

Avaliação de estradas não pavimentadas como ferramenta de gestão de vias do município de Viçosa, MG

Rodolfo Alves Barbosa^{1*}, Andreza Cristina Santiago Ferreira², Ariadna Santiago Ferreira³, Herly Carlos Teixeira Dias⁴

DOI: <https://doi.org/10.35699/2447-6218.2020.25256>

Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar as condições de rolamento das estradas não pavimentadas e determinar o Índice de Condição das Rodovias Não Pavimentadas (ICRNP) do município de Viçosa. O trabalho foi realizado no município de Viçosa-MG, onde foram realizadas expedições a campo para realizar a coleta de informações das rodovias VCS 020, VCS 080 E VCS 082, para isso foi realizado o cálculo do ICRNP, índice que determina as estradas referentes ao estado de conservação levando em consideração alguns tipos de defeitos. Para a delimitação da área de drenagem da bacia do Rio Turvo Sujo que exerce influência sobre as estradas rurais do município foi realizado a extração de um modelo digital de elevação do sensor Alos/Palsar, com 12,5 m de resolução espacial e delimitado a elevação, declividade e hidrografia da bacia processados no programa ArcGIS 10.5. Foram também utilizados dados de precipitação da estação pluviométrica localizada na cidade de Viçosa para avaliar efeito sobre a condição das estradas. Os pontos avaliados tiveram baixo valor no ICRNP, sendo o menor para o ponto VCS 020/1 com valor 16. A bacia do Rio Turvo Sujo possui grande influência no condicionamento da via devido à elevada declividade e elevada amplitude altimétrica, que favorece a concentração da água em menor tempo, causando alagamentos como na rodovia VCS 080. As estradas apresentaram baixo condicionamento para tráfego, sendo necessário o monitoramento contínuo e correção dos defeitos que afetaram a piora das estradas visando para garantir acesso de serviços públicos e transporte para a população.

Palavras-chave: Desenvolvimento Rural. Estradas rurais. Gestão Pública.

Evaluation of non-paved roads as a management tool in the city of Viçosa, MG

Abstract

The objective of this work was to evaluate the rolling conditions of unpaved roads and to determine the Condition Index of Unpaved Roads (ICRNP) in the municipality of Viçosa. The work was carried out in the municipality of Viçosa-MG, where field expeditions were carried out to collect information from the VCS 020, VCS 080, and VCS 082 highways, for this purpose the ICRNP was calculated, an index that determines the roads referring to the state of conservation taking into account some types of defects. To delimit the drainage area of the Rio Turvo Sujo basin that influences the rural roads of the municipality, a digital elevation model of the Alos/Palsar sensor was extracted, with 12.5 m of spatial resolution and delimited the elevation, slope, and hydrography of the basin processed in the ArcGIS 10.5 program. Precipitation data from the rain station located in the city of Viçosa were also used to assess the effect on the condition of the roads. The evaluated points had a low value in the ICRNP, being the lowest for the point VCS 020/1 with a value 16. The basin of the Turvo Sujo River has a great influence on the conditioning of the

¹Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0001-6015-6558>

²Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0002-8604-3997>

³Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0001-5146-3927>

⁴Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, MG. Brasil.
<https://orcid.org/0000-0002-6893-0920>

*Autor para correspondência: rodolfo.ufv@gmail.com

road due to the high slope and high altimetric amplitude, which favors the concentration of the water in less time, causing flooding as on the VCS 080 highway. The roads had low traffic conditioning, requiring continuous monitoring and correction of defects that affected the worsening of the roads to guarantee access to public services and transport for the population.

Key-words: Public Mangement. Rural Development. Rural Roads.

Introdução

As estradas rurais não pavimentadas possuem grande importância social, econômica e ambiental nos países em desenvolvimento, pois representam o maior acesso da população rural à educação e saúde serviços, além de fornecer rotas para o transporte de produtos agrícolas. No Brasil, 78,5 % da malha rodoviária são de estradas não pavimentadas, com 1,34 milhões de km de rodovias (CNT, 2019). Dessa forma, é de grande importância a manutenção e conservação das estradas, apesar que existe uma precarização na abertura e manutenção das estradas, por gestão ineficiente e falta de conhecimento técnico causando prejuízos econômicos consideráveis, degradação ambiental e danos sociais (Sewell et al., 2019).

A perda de solo existente devido a processos erosivos implica na degradação da estrada, causando transporte de sedimentos para a rede de drenagem, acarretando impactos ambientais em cursos hídricos como o assoreamento de cursos d'água e em reservatórios (Farias, 2016; Nkomo et al., 2019).

