação à restauração. **Revista Árvore**, v. 35, n. 2, 2011.

FLORENZANO, T. G. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. Oficina de Texto, São Paulo. 2002.

FONSECA, E. L.; SILVA, E. P. Análise fisiográfica como subsídio ao estudo da suscetibilidade erosiva em bacias hidrográficas. **Acta Geográfica**, v. 11, n. 25, p. 137-158, 2017.

FONTES, M. P. F. *et al.* Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados. **Scientia Agricola**, v. 58, n. 3, p. 627-646, 2001.

FREITAS, L. *et al.* Avaliação de atributos químicos e físicos de solos com diferentes texturas cultivados com cana-de-açúcar. **Enciclopédia Biosfera**, v. 9, n. 17, p. 362, 2013.

FREITAS, R. A. P. *et al.* **Análise de Séries Temporais de Vazão e Precipitação na Bacia Hidrográfica do Rio São Mateus**. 2010. Disponível em: <file:///C:/Users/ACER/Downloads/533_84814%20(1).pdf>. Acesso em: 30 jan 2018.

FRITTON, D. D. A standard for interpreting soil penetrometer measurements. **Soil Science**, Baltimore, v.150, n.2, p.542-51, 1990.

GAGGERO, M.R. **Alterações das propriedades físicas e mecânicas do solo sob sistemas de preparo e pastejo**. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 125p.

GARBRECHT, J.; MARTZ, L. W. Digital elevation model issues in water resources modeling. ESRI, USERS CONFERENCE, 1999, San Diego. **Proceedings...** San Diego. 1999.

GRISCOM, H. P. *et al.* Seedling survival and growth of native tree species in pastures: Implications for dry tropical forest rehabilitation in central Panama. **Forest Ecology and Management**, v.218, p.306-318, 2005.

HORTON, R. E. Drainage Basin Characteristics. **Trans. American Geophysical Union**, v. 13, p. 350-361, 1932.

HORTON, R. E. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. **New York: Geological Society of American Bulletin**, v.56. p. 807-813, 1945.

JORDÃO, C. P. *et al.* Adsorção de íons Cu^{2+} em Latossolo Vermelho-Amarelo húmico. **Química Nova**, v. 23, n. 1, p. 5-11, 2000.

KAGEYAMA, P. Y. **Estudo para implantação de matas de galeria na bacia hidrográfica do Passa Cinco visando a utilização para abastecimento público**. Relatório de Pesquisa. Piracicaba: Universidade de São Paulo, 1986. 236 p.

LEAL, M. S. **Caracterização da bacia do Córrego Itanguá como suporte à gestão da Floresta Nacional de Capão Bonito, SP visando à conservação da água**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Sorocaba, SP. 2016. 86f.

- LEAL, M. S.; TONELLO, K. C. Análise da morfometria e do uso e cobertura da terra da microbacia do córrego Ipaneminha de Baixo, Sorocaba/SP. **FLORESTA**, v. 46, n. 4, p. 439-446, 2016.
- LELIS, T. A.; CALIJURI, M. L. Modelagem hidrossedimentológica de bacia hidrográfica na região sudeste do Brasil, utilizando o SWAT. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, Taubaté, v. 5, n. 2, p. 158-174, 2010.
- LEPSH, I. F. *et al.* **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Campinas: SBCS, 1991. 175p.
- LIMA, W. P. Função hidrológica da mata ciliar. In: SIMPÓSIO SOBRE MATA CILIAR, 1., 1989, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Cargil, 1989. p 25-42.
- LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. Apostila LCF/ESALQ. Piracicaba, SP. 1994.
- LIMA, W. P. **Princípios de hidrologia florestal para o manejo de bacias hidrográficas**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1986. 242 p.
- LIMA, W. P. **Princípios de manejo de bacias hidrográficas**. Piracicaba: ESALQ. USP, 1976.
- LOPES, R. M. *et al.* Características fisiográficas e morfométricas da microbacia do Córrego Jataí no município de Jataí-GO. **Geoambiente on-line**. n. 9, p. 01-22, 2007
- MACÊDO, M. N. C. **Caracterização hidroambiental e sociocultural da bacia hidrográfica do Riozinho do Rôla, região sudeste do Estado do Acre**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2009.
- MAFFIA, V. P. *et al.* Monitoramento da precipitação e vazão em uma microbacia com plantio de eucalipto no Município de Francisco Dumont, MG. **Seminário de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul**, v. 2, p. 141-148, 2009.
- MANCUSO, M. A. *et al.* Características da taxa de infiltração e densidade do solo em distintos tipos de cobertura de solo em zona urbana. **Revista Monografias Ambientais**, v. 14, n. 1, Edição Especial Fevereiro, p. 2890-2998, 2014.
- MARTINS, S. V.; DIAS, H. C. T. Importância das florestas para a quantidade e qualidade da água. **Ação Ambiental**, Viçosa, MG, v.4, n. 20, p.14-16, 2001.
- MATTIONI, N. M. *et al.* Fertilidade do solo na qualidade fisiológica de sementes de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 8, n. 4, 2013.

