

ANÁLISE AMBIENTAL E HIDROLÓGICA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO SÃO LUÍS, MG

ENVIRONMENTAL AND HYDROLOGICAL ANALYSIS IN THE HYDROGRAPHIC BASIN OF SÃO LUÍS RIVER, MG

¹Rodolfo Alves Barbosa

²Fabrcio Rainha Ribeiro

³Fernanda Cristina Silva Ribeiro

⁴Herly Carlos Teixeira Dias

¹Universidade Federal de Viçosa-MG. E-mail: rodolfo.barbosa@ufv.br

²Univertix. Email: fabrciorainharibeiro@yahoo.com.br

³Universidade Federal de Viçosa. Email: fernandacristina_ufv@yahoo.com.br

⁴Universidade Federal de Viçosa. Email: herlycarlostdias@gmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização ambiental e hidrológica na bacia hidrográfica do ribeirão São Luís. A sub-bacia do ribeirão São Luís é um importante afluente do rio Manhuaçu, que possui a foz no Rio Doce. Foi gerado um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC) para a delimitação da área de drenagem, da extração da hidrografia, da orientação de vertentes aspecto e da declividade da bacia. Foi obtido imagens do LandSat 8 OLI e realizada uma classificação supervisionada, pelo classificador MaxVer, com intuito de verificar o uso e cobertura da terra nas classes: urbano, mata nativa, eucalipto, cafeicultura e pastagem. Foi avaliada a precipitação na área da bacia, através de pluviômetros, e a medição da vazão com micromolinete em 6 datas entre março de 2018 a julho de 2019, para constatar a variação espacial e temporal da precipitação e vazão. Foi feita a caracterização visual da bacia hidrográfica com visitas a campo para analisar as práticas agrícolas usadas na cafeicultura. A bacia do ribeirão São Luís possui área de 242,93 km², relevo fortemente ondulado a montanhoso, e altitudes que variam de 617 a 1.737 m. A cobertura do solo predominante são as lavouras cafeeiras, abrangendo 30,70% da área total. Houve grande variação temporal da vazão ao longo de 14 meses de avaliação. A ocorrência de chuvas na região de cabeceira da bacia favorece a erosão do solo, sendo assim recomendáveis técnicas conservacionistas para a cafeicultura e demais usos da terra na bacia hidrográfica do ribeirão São Luís.

Palavras-chave: Hidrologia, Manejo de bacias hidrográficas, Produção sustentável

Abstract: The objective of this work was to carry out the environmental and hydrological characterization in the São Luís river basin. The São Luís stream sub-basin is an important tributary of the Manhuaçu River, which has the mouth of the Doce River. A Hydrologically Consistent Digital Elevation Model (HCDEM) was generated for the delimitation of the drainage area, the extraction of hydrography, the orientation of aspect slopes, and the slope of the basin. LandSat 8 OLI images were obtained and supervised classification was performed, by the MaxVer classifier, to verify land use and coverage in the classes: urban, native forest, eucalyptus, coffee and pasture. Precipitation in the basin area was evaluated through rain gauges and the flow measurement with current meter on 6 dates between March 2018 to July 2019, to verify the spatial and temporal variation of precipitation and flow. Visual characterization of the hydrographic basin was carried out with field visits to analyze the

agricultural practices used in coffee growing. The São Luís stream basin has an area of 242.93 km², a strongly wavy to mountainous relief, and altitudes ranging from 617 to 1,737 m. The predominant soil cover is coffee plantations, covering 30.70% of the total area. There was a large temporal variation in flow over 14 months of evaluation. The occurrence of rains in the head of the basin region favors soil erosion, therefore, conservationist techniques are recommended for coffee growing and other land uses in the São Luís river basin.

Keywords: Hydrology, Watershed management, Sustainable production.

1 INTRODUÇÃO

O manejo de bacias hidrográficas é fundamental para a regularização das vazões dos cursos d'água, incluindo o controle de erosão e de enchentes, e para manter a qualidade de água (SILVA, FERREIRA, 2019).

A ocupação do solo e o tipo de cultura são determinantes na dinâmica da água dentro da bacia, influenciando o escoamento superficial e infiltração de água no solo (SAJIKUMAR, REMYA, 2015; HUANG et al., 2016).

A produção de café em locais declivosos é desafiadora, exigindo maior demanda de mão de obra, o que tende a onerar o custo de produção. Dessa forma, o produtor deixa de realizar algumas medidas conservacionistas para a produção de café devido à dificuldade de custear tais medidas.

As técnicas de produção adotadas são decisivas na redução do escoamento superficial. Técnicas de produção conservacionistas permitem aumentar a matéria orgânica no solo e reduzir significativamente na perda de água (GUIMARÃES et al., 2015; ALIXANDRE et al., 2020).

Existem indícios que a ocorrência de eventos extremos de precipitação tem aumentado na região sudeste, colocando mais pessoas em risco de deslizamentos de terra e enchentes (ÁVILA-DIAZ et al.; 2016). Lavouras cafeeiras da região leste de Minas Gerais estão presentes em região de grande elevação e declividade, aumentando os riscos de inundação.