Fu et al. (2010) afirma que estradas não pavimentadas são geralmente formadas com material originário no local e pode apresentar elevada proporção de partículas finas facilmente erodíveis, causando baixa taxa de infiltração quando comparada com outras bacias hidrográficas (Ziegler e Giambelluca, 1997; Ziegler et al., 2007; Sajjan et al., 2013), ter alto coeficiente de escoamento superficial da água de chuva (Rijsdijk, Bruijnzeel e Sutoto, 2007) e apresentar elevadas cargas de sedimentos (Motha et al., 2004; Ramos-Scharrón, 2012; Thomaz, Vestena e Ramos-Scharrón, 2014; Farias, 2016).

As estradas rurais devem apresentarm uma pista de rolamento em que a água de chuva precipitada sobre a sua superfície seja rapidamente conduzida para os escoadouros naturais, artificiais, bacias de captação de água pluvial localizadas (Pruski et al., 2012) .

Este trabalho teve como objetivo realizar a avaliação da integridade e condições de transito de estradas não pavimentadas e a determinação do Índice de Condição das Rodovias Não Pavimentada -ICRNP, como ferramentas para a criação de um banco de dados para a gestão das atividades de manutenção da malha de estradas não pavimentadas do município de Viçosa-MG, colocando ao alcance de gestores públicos, ferramentas através de arquivos digitais em SIG, com informações para auxiliar

a tomada de decisão, para priorização das estradas rurais a serem recuperadas.

Material e Métodos

O município de Viçosa, com uma área de 300,2 km², está localizado ao norte da Zona da Mata do estado de Minas Gerais, a 229 km de Belo Horizonte, a uma altitude média de 650 metros. Limita-se ao norte com os municípios de Teixeiras e Guaraciaba, ao sul com Paula Cândido e Coimbra, a leste com Cajuri e São Miguel do Anta e a oeste com o município de Porto Firme (Figura 1).

A área de realização do trabalho está situada na bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo que apresenta a área de drenagem de 380,13 km².

As rodovias não pavimentadas analisadas foram VCS 020, VCS 080 e VCS 082 do município de Viçosa-MG. Essas rodovias foram escolhidas, pois são as vias muito importantes para o acesso da comunidade rural, facilitando o transporte de pessoas e que mais apresentaram os tipos de defeitos.

As condições das rodovias inspecionadas foram apresentadas através do Índice de Condição de Rodovia Não Pavimentada - ICRNP, que avalia a integridade das rodovias não pavimentadas e as condições de operação, a fim de retratar a condição superficial do pavimento sob avaliação. O índice avalia a condição superficial do pavimento das rodovias, colocando em uma escala de prioridades para manutenção. Essas condições estão relacionadas aos tipos de defeitos como buracos, trilha de rodas, perda de agregados, corrugações, drenagem inadequada, seção transversal impropria e excesso de poeira nos trechos das vias em consideração.

Cálculo do índice de Condição de Rodovia Não Pavimentada- ICRNP

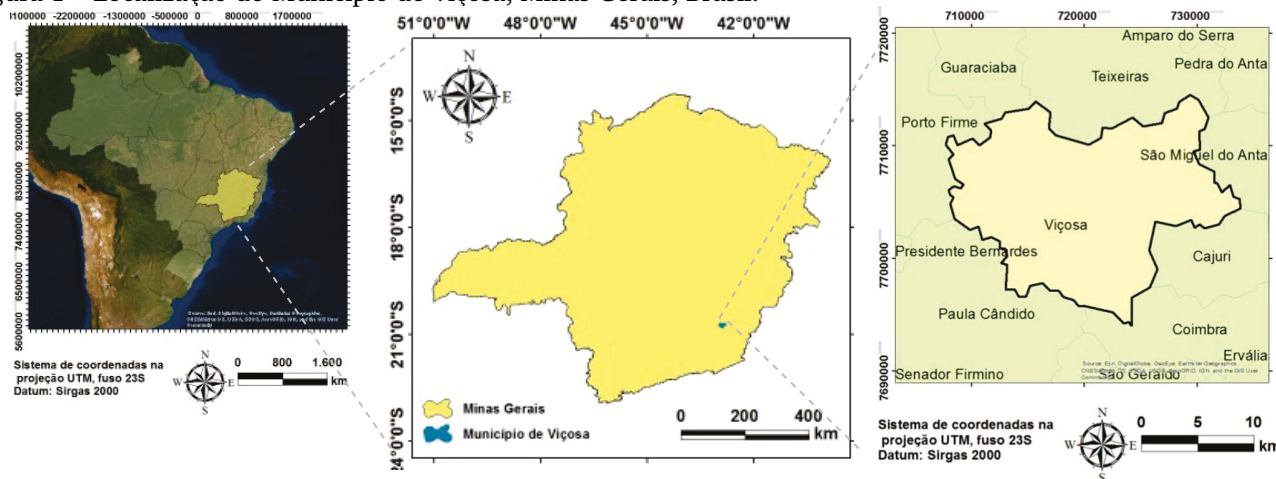
- O cálculo do índice de Condição de Rodovia Não Pavimentada é composto das seguintes etapas: Divisão dos trechos das estradas em estudo, em ramos, seções e em unidades simples. Cada seção foi dividida em unidades simples para fins de execução das inspeções das condições da rodovia, dos trechos estudados. Sendo uma unidade simples definida como um trecho de rodovia