MENEZES, M. D. *et al.* Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha-Serra da Mantiqueira (MG). **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 82, p. 175-184, 2009.

MERTEN, G. H. MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. **Agroecol. e Desenvol. Rur. Sustent**, Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez 2002.

MIOTO, C. L. *et al.* Morfometria de bacias hidrográficas através de SIGs livres e gratuitos. **Anuário do Instituto de Geociências**, v. 37, n. 2, p. 16-22, 2014.

MORA, V. B. **Morfometria da bacia hidrográfica do Rio Bobo no estado de Nariño, Colômbia**. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Campus Jaboticabal. 2008.

MOSCA, A. A. O. **Caracterização hidrológica de duas microbacias visando a identificação de indicadores hidrológicos para o monitoramento ambiental do manejo de florestas plantadas**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2003. 88 p.

NARDINI, R. C.; POLLO, R. A.; CAMPOS, S.; BARROS, Z. X. D.; CARDOSO, L. G.; GOMES, L. N. Análise morfométrica e simulação das áreas de preservação permanente de uma micobacia hidrográfica. **Irriga**, v. 18, n. 4, p. 687-699, 2013.

NASCIMENTO, H. E. M.; LAURANCE, W. F. Efeitos de área e de borda sobre a estrutura florestal em fragmentos de floresta de terra-firme após 13-17 anos de isolamento. **Acta Amazônica**, v.36, n.2, p.183-192, 2006.

OLERIANO, E. S.; DIAS, H. C. T. A dinâmica da água em microbacias hidrográficas reflorestadas com eucalipto. In: SEMINÁRIO DE RECURSOS HÍDRICOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO PARAÍBA DO SUL: O EUCALIPTO E O CICLO HIDROLÓGICO. **Anais...** Taubaté, Brasil: IPABHi, 07-09 novembro 2007. p. 215-222.

OLIVEIRA FILHO, A. T. *et al.* Estrutura fitossociológica e variáveis ambientais em um trecho de mata ciliar do córrego Vilas Boas, Reserva Biológica do Poço Bonito, Lavras (MG). **Revista Brasileira de Botânica**, São Paulo, v.17, n.1, p.67-85, 1994.

OLIVEIRA FILHO, F. X. **Análise espacial da compactação do solo em área cultivada com cana-de-açúcar**. Tese de Doutorado. 2014. 109 f.

OLIVEIRA, M. A. T.; COELHO NETTO, A. L.; AVELAR, A. S. Morfometria d encostas e desenvolvimento de boçorocas no Médio Vale do Rio Paraíba do Sul. **Geociências**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 9-23, 1994.

OLIVEIRA, P. T. S. *et al.* Caracterização morfométrica de bacias hidrográficas através de dados SRTM. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.14, n.8, p.819-825, 2010.

PENNA, L. R.; OLIVEIRA FILHO, W. L. Porepressure monitoring during construction. **Rem: Revista Escola de Minas**, v. 65, n. 4, p. 443-448, 2012.

PINTO, L. V. A. **Caracterização física da sub-bacia do Ribeirao Santa Cruz, Lavras, MG, e propostas de recuperação de suas nascentes**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2003. 165p.

PINTO, L. V. A. *et al.* Caracterização física da bacia hidrográfica do ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG e uso conflitante da terra em suas áreas de preservação permanente. **Cerne**, v. 11, n. 1, 2005.

POLLO, R. A. *et al.* Caracterização morfométrica da microbacia do Ribeirão Água da Lucia, Botucatu-SP. **Applied Research & Agrotechnology**. v. 5, n. 1, p. 163-174, 2012.

PORTO, R. L.; ZAHED FILHO, K.; SILVA, R. M. **Medição de vazão e curva-chave**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária, São Paulo, 2001.

PORTUGAL, A. F. *et al.* Propriedades físicas e químicas do solo em áreas com sistemas produtivos e mata na região da Zona da Mata mineira. **Revista Brasileira de ciência do solo**, v. 34, n. 2, p. 575-585, 2010.

PROPOSTA DE INSTITUIÇÃO DO COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO SÃO MATEUS (SM1). 2008. Disponível em: <file:///C:/Users/ACER/Downloads/10._Dossie_da_proposta_da_CBH_Sao_Mateus%20(2).pdf>. Acesso em 15 mar 2016.