Em janeiro de 2020, eventos de precipitação na cabeceira de ribeirão São Luís resultaram em deslizamentos de terra

e favoreceu a uma grande enchente na cidade de Manhuaçu, situada na foz da bacia hidrográfica, o que demonstra a importância da caracterização ambiental e hidrológica na região (INMET, 2020; MINAS GERAIS, 2020).

O objetivo deste trabalho foi realizar a caracterização ambiental e hidrológica do ribeirão São Luís-MG.

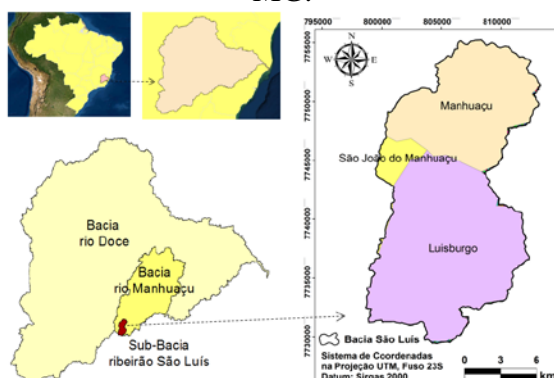
2 MATERIAIS E MÉTODOS

Descrição do local

Foi avaliada a sub-bacia hidrográfica do ribeirão São Luís, pertencente à bacia hidrográfica do rio Manhuaçu, que possui foz com o rio Doce. A sub-bacia avaliada é a maior sub-bacia a montante da cidade de Manhuaçu, MG, avaliando assim, a parte sudoeste da bacia hidrográfica do rio Manhuaçu, local frequentemente atingido por grandes enchentes. A sub-bacia do Ribeirão São Luís abrange 100% da área do município de Luisburgo, 20% da área do município de Manhuaçu e 7,2% do município de São João do Manhuaçu, os valores foram obtidos após interpolação dos limites da bacia com os limites dos municípios (Figura 1).

A região foi escolhida por ser a montante da principal e maior cidade da bacia onde o Rio Manhuaçu passa no perímetro urbano; a ocorrência de enchentes é frequente e causadora de grandes prejuízos e impactos ambientais.

Figura 1: Municípios limítrofes da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão São Luís MG.



Fonte: Os autores

A região é caracterizada por apresentar um grande número de propriedades rurais. O clima ameno estimulou a produção da cultura de café, *Coffea arábica*, desde 1849, sendo ainda predominante (PREFEITURA MUNICIPAL DE LUISBURGO, 2018).

Manhuaçu é o principal produtor nacional de café arábica familiar com 2.815 propriedades (IBGE, 2016). A presença de duas estações bem definidas, com verão quente e chuvoso e inverno seco e clima temperado e a maior parte da bacia estar em locais de elevada altitude favorece a produção de cafés de qualidade.

A produção de grãos de café para o município de Manhuaçu foi de 26.050 t, 8.521 t para o município de São João do Manhuaçu e para o município de Luisburgo foi de 10.800 t de grãos (IBGE 2019).

Segundo o Cadastro Ambiental Rural, a região possui 891 propriedades em Luisburgo, 867 em São João do Manhuaçu e 2.727 no município de Manhuaçu.

Processamento dos dados

A delimitação da bacia hidrográfica do Rio Manhuaçu foi através da utilização da base de dados de curvas de nível, pontos cotados (<http://iede.fjp.mg.gov.br/>) e hidrografia mapeada (<http://www.ibge.gov.br/>), ambos na escala 1:50.000.

O processamento dos dados e as análises foram realizadas em ambiente de Sistema de Informações Geográficas (SIG), software ArcGIS 10.2.2. A orientação das vertentes foi realizada através da ferramenta *Aspect* presente em *Spatial Analyst Tools* em *Surface*. A hipsometria foi determinada através da ferramenta *Fill*, onde houve eliminação de inconsistências. A declividade do terreno foi realizada em *Surface*, onde foi determinada a classificação de acordo com a Embrapa (1979).

Os dados foram reprojetoados para o sistema de coordenadas UTM, fuso 23S, Datum Sirgas 2000 e utilizados para a geração de um Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente (MDEHC). Um MDEHC caracteriza-se por possuir uma coincidência acentuada entre a hidrografia numérica (raster) com a hidrografia mapeada (vetorial) (CARDOSO et al., 2016).

Para a geração do MDEHC foi necessário conectar a hidrografia, orientar sentido a foz e unifilar. Inconsistências foram corrigidas para posterior utilização do interpolador *Topo to Raster*, específico para a geração de um modelo que acompanha as mudanças bruscas no terreno, como os cursos d'água. Após a geração do modelo, possíveis anomalias foram corrigidas para garantir que a água fluirá dos locais mais elevados para os locais mais baixos.