com aproximadamente 250 m² (cerca de 50m de extensão).

- Caracterização e classificação dos tipos de defeitos nas vias: seção transversal imprópria, drena-

gem inadequada, buracos, poeira, corrugações, perdas de agregados e trilhas de rodas. Esses defeitos foram classificados em três níveis de severidade (baixo, médio ou alto) conforme especificações pré-estabelecidas.

Figura 1 – Localização do Município de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.



Com a extensão do defeito definida, calcula-se a densidade (Equação 1) para cada defeito, exceto para o defeito de excesso de poeira, como segue: extensão/área da unidade simples.

$$Densidade = \frac{\text{quantidade de defeitos} \times k \times 100}{\text{área da unidade simples}}$$

Onde K é um coeficiente para correção de unidades métricas, cujo valor para cada tipo de defeito encontra-se apresentado na tabela a seguir.

Tabela 1 – Tipos de defeitos- ICRNP

Tipo de defeito	k
8.1 - Seção Transversal Imprópria	3,281
8.2 - Drenagem Inadequada	3,281
8.3 - Corrugações	1,000
8.5 - Buracos	10,764
8.6 - Trilha de roda	1,000
8.7 - Perda de Agregados	3,281

Fonte: Baesso Gonçalves 2003

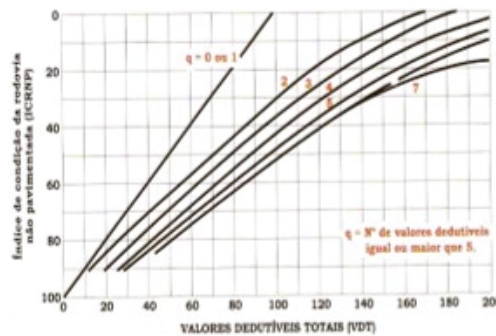
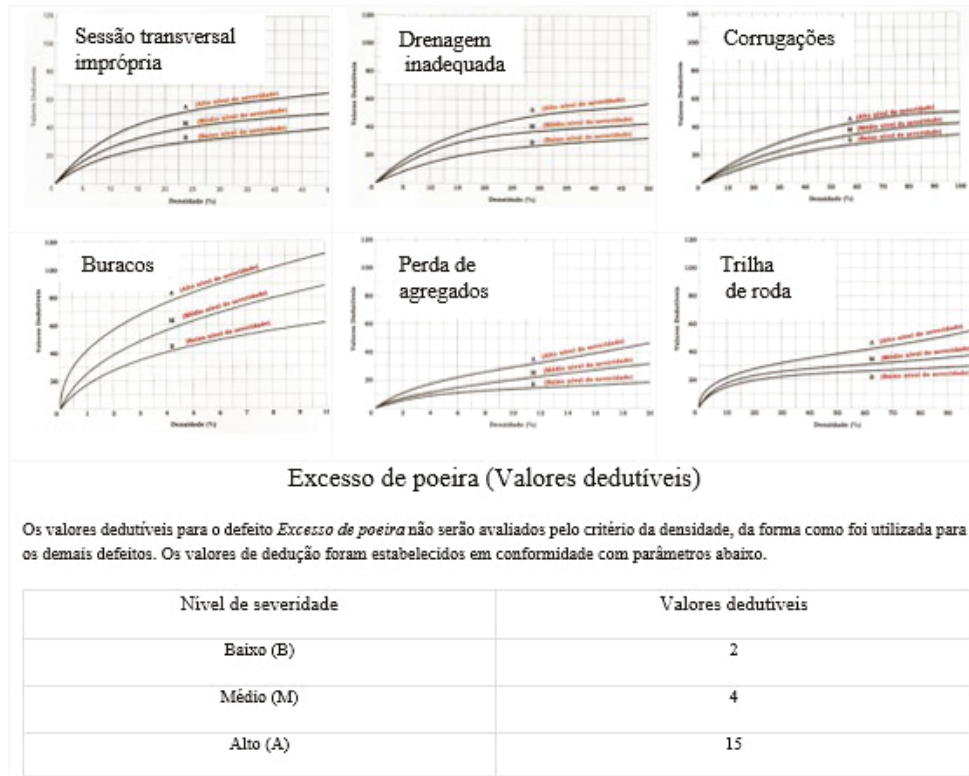
Utilizando-se das curvas de dedução de valores, determinou-se os valores dedutíveis para cada tipo de defeito e nível de severidade (Figura 2).