RABUS, B. *et al.* The Shuttle Radar Topography Mission - a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing**, v.57, p.241-262, 2003.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 6, p. 1609-1623, 2007.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006. Disponível em: <https://portais.ufg.br/up/68/o/An_lise_da_zona_n_o_saturada_do_solo__texto.pdf>. Acesso em: 30 jan 2018.

RESENDE, M. *et al.* **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. Lavras: UFLA, 1997. 367p.

RIBEIRO, J. F. **Cerrado: matas de galeria**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 164p.

RODRIGUES, G. B. *et al.* Dinâmica da regeneração do subsolo de áreas degradadas dentro do bioma Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.11, n.1, p.73–80, 2007.

RODRIGUES, F. M.; PISSARRA, T. C. T.; CAMPOS, S. Caracterização morfométrica da microbacia hidrográfica do Córrego da fazenda glória, Município de Taquaritinga, SP. **Irriga**. p. 310-322, 2008.

RODRIGUES, R. R.; GANDOLFI, S. Conceitos, tendências e ações para a recuperação de florestas ciliares. In: RODRIGUES, R. R.; LEITÃO FILHO, H. F. (Eds.) **Matas ciliares: conservação e recuperação**. São Paulo: EDUSP/FAPESP. p.235-247, 2000.

RONQUIM, C. C. Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. Embrapa Monitoramento por Satélite, Campinas, SP, 2010.

ROQUE, A. A. O. *et al.* Controle de tráfego agrícola e atributos físicos do solo em área cultivada com cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília**, v.45, n.7, p.744-750, 2010.

SALAMENE, S. *et al.* Estratificação e caracterização ambiental da área de preservação permanente do Rio Guandu/RJ. **Revista Árvore**, v. 35, n. 2, 2011.

SILVA, J. L., TONELLO, K. C. Morfometria da Bacia Hidrográfica do Ribeirão dos Pinheirinhos, Brotas - SP. **Irriga**, Botucatu, v. 19, n. 1, p. 103-114, janeiro-março, 2014.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n. 1, 2000.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. In: TUCCI, C.E.M. (Org.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. São Paulo: EDUSP, 2001. p 35-51.

SILVEIRA, G. L.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento em pequenas bacias para estimativa de disponibilidade hídrica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 3, n. 3, p. 97-110, 1998.

SOARES, A. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados na caracterização dos solos e da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio**

Candiru-açu (PA). Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo Piracicaba, 2000. 139 f.

SOUZA, D.M.G.; MIRANDA, L.N. & OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. **In: NOVAIS, R. F. et al. Fertilidade do solo.** Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. 991p.

STOLF, R. Teoria e teste experimental de fórmulas de transformação dos dados de penetrômetro de impacto em resistência do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.229-235, 1991.

STRAHLER, A. N. *Quantitative analysis of watershed geomorphology.* New Halen: *Transactions: American Geophysical Union.* 1957. v. 38. p. 913-920.

TANNER, C. B.; MAMARIL, C. P. Pasture soil compaction by animal traffic. **Agronomy Journal**, v. 51, n. 6, p. 329-331, 1959.

TEODORO, V. L. I. *et al.* O conceito de bacia hidrográfica e a importância da caracterização morfométrica para o entendimento da dinâmica ambiental local. **Revista Uniara.** n. 20, 2007.

TONELLO, K. C. **Análise hidroambiental da Bacia Hidrográfica da Cachoeiras das Pombas, Gunhães, MG.** Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Minas Gerais. 2005. 69f.

TONELLO, K. C.; DIAS, H. C. T.; SOUZA, A. L.; ALVARES, C. A.; RIBEIRO, S.; LEITE, F. P. Morfometria da Bacia Hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG. **Revista Árvore**, v.30, n.5, p.849-857, 2006.

TORMENA, C. A.; ROLLOF, G. Dinâmica da resistência à penetração de um solo sob plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 20, p. 333-339, 1996.

TREIN, C.R.; COGO, N.P. & LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo, na rotação aveia+trevo/milho, após pastejo intensivo. **R. Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 105-111, 1991.

VALENTE, O. F.; CASTRO, P. S. A bacia hidrográfica e a produção de água. **Informe Agropecuário**, v. 9, n. 100, p. 53-56, 1983.

VAN ZUIDAM, R. Aerial photointerpretation in terrain analysis and geomorphological mapping. **The Hague: Smiths Publishers**, 1986. 442 p.

VILAR, M. B. *et al.* Caracterização de nascentes pertencentes à Bacia Hidrográfica do Rio Turvo Limpo, MG. **Seminário de recursos hídricos da Bacia Hidrográfica do Paraíba do Sul: recuperação de áreas degradadas.** v. 2, p. 181-188, 2009.

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. Hidrologia aplicada. **In: Hidrologia aplicada.** McGraw-Hill, 245 p., 1975.