Para gerar a hidrografia foi necessário usar um método sistemático e organizado para obter resultados precisos. Portanto, o programa indica o local dos principais canais. A saída desse método é uma base para a criação de vetores de ordem de fluxo que correspondem à hierarquia de rios de acordo com os números de ordem de Strahler (1964). A ordem da bacia aponta o grau de ramificação ou bifurcação dentro da bacia, onde os canais primários (nascentes) são denominados de 1º ordem, a junção de dois canais primários forma um de 2º ordem e assim por diante, exceto quando ocorre a

junção de um canal de ordem inferior a outro de ordem superior, mantendo a maior ordem.

Classificação de imagens

Foram adquiridas cenas do sensor OLI do satélite LandSat 8, com data de passagem de 20 de janeiro de 2018, que possui 30 metros de resolução espacial e posterior processamento e coleta de amostras para treinamento e realização da classificação supervisionada com 30 amostras de treinamento para cada classe, com 20 pixels cada amostra. Foi utilizado o classificador Maxima Verossimilhança (Maxver) para a classificação do uso e da cobertura da Terra. O algoritmo utiliza a média e a covariância das amostras de treinamento, para computar a probabilidade estatística de um pixel desconhecido pertencer a uma determinada classe (MOREIRA, 2003). Depois da avaliação probabilística, o pixel é assinalado à categoria de maior probabilidade. Para a seleção das classes de cobertura da terra foi considerada as observações em campo predominantes na bacia, sendo cinco classes principais: mata nativa, cafeicultura, pastagem, eucalipto e ocupação urbana.

A eficiência da classificação e validação foi realizada através do índice kappa e do índice de exatidão global. A análise Kappa é uma técnica discreta multivariada utilizada para avaliar a exatidão e determinar, estatisticamente, se uma matriz de erros é diferente de outra ou não. A classificação é considerada excelente quando o valor do índice está entre 0,81-1,0. A exatidão global relaciona os elementos da diagonal com o total de pontos da imagem classificada (VALLE et al., 2018).

Coleta de precipitação

A precipitação foi avaliada durante 14 meses. Para isso, foi instalado um pluviômetro convencional no município de Manhuaçu, distrito Ponte do Silva, em março de 2018. Este pluviômetro possui

abertura de 172 cm² de diâmetro. A medição foi realizada por meio de uma proveta graduada todos os dias que houveram precipitação. Foi utilizado também os dados de precipitação pluviométrica da estação automática localizada na cidade de Manhuaçu código A556, que fornece os dados para o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e um pluviômetro localizado em São João do Manhuaçu onde os dados são obtidos pela Companhia de Saneamento de Minas Gerais (Copasa) do município.

Registro de Vazão de Referência

Foi avaliada a vazão de referência na foz e seu monitoramento durante o período de 14 meses. A avaliação foi realizada uma vez por mês nos meses de maio/2018, novembro/2018, janeiro/2019, março/2019, maio/2019 e julho/2019. A vazão de referência foi medida pelo método do micro molinete, instrumento utilizado com uma contagem de giros de sua hélice por um determinado período de tempo, o modelo já processa a velocidade instantaneamente, sendo assim registrada pelo operador (BARBOSA, 2019). Para encontrar a vazão é necessária medir a seção do rio, para isso foi utilizado uma fita métrica e, após encontrar a área, multiplica-se a mesma pela velocidade e obtém-se, aproximadamente, a vazão (Equação 1). A largura, profundidade e velocidade de fluxo foi variável ao longo das medições.

$$V_r = L \times h \times v \quad \text{Eq. 1}$$

Em que: V_r = vazão de referência, m³ s⁻¹; L = largura do canal, em m; h = profundidade média da seção do canal, em m; v = velocidade média do fluxo da água, m s⁻¹.

Definição das técnicas conservacionistas

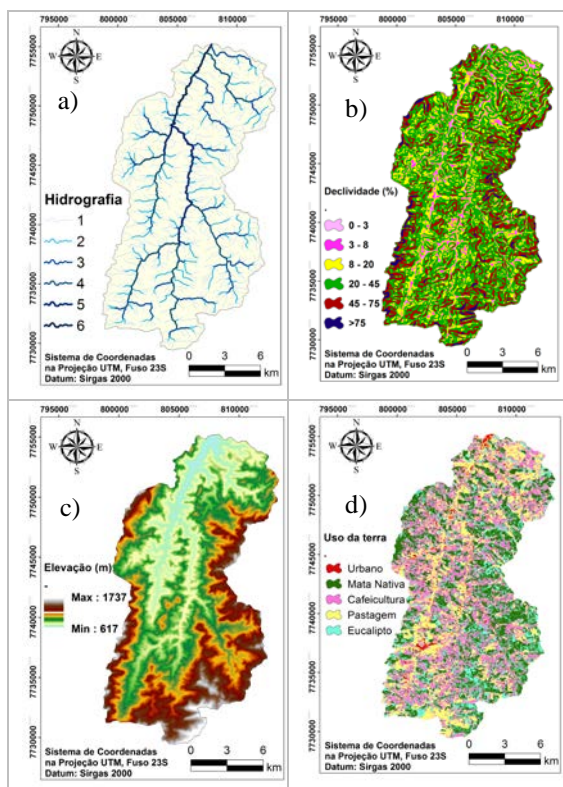
As informações coletadas sobre o uso e cobertura da terra, vazão e as viagens a campo possibilitaram avaliar ambientalmente e hidrológicamente a sub-