As medidas dos defeitos são baseadas em valores dedutíveis. O valor dedutível é um número de 0 (zero) a 100 (cem), em que o valor zero significa que o defeito não tem impacto na condição de serventia da estrada e o valor cem significa que a condição de serventia está completamente comprometida com o defeito. Com o valor dedução total e o valor “q”, encontrou-se o índice de condição de rodovia não pavimentada (ICRNP).

Foi feita a divisão dos trechos das estradas em estudo, em ramos, seções e em unidades simples. Cada seção foi dividida em unidades simples para fins de execução das inspeções das condições da rodovia.

Fornecendo assim a medida da integridade e das condições de operação da rodovia de acordo com as seguintes classes propostas por Baesso e Gonçalves (2003): Excelente (100 < ICRNP > 85); (b) Muito Boa (85 = ICRNP > 70); (c) Boa (70 = ICRNP > 55); (d) regular (55 = ICRNP > 40); (e) pobre (40 = ICRNP > 25); (f) Muito Pobre (25 = ICRNP > 10); e (g) péssima (10 = ICRNP > 0).

Figura 2 – Valores Dedutíveis Totais.



Fonte: Baesso e Gonçalves 2003.

Essa avaliação foi feita percorrendo as unidades amostrais de três trechos VCS 080 (estrada vicinal Córrego São Joao), quatros trechos da VCS 082 (estrada vicinal Paraíso) e três trechos VCS 020 (estrada vicinal Buieie) das rodovias pavimentadas inspecionadas e anotando-se em planilha elaborada para esse propósito, os valores das áreas das unidades amostrais abrangidas e o número de defeitos com os seus respectivos atributos de severidade, conforme apresentado na tabela 2.

Os atributos de severidade são os seguintes: B: Baixo, M: Médio, A: Alto. Código de defeitos do método de Baesso e Gonçalves et al (2003).

Para a elaboração do mapa dos trechos das estradas percorrida, foram coletados pontos nos trajetos dos mesmos através de um receptor de sinal GPS, GPS Essentials®. A opção por esse receptor para coleta de dados deu-se pelo fácil acesso do mesmo adquirido por mim para uso da pesquisa. Foi realizado o levantamento

dos pontos durante os meses de setembro, outubro e novembro de 2019.

As estradas avaliadas estão localizadas dentro da bacia hidrográfica do Rio Turvo Sujo. Para avaliar o efeito do relevo na qualidade das estradas foi delimitada a hidrografia e área de drenagem com processamento dos dados realizados no programa ArcGIS 10.2.5.

O modelo digital de elevação do sensor Alos Palsar (12,5 m) de resolução espacial <https://asf.alaska.edu/>. Foi realizada a correção de anomalias, direcionamento do fluxo e fluxo acumulado, depois foi possível extrair a hidrologia dos principais cursos d’água do trabalho e a delimitação da bacia de contribuição abrangendo toda a área das estradas avaliadas.

A declividade do relevo da bacia do Ribeirão Turvo Sujo foi obtida por meio da ferramenta *slope* do programa ArcGIS e classificadas conforme as classes de declividades da Embrapa (1979).

Tabela 2 – Ficha de inspeção de rodovia não pavimentada.