WARREN, S. D.; NEVILL, M. B.; BLACBURN, G. N. E. *Soil response to trampling under intensive rotation grazing. Soil Science Society of America Journal*, v.50, p.1336-1341, 1986.

CONCLUSÕES GERAIS

O mau uso da terra na área de contribuição da microbacia hidrográfica do Rio São Mateus, onde é comum encontrar pastos degradados (quase 56% de toda a área da microbacia), além de solos compactados e topos de morro sem cobertura vegetal, pode ser um dos grandes causadores da falta de água na região. Essas características influenciam diretamente os processos hidrológicos na microbacia, afetando a infiltração de água da chuva no solo, e conseqüentemente, a quantidade e qualidade da água produzida.

Portanto, nota-se uma grande necessidade de manejo desta microbacia, ao qual envolva a comunidade local, que é de grande importância para qualquer plano de manejo de bacias. Técnicas como a construção de estruturas ao longo da microbacia para a captação e retenção de água da chuva, a saber, barraginhas e cordões de contorno (terraço de base estreita), por exemplo, e a recuperação da pastagem, podem proporcionar sucesso no aumento da taxa de infiltração de água no solo, ao qual contribui para a diminuição de processos erosivos e de assoreamento do curso d'água. Além disso, a produção de água na microbacia tenderá a aumentar, assim como a vazão da nascente, que poderá se manter regular ao longo do ano, permitindo contornar os problemas de seca constantemente enfrentados na região.

ANEXO

Resultados de Análise Química de Solo

N° Laboratório	Referência do Cliente	pH H ₂ O	pH KCl	pH CaCl ₂	P	K	Na	Ca ²⁺
					mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	cmol _c /dm ³
4739	Solo Pastagem 0-20	5,01	-	-	1,9	68	-	0,86
4740	Solo Exposto 0-20	4,74	-	-	0,9	6	-	0,09

N° Laboratório	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T	V	m	ISNa	MO	P-Rem
	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	cmol _c /dm ³	%	%	%	dag/kg	mg/L
4739	0,37	0,69	6,4	1,40	2,09	7,80	17,9	33,0	-	3,13	21,7
4740	0,02	0,79	5,2	0,13	0,92	5,33	2,4	85,9	-	1,96	11,8

N° Laboratório	S	B	N	Cu	Mn	Fe	Zn	Cr	Ni	Cd	Pb
	mg/dm ³	mg/dm ³	dag/kg	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³	mg/dm ³
4739	-	-	-	0,33	22,9	90,7	6,44	-	-	-	-
4740	-	-	-	0,14	0,9	62,9	2,34	-	-	-	-

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5

P - Na - K - Fe - Zn - Mn - Cu - Cd - Pb - Ni - Cr - Extrator Mehlich-I

H + Al - Extrator Acetato de Cálcio 0,5 mol/L - pH 7,0

t - Capacidade de Troca Catiónica Efetiva

v - Índice de Saturação por Bases

ISNa - Índice de Saturação por Sódio

P-rem - Fósforo Remanescente

B - Extrator água quente

pH em água, KCl e CaCl - Relação 1:2,5

Ca²⁺ - Mg²⁺ - Al³⁺ - Extrator: KCl - 1 mol/L

SB = Soma de Bases Trocáveis

T - Capacidade de Troca Catiónica a pH 7,0

m - Índice de Saturação por Alumínio

MO (Mat. Orgânica) = G.Org x 1,724 -Walkley-Black

B - Extrator - Fosfato monocálcico em ácido acético

N - N total - Digestão sulfúrica - Destilação Kjeldahl

Resultados de Análise Física do Solo

Nº Laboratório	Referência do Cliente	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila	(1) Classificação textural	(2) Tipo de solo
		kg/kg	kg/kg	kg/kg	kg/kg		
2706	4739	0,368	0,100	0,107	0,428	Argilo-Arenosa	3
2707	4740	0,297	0,047	0,032	0,624	Muito Argilosa	3

Nº Laboratório	ADA	EU	Dp	Ds	PT	Mi	Ma	CE	K ₀
	kg/kg	kg/kg	g/cm ³	g/cm ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³	m ³ /m ³	µS/cm	cm/min
2706	-	-	2,62	1,16	-	-	-	-	-
2707	-	-	2,80	1,13	-	-	-	-	-

(1) SBCS

ADA - Argila Dispersa em Água

EU - Equivalente de Umidade

DS - Densidade de Solo

Mi - Microporosidade

CE - Condutividade Elétrica (1:5)

(2) IN SPA/MAPA 02/2008

CRA - Curva de Retenção da Água no Solo (MT - Mesa de Tensão; CP - Câmara de Pressão)

DP - Densidade de Partículas

PT - Porosidade Total (PT = 1 - Ds/Dp)

Ma - Macroporosidade

K₀ - Condutividade Hidráulica