bacia. A partir dessas informações foi possível sugerir técnicas conservacionistas voltadas para o manejo adequado da cafeicultura de montanha.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A bacia do Ribeirão São Luís possui área de 242,93 km². Possui hierarquia fluvial de 6^o ordem, com cursos d'água ramificados e drenagem em forma dendrítica (Figura 2a). Domingues et al., (2020) avaliaram a drenagem da bacia do Rio Pardo com 433,65 km² de área, com padrão dendrítico de drenagem com risco de picos de inundação em períodos chuvosos.

Figura 2: Hierarquia fluvial (a); classes de declividade (EMBRAPA,1979) (b); elevação (c); e uso da terra (d) da bacia hidrográfica do Ribeirão São Luís, MG.



Fonte: Os autores

A bacia possui o relevo fortemente ondulado em 51,73% da área, e montanhoso e fortemente montanhoso em

20,50 e 2,39% respectivamente (Figura 2b, 2c).

A predominância do relevo montanhoso na bacia do Rio Manhuaçu torna a cidade susceptível a grande variação do volume de água do rio, que, em época chuvosa pode provocar alagamentos, prejudicando a população que reside próxima às margens do rio e aos serviços públicos da sede do município.

A classificação de uso da terra teve índice de exatidão global 0,80 e índice Kappa de 0,76, considerada elevada. Nascimento et al., (2016) avaliaram a precisão de classificadores MaxVer e Isso Cluster de imagens do LandSat 8 para o município de Cárceres, MT onde verificou que o índice Kappa e exatidão global foram 53% e 31% para o classificador MaxVer e 53% e 29% para o classificador Isso Cluster, mostrando uma classificação moderada para o classificador MaxVer.

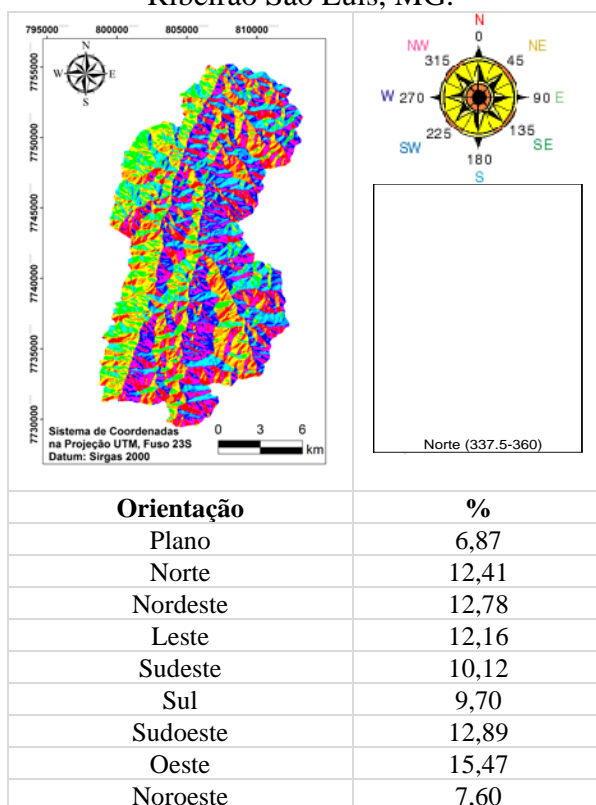
A cobertura do solo predominante são as lavouras cafeeiras, abrangendo 30,70% da área total, seguido de mata nativa e pastagens com 26,26% e 22,26% respectivamente (Figura 2d).

O aspecto está relacionado com orientação da encosta das montanhas, este parâmetro permite avaliar a interferência do sol no clima local e na vegetação (KUMAR et al., 2018; MISHRA, RAI, 2020). O aspecto controla a influência do clima porque o sol brilha incidente no solo a oeste durante o período mais quente da tarde, então a encosta ficará mais quente do que a face leste, e encostas voltadas para o leste têm um alto teor de umidade e baixa taxa de evaporação. Vale ressaltar que essas condições aliadas a uma temperatura mais amena nessas encostas, o que geralmente acontece no inverno, faz desses locais ótimos pontos para a produção de cafés especiais, uma vez que a maturação será prolongada e ocorrerá um maior acúmulo de açúcares (SILVEIRA et al., 2016).