Ficha de inspeção de estradas não pavimentadas								
1. Estrada: Viçosa-Buieie VCS 020			2. Trecho: VCS 020			3. Data: 09/10/19		
4. Trechos Selecionados: Seção 1			5. Área do trecho: 50 m			6. Avaliadora: Andreza		
7. Desenho			8. Tipos de defeitos			8.4. Poeira		
			8.1. Seção Transversal Inadequada			8.5. Buracos		
			8.2. Drenagem lateral inadequada			8.6. Trilha de Rodas		
			8,3. Corrugações / Ondulações			8.7. Segregação de agregados		
Quantidade e severidade dos defeitos								
Tipos		8.1	8.2	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7
Quantidade e severidade		Baixo		13				
		Médio			X	47	36	23,6
		Alto	50	50				
9. Cálculo do ICRNP								
Tipo de defeito		Densidade		Severidade		Valor dedutível	Anotações	
8.1		23,73		M		27		
8.2		23,74		A		27		
8.3		26		B		19		
8.4				M		4		
8.5		8,62		B		52		
8.6		28,31		M		23		
8.7		16,4		M		28		
Valor de dedução (TDV): 176		q = 6		ICRNP: 27				

As informações obtidas sobre a condição de rodovia não pavimentada foram inseridas no SIG Arc Map para identificação e visualização em mapa temático do sistema viário dos trechos prioritários para fins de intervenção e manutenção.

Resultados e Discussão

O ICRNP foi obtido nos trechos das estradas localizadas no Buieie VCS 020, Córrego São João VCS 080 e Paraíso VCS 082 onde foram coletados dados sobre a quantidade e severidade de sete defeitos em unidades amostrais de 50m.

Na figura 3 são apresentados o mapa dos trechos avaliados das estradas percorridas (VCS 020, VCS 080, VCS 082) e o ICRNP obtidos pelo método apresentado neste estudo, conjuntamente com as respectivas identificações e classificações dos trechos inspecionados. O local que apresentou pior ICRNP foi o VCS 020/1 com

valor 16, classificada de acordo com o Baesso e Gonçalves como muito pobre.

Os serviços básicos de manutenção das estradas não pavimentadas compreendem na melhoria da superfície de rolamento, melhoria e reforço do subleito, construção de camada de revestimento primário, adequação do sistema de drenagem, tais como as caixas de captação, afim de reduzir a velocidade da água da chuva e remover pontos críticos da via que impedem o fluxo contínuo e seguro do tráfego.

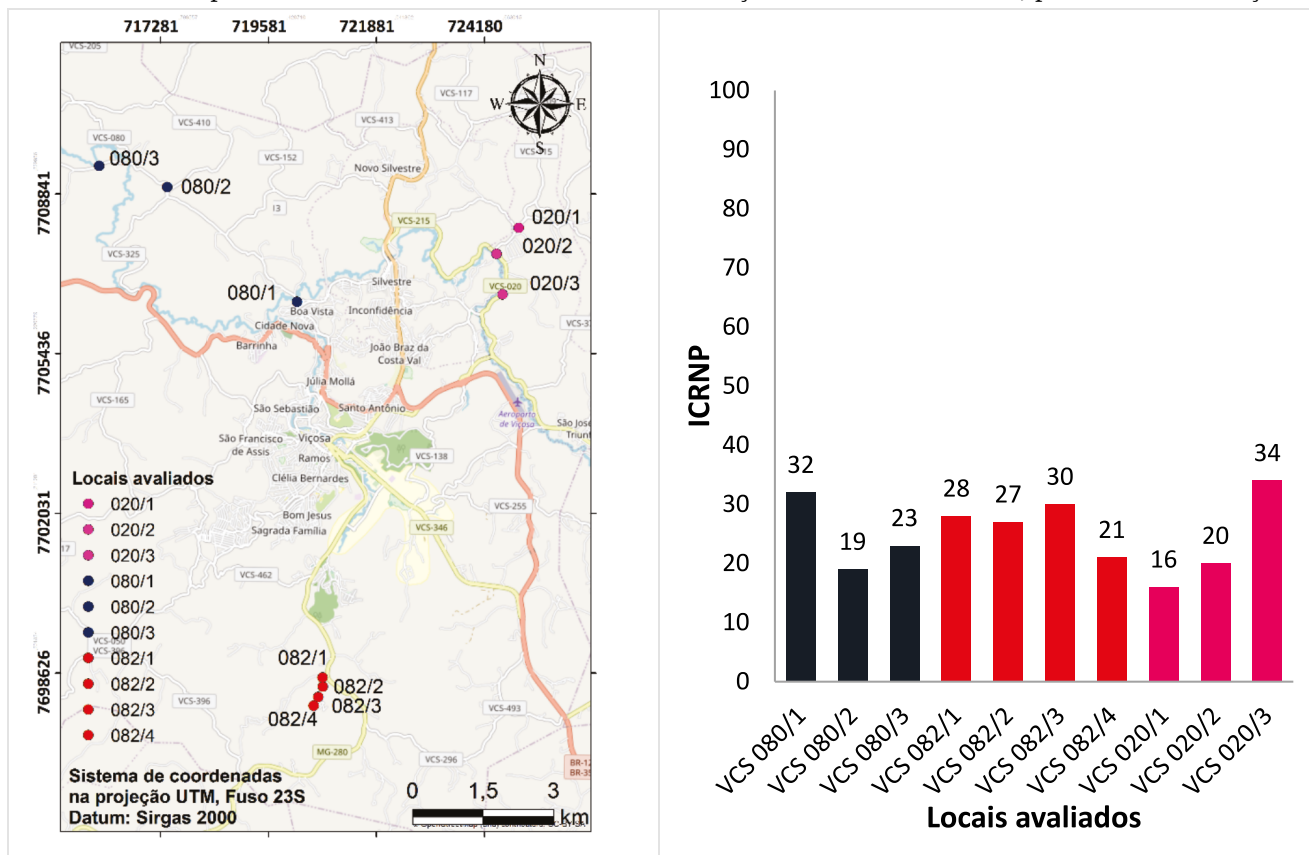
O conhecimento da declividade e da hidrografia da área onde está localizada a estrada em estudo, proporciona um apoio no esclarecimento dos resultados obtidos apresentado na análise das condições da rodovia e no valor do ICRNP encontrado.

As estradas avaliadas estão presentes em uma bacia com elevada declividade, apresentando 52% do ter-

reno fortemente ondulado e 9% em terreno montanhoso (Figura 3). Esta condição contribui para o escoamento da

água da chuva, fazendo com que exista uma concentração em determinados pontos críticos na estrada.

Figura 3 – (a) Mapa dos pontos dos trechos das estradas percorridas para a avaliação; (b) resultado dos cálculos ICRNP obtidos pelo método avaliado em dez locais de avaliação de condicionamento, por local de avaliação.



Estradas como as apresentadas no trabalho além de serem prejudicadas pela sua localização no perfil topográfico sofrem a influência da drenagem dos açudes e retentores de água. Para isso poderiam ser construídas alternativas conservacionista como barraginhas para as quais a água da estrada são desviadas, abaulamento das estradas para que a água percorra um caminho preferencial, evitando o acúmulo da água na estrada.

As estradas vicinais foram construídas de forma a acompanhar os cursos dos rios considerando que é mais viável a sua construção, pois sendo implantadas em tais condições utiliza a melhor localização e facilidades do terreno.

A declividade de uma bacia hidrográfica determina os percentuais de escoamento superficial e sub-superficial, sendo relevante também para o planejamento da gestão. A velocidade de escoamento é determinada pela cobertura vegetal, pelo tipo de solo e pela intensidade das chuvas, entre outros fatores. Áreas sem cobertura vegetal e com declividade maior apresentam maior velocidade de escoamento, o que resulta em menor quantidade de água disponível (Tonello et al., 2006).

De acordo com a classificação de Strahler, o sistema de drenagem da sub-bacia hidrográfica do rio Turvo

Sujo apresenta ordem cinco de ramificação. Quanto mais ramificada a rede, mais eficiente o sistema de drenagem (Barbosa, 2019; Oliveira et al., 2015). A sub-bacia hidrográfica do rio Turvo Sujo possui ramificação em forma dendrídica, apresentando 459 nascentes (Figura 5b). As características da bacia acabam determinando nas curvas e elevações das estradas avaliadas, além de seu condicionamento.

Pelos mapas apresentados é possível visualizar que a bacia contribui para a chegada da água nas estradas, pois as estradas estão localizadas próximas ao leito do rio principal e próximo da foz da bacia. Isso reforça a importância da manutenção das estradas.

Para ter um controle maior sobre a manutenção das estradas e também uma logística apropriada do trajeto que deve ser realizado para épocas em que elas ficam precárias.

A maior parte dos danos ocorridos nas estradas avaliadas são devido à inexistência ou insuficiência de mecanismos adequados de drenagem, como lombadas, caixas de contenção que desempenham importante função de redução da velocidade e volume de água escoado pela estrada, conforme registrado na figura 6.

Figura 4 – Classes de declividade presentes na bacia onde as estradas estão presentes em Viçosa, MG.