Na bacia do ribeirão São Luís, 12,16% das encostas está com vertentes viradas a leste (Figura 3), ou seja, recebem

a radiação solar direta pelo período da manhã, e, na parte da tarde, a radiação deixa de incidir diretamente, passando a ser sombreadas, contribuindo com temperaturas mais amenas nesta face, proporcionando maior teor de umidade e maior potencial na produção de café com elevada qualidade conforme observado por autores na região (Silveira et al., 2016).

Figura 3: Aspecto da bacia hidrográfica do Ribeirão São Luís, MG.



Fonte: Os autores

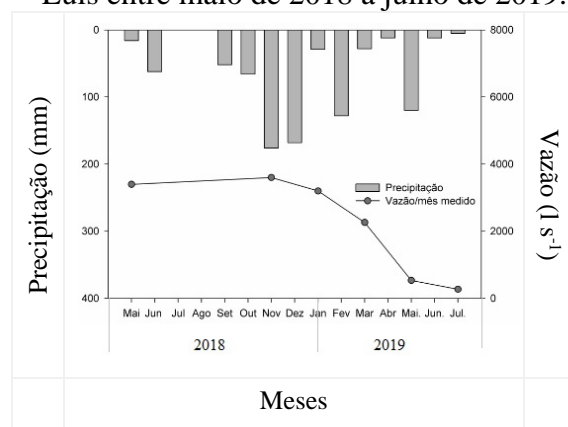
A vertente de exposição pode influenciar no microclima local, alterando a concentração foliar de macro e micronutrientes em plantações de café conilon (BIS et al., 2020).

Dessa forma, o estabelecimento da cultura cafeeira em uma região montanhosa exige diversos desafios para a produção e conservação do solo e da água, sendo que apresentam maior risco de deslizamentos e enchentes devido a menor infiltração de água no solo e aumento do escoamento superficial. O ribeirão São Luís apresentou grande variação sazonal da vazão ao longo do ano, sendo máxima

durante o mês de novembro de 2019 (Figura 4).

A vazão determinada por micromolinetes é um método que determina uma vazão de referência de bacias, sendo útil para um diagnóstico da bacia e como comporta a vazão em função da precipitação no local. Em média, a foz do ribeirão São Bartolomeu apresentou 10,4 m de largura, 1,4 m de profundidade no leito normal.

Figura 4: Variação temporal da precipitação e da vazão do ribeirão São Luís entre maio de 2018 a julho de 2019.



Fonte: Os autores.

A variação sazonal da vazão natural ou regularizada é esperada em bacias hidrográficas bem manejadas, porém é esperada uma recarga da vazão durante o período chuvoso, o que não ocorreu na bacia do ribeirão São Luís, agravando a perda durante o período de estiagem de forma efetiva, o que mostra a necessidade de manejo da bacia hidrográfica para regularizar a vazão, permitindo a recarga do lençol freático no período chuvoso.

A gestão sustentável de bacias hidrográficas está diretamente relacionada ao manejo das culturas presentes na bacia. A cafeicultura é muito abrangente na área e o manejo conservacionista é fundamental para regularização da vazão dos cursos d'água, possibilitando maior vazão mínima e menores picos de vazão.

A bacia apresenta a maioria das lavouras cafeeiras com boas práticas conservacionistas de água no solo com

manejo das plantas invasoras e plantios em nível (Figura 5).

Figura 5: Lavouras cafeeiras presentes na bacia do Ribeirão São Luís, MG.



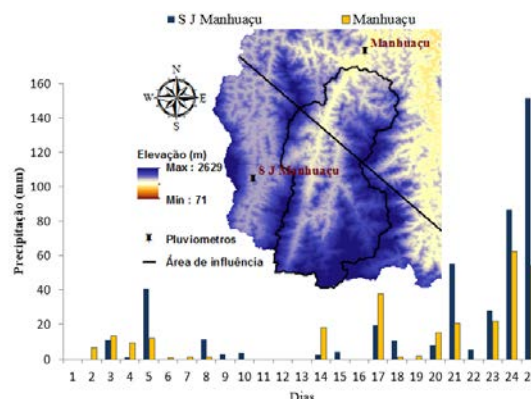
Fonte: Luiz Fernando Aquino, os autores

Em janeiro de 2020, a formação da Zona de Convergência do Atlântico Sul trouxe grande volume de chuvas para a região sudeste, associada à tempestade tropical *Kurumi* formada no litoral do Espírito Santo aumentou a intensidade das chuvas (INMET, 2020).

A precipitação ocorrente nas regiões mais elevadas da bacia foi maior durante o mês de janeiro, com grande variação entre os pluviômetros localizados na cidade de Manhuaçu e São João do Manhuaçu (Figura 6). O volume de chuva incidente na bacia durante o janeiro chuvoso acarretou na maior enchente da história da cidade de Manhuaçu, onde grande parte do volume de águas advindo da região de cabeceira foi proveniente da bacia do Ribeirão São Luís.

Dessa forma, a aplicação de manejo conservacionista em cafeeiros é de grande importância para a redução dos danos provenientes de chuvas intensas, reduzindo o impacto da gota de chuva sobre o solo, evitando o salpicamento e desagregamento das partículas de solo e início da erosão (PIRES; SOUZA, 2013; JÚNIOR et al., 2018).

Figura 6: Precipitação ocorrente na bacia do Ribeirão São Luís, localizado na cidade de São João do Manhuaçu e Manhuaçu entre os dias 1 e 25 de janeiro de 2020.



Fonte: INMET, COPASA, 2020.

A presença de terreno com elevada declividade dificulta as atividades agrícolas na região, principalmente a mecanização, que ainda não é utilizada na região de forma extensiva. Santinato et al. (2016) verificaram menor rendimento com a colheita mecanizada do café em regiões declivosas, demandando 21, 6% a mais de tempo para realizar as operações. A técnica de microterraceamento surge como uma alternativa econômica viável para o trabalho semi-mecanizado para a cafeicultura de montanha, com potencial de reduzir o escoamento superficial e erosão (ALVES et al., 2017).

A produção de café com adoção de práticas conservacionista, como a manutenção da cobertura vegetal do solo, possibilita redução significativa na perda de água, solo e N em relação ao sistema convencional (GUIMARÃES et al., 2015). Júnior (2017) verificou potencial elevado de perda de solo com ausência de práticas de conservação do solo e água para lavouras de café, milho e feijão na bacia hidrográfica do Córrego da Laje, Alfenas-MG. O solo perdido no processo de erosão é justamente a camada mais superficial, onde é feito a aplicação de adubos e defensivos agrícolas. Uma vez que esse material está sendo carregado pela água, além de todo impacto ambiental que será provocado nos corpos hídricos da região, é

considerável também a perda de investimento feito nas lavouras.

A erosão potencial aumenta consideravelmente em locais de grande declividade e comprimento de rampa, sendo necessária a aplicação de técnicas conservacionistas com plantios em nível e sistema de drenagem pluvial (FIORESE; TORRES, 2019). Na presente bacia, a presença de declividades acentuadas, com 22,89 % apresentando terreno montanhoso e escarpado, levando grande risco de deslizamentos quando ocorre saturação do solo por água, reduzindo a capacidade de infiltração no solo.

As práticas culturais que visam manter a cobertura do solo também são úteis na redução da erosão do solo.

As práticas utilizadas para manejo das plantas espontâneas na região são predominantemente a capina química seguida de roçada e, em algumas situações, ainda a capina manual.

O controle dessa vegetação deve ser feito no momento em que apresenta maior concorrência por água e nutrientes com a cultura do café, época do desenvolvimento e granação dos frutos. Esse período é compreendido de novembro a abril, justamente nos momentos das maiores precipitações. Por essa razão, a prática de capina manual deve ser evitada, uma vez que essa prática deixa solo desagregado na superfície, aumento a chance de ocorrência do processo erosivo.

A capina química (com aplicação de herbicida) é a prática mais indicada para regiões mais declivosas. Com essa prática é eliminada a competição das plantas daninhas com o cafeeiro, e ainda assim, é preservada a cobertura morta do solo (matéria orgânica) que protege o solo contra o excesso de radiação solar, preservando os micro-organismos do solo, também reduzem significativamente a energia cinética da chuva, diminuindo a propensão do local a erosão.

A adoção de práticas vegetativas como a manutenção de vegetação nos carregadores do cafeeiro favorece a retenção de umidade do solo (CASTANHEIRA et al., 2019).

Alixandre et al. (2020) observaram que as técnicas de plantio em curva de nível; manejo das faixas de mato deixadas entre as linhas da cultura de café através da roçada foram consideradas práticas recomendadas para produção de cafeicultura sustentável de *C. arábica* no estado do Espírito Santo.

Segundo o Mapa de Solos de Minas Gerais (UFV, 2010), nas regiões mais elevadas da bacia existe uma maior quantidade de solos rasos como o cambissolo húmico distrófico e neossolo litólico, acarretando em menor capacidade de armazenamento de água da chuva no subsolo, aumentando a incidência de deslizamentos com chuvas de grande intensidade (Figura 7).

A ocorrência de chuvas intensas na região de cabeceira da bacia favorece a erosão do solo, sendo assim recomendáveis técnicas conservacionistas para a cafeicultura na região, com plantio em nível, manutenção do mato nas ruas, caixas de contenção, associação de culturas e arruação permanente da lavoura, principalmente nos locais mais elevados e declivosos da bacia.

Figura 7: Deslizamento de terra em lavouras cafeeiras localizadas na região de cabeceira do Ribeirão São Luís, em Luisburgo (a,b,c); Enchente do Ribeirão São Luís, região do Ponte do Silva, distrito de Manhuaçu (d), 26 de janeiro de 2020.



Fonte: Jornal o Estado de Minas, Luziana Portilho, Jornal Portal Caparaó.

5. CONCLUSÕES

A bacia do ribeirão São Luís possui uma grande rede de drenagem, predominância de relevo montanhoso e elevada amplitude altimétrica, o que favorece o escoamento superficial da água de chuva.