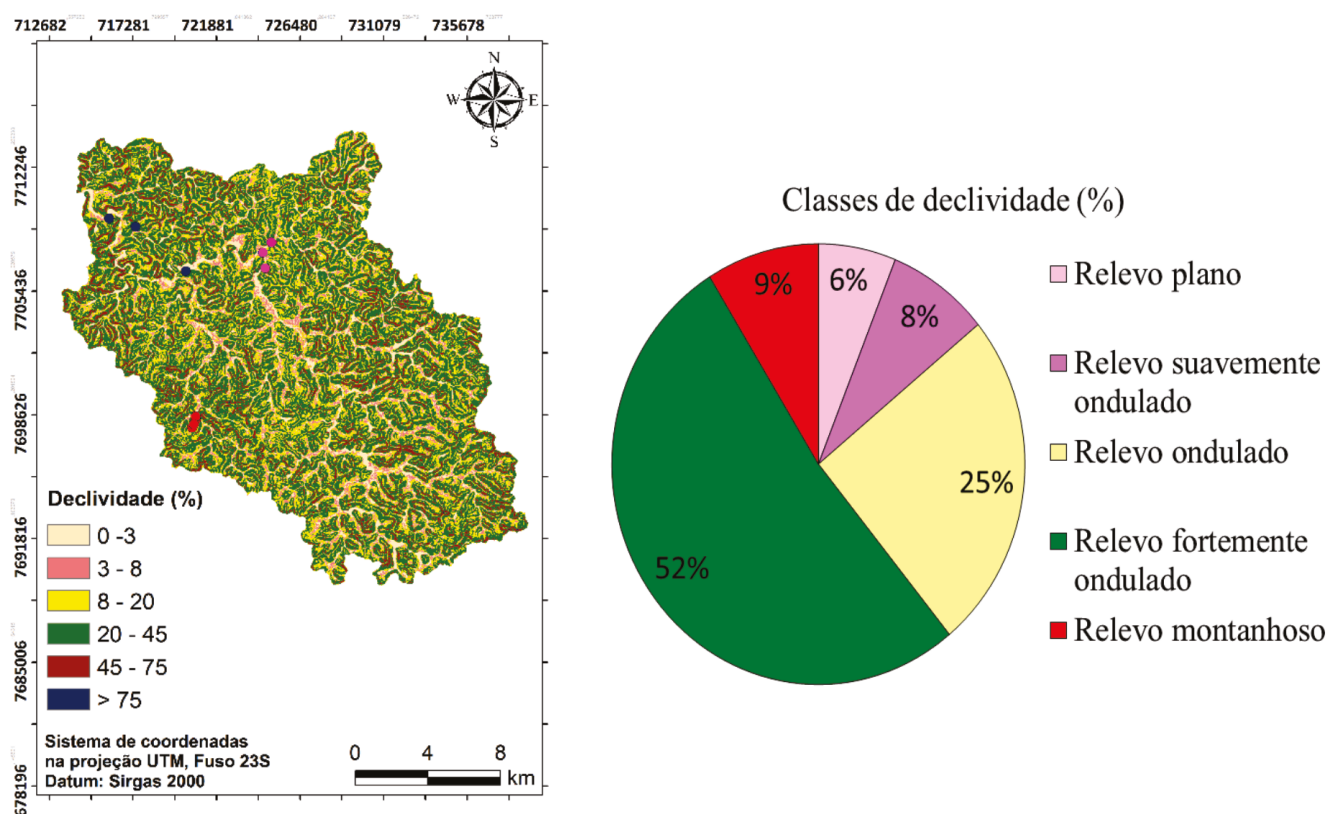


Figura 5 – Mapa de Elevação (a) e da hidrografia da bacia Hidrográfica do Rio Turvo Sujo, onde está localizada as estradas avaliadas do município de Viçosa, MG.