A cafeicultura é a principal ocupação do solo na bacia, sendo imprescindível o manejo sustentável para favorecer a infiltração de água no solo.

6. AGRADECIMENTOS

À Capes pelo financiamento, ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa, ao Comitê de Bacias Hidrográficas Águas do Rio Manhuaçu.

7. REFERÊNCIAS

- ALIXANDRE, F. T.; DE MUNER, L. H.; KROHLING, C. A.; FERRRÃO, M. A. G.; FORNAZIER, M. J. FILHO, A. C. V. **Cafeicultura Sustentável: Boas práticas para o café Arábica**, Incaper, 2020. 48p. Disponível em? <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/handle/123456789/4096> Acesso em: 12 jan. 2020.
- ALVES, E. L.; PEREIRA, F. A. C.; DALCHIAVON, F. C. Potencial econômico da utilização de micro-terraceamento em lavouras de café: um estudo de caso. **Revista IPecege**, v. 3, n. 1, p. 24-38, 2017. DOI: <https://doi.org/10.22167/r.ipecege.2017.1.24>

- ÁVILA-DIAZ, A.; JUSTINO, F.; WILSON, A.; BROMWICH, D.; AMORIM, M. Recent precipitation trends, flash floods and landslides in southern Brazil. **Environmental Research Letters**, v. 11, n. 11, p.1-13, 2016. Disponível em: DOI: <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/11/114029>
- BARBOSA, R. A. Estudos hidrológicos da bacia hidrográfica do Rio Manhuaçu, MG. 2019, 120 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2019. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/27656/3/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: 10 set, 2020.
- BIS, A. P. P.; PARTELLI, F. L. FALQUETO, A. R.; RODRIGUES, W. P.; VIEIRA, H. D. Microclimatic characterization of a conilon coffee plantation grown in an eastwest orientation. **Australian Journal of Crop Science**, v. 14, n. 3, p. 431-438, 2020. DOI: 10.21475/ajcs.20.14.03.p1946.
- CARDOSO, F. A. C.; De PAULA, D. L. P.; MOR, R. C. A. M.; MAIA, J. L.; VIEIRA, E. M. Modelo digital de elevação hidrologicamente consistente para bacia do rio Doce: Elaboração e Análise. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.9, n.6, 2016.DOI: <https://doi.org/10.26848/rbgf.v9.6.p1978-1989>
- CASTANHEIRA, D. T. BARCELOS, T. R.; GUIMARÃES, R. J.; CARVALHO, C. M. A.; REZENDE, R. T.; BASTOS, I. S. Agronomic techniques for mitigating the effects of water restriction on coffee crops. **Coffee Science**, v.14, n.1, p.104-115, 2019. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/12074>>. Acesso em: 08 dez. 2020.
- DOMINGUES, G. F.; BARBOSA, R. A.; CORRÊA, C. C. S. A.; GUIMARÃES, C. M.; SILVEIRA, L. J.; DIAS, H. C. T. Caracterização morfológica e comportamento hidrológico da bacia hidrográfica do rio Pardo. **Revista Ifes Ciência**, v.6, n.2, p.3-16, 2020. DOI: 10.36524/ric.v6i2.502
- EMBRAPA, Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos** (Rio de Janeiro, RJ). In: Reunião técnica de levantamento de solos, 1979, Rio de Janeiro. Súmula, Rio de Janeiro, 83 p. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/480004> . Acesso em: 10 set. 2020.
- FERREIRA, P. M. F.; RIBEIRO, M. F.; FILHO, E. I. F.; SOUZA, C. F.; CASTRO, C. C. R. **As características térmicas das faces noruega e soalheira como fatores determinantes do clima para a cafeicultura de montanha**. Embrapa Café, 2012. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/86770/1/Caracteristicas-terrmicas-das-faces.pdf>>. Acesso em: 08 dez. 2019.
- FIGLIARELLI, C. A. U.; TORRES, H. Mapeamento da erosão potencial dos cultivos de café na sub-bacia do Córrego Paraíso, no município de Muniz Freire, Estado do Espírito Santo. X Simpósio de Pesquisas dos Cafés do Brasil, 2019. **Anais eletrônicos** [...] Disponível em: <http://www.consorcioquesquisacafe.com.br/ojs/index.php/SimpósioCafe2019/article/view/185/57>.
- GUIMARÃES, G. P., ANDRADE, K. C., MENDONÇA. Erosão hídrica e compartimentos de matéria orgânica do solo em sistemas cafeeiros conservacionistas e convencionais. **Coffee Science**, v. 10, n. 3, p. 365-374, 2015. Disponível em: <<http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/8138>>. Acesso em: 10 jun. 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **A geografia do café**, 156p. 2016. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=299002>. Acesso em: 12 jan, 2020.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal 2018**. Rio de Janeiro: IBGE, 2019. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html?=&t=downloads>. Acesso em: 10 fev, 2020.