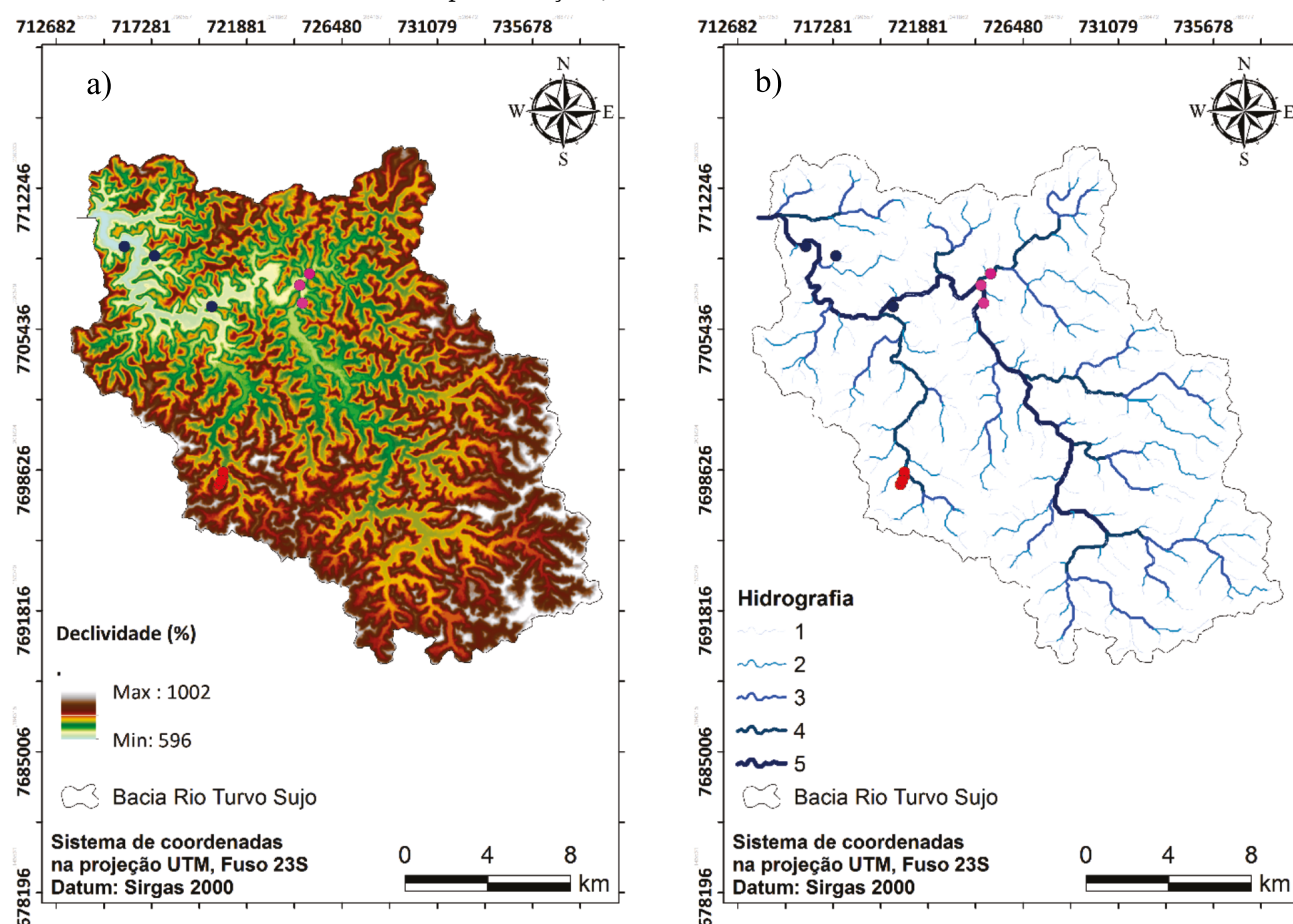


Figura 6 – Locais avaliados das estradas não pavimentadas do município de Viçosa, MG.



Na área de estudo isso foi evidenciado principalmente nos períodos de chuvas mais severas em que as vias ficam intransitáveis. No dia 26 de outubro houve um evento pluviométrico de 113 mm que influenciou positivamente no aumento da vazão causando inundações nas vias VCS 080 conforme registrado na figura 7.

As estradas não pavimentadas possuem alta incidência de escoamento superficial devido à baixa capacidade de infiltração de água contribuindo para o carreamento de sedimentos da bacia em caso de tempestades, podendo acarretar em degradação de importantes áreas ambientais a jusante das microbacias que estão localizadas (Ramos-Scharrón; LaFevor, 2016).

Baesso e Gonçalves, (2003 apontam que as consequências do fluxo de água sobre pista de rolamento ao longo do tempo afetam as condições de suporte dos materiais que constituem seu subleito, fazendo com que a situação evolua para os defeitos mais severos, como atoleiros ou até trilhas de roda.

O controle do serviço executado poderá ser realizado pela secretaria de obra com a inspeção periódica desses locais, executando as práticas conservacionistas citadas nessa pesquisa e com a obtenção dos seus respectivos ICRNP juntamente com práticas conservacionistas citadas no trabalho. Pois este índice permite o gerenciamento da manutenção periodicamente dos pontos

críticos na malha viária das estradas não pavimentada do município de Viçosa.

Conclusões