INMET, Instituto Nacional de Meteorologia. **Fortes chuvas atingem os estados do Espírito Santo e Minas Gerais**. Brasília, janeiro, 2020. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/noticias/fortes-chuvas-atingem-os-estados-do-esp%C3%ADrito-santo-e-minas-gerais>>. Acesso em: 05xx xx xxxx.

JÚNIOR, H. M. **Modelagem da erosão hídrica em latossolos sob cultura de café**. 2017. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade Federal de Alfenas, Alfenas, 2017. Disponível em: <http://bdtd.ibict.br/vufind/Record/UNIFAL_a01606e83ba5bf835312d96b190e793a>. Acesso em: 20 jun. 2020.

JÚNIOR, H. M.; TAVARES, A. S.; JÚNIOR, W. R. S.; SILVA, M. L. N.; SANTOS, B. S.; MINCATO, R. L. Water erosion in oxisols under coffee cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.42, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/18069657rbcs20170093>

KUMAR, B.; VENKATESH, M.; TRIPATHI, A. A GIS-based approach in drainage morphometric analysis of Rihand River Basin, Central India. **Sustainable Water Resources Management**, v. 4, p.45-54, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s40899-017-0118-3>

MINAS GERAIS, Decreto nº 33, de 25 de janeiro de 2020. Declara situação de emergência nas áreas dos municípios afetadas por tempestade local/convectiva – Chuvas Intensas – Cobrade 1.3.2.1.4, conforme IN/MI nº 2, de 20 de dezembro de 2016, do Ministério da Integração Nacional. Diário do executivo. 2020.

MISHRA, RAI, Geo-hydrological interferences through morphometric aspects of the Himalayan glacial-fed river: a case study of the Madhymaheshwar River basin. *Arabian Journal of Geoscience*, v.13, n.533, 2020. DOI <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05571-9>

MOREIRA, M. A. **Fundamentos de Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**. 2ª ed. Viçosa, UFV, 2003. HUANG, X. D.; SHI, Z. H.; FANG, N. F. LI, X. Influences of Land Use Change on Baseflow in Mountainous Watersheds. **Forests**, v. 7, n. 16, 2016. DOI: <https://doi.org/10.3390/f7010016>.

NASCIMENTO, I. S.; CRUZ, C. B. M.; NEVES, S. M. A. S.; GALVANIN, E. A. S. Avaliação da exatidão dos classificadores MaxVer e Isso Cluster do software arcgis for desktop, com uso de imagens LandSat 8 do município de Cárceres/MT. **Revista Continentes**, v. 5, n. 8, p. 48-62 2016. Disponível em: <<http://www.revistacontinentes.com.br/continentes/index.php/continentes/article/view/95>>. Acesso em: 11 dez. 2020.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. Ed. Viçosa, 2016. 216p.

PREFEITURA MUNICIPAL DE LUISBURGO. **História da cidade.** Disponível

em:<<http://luisburgo.mg.gov.br>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

SAJIKUMAR, REMYA, R. S. Impact of land cover and land use change on runoff characteristics. **Journal of Environmental Management.** v. 161, p.460-468, 2015. DOI: 10.1016/j.jenvman.2014.12.041.

SANTINATO, F.; SILVA, R. R.; SILVA, V. A.; SILVA, C. D.; TAVARES, T. O. Mechanical harvesting of coffee in high slope. **Revista Caatinga**, v. 29, n.3, p. 685-691, 2016. DOI: 10.1590/1983-21252016v29n319rc.

SILVA, G. C.; FERREIRA, V. O. Uso e Ocupação do Solo e Cenário Tendencial de Vazões na Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba – Brasil. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.12, n.1, p.139-159, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/234361/32180> Acesso em: 30 jun. 2020.

SILVEIRA, A. S.; PINHEIRO, A. C. T.; FERREIRA, W. P. M.; SILVA, L. J.; RUFINO, J. L. S.; SAKIYAMA, N. S. Sensory analysis of specialty coffee from diferente environmental conditions in the region of Matas de Minas, Minas Gerais, Brazil. **Revista Ceres**, v. 63, n. 4, p. 436-443, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X201663040002>

STRAHLER, A. N. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In: CHOW, Ven Te. **Handbook of applied Hidrology.** New York: McGraw-Hill, 1964. p. 4.39-4.76.

UFV - Universidade Federal DE Viçosa; Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais; Universidade Federal de Lavras;

Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais.** Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. Disponível em: <<http://www.feam.br/banco-de-noticias/949-mapas-de-solo-do-estado-de-minas-gerais>>. Acesso em: 12 jul. 2019.

VALLE, J. R. B.; COSTA, J. A.; SANTOS, J. F.; SILVA, E. L. S. Análise comparativa de métodos de classificação supervisionada aplicada ao mapeamento da cobertura do solo no município de medicilândia, Pará. **Interespaços**, v. 4, n. 13, p. 26-44, 2018. DOI: : <http://dx.doi.org/10.18764/2446-6549.v4n13p26-44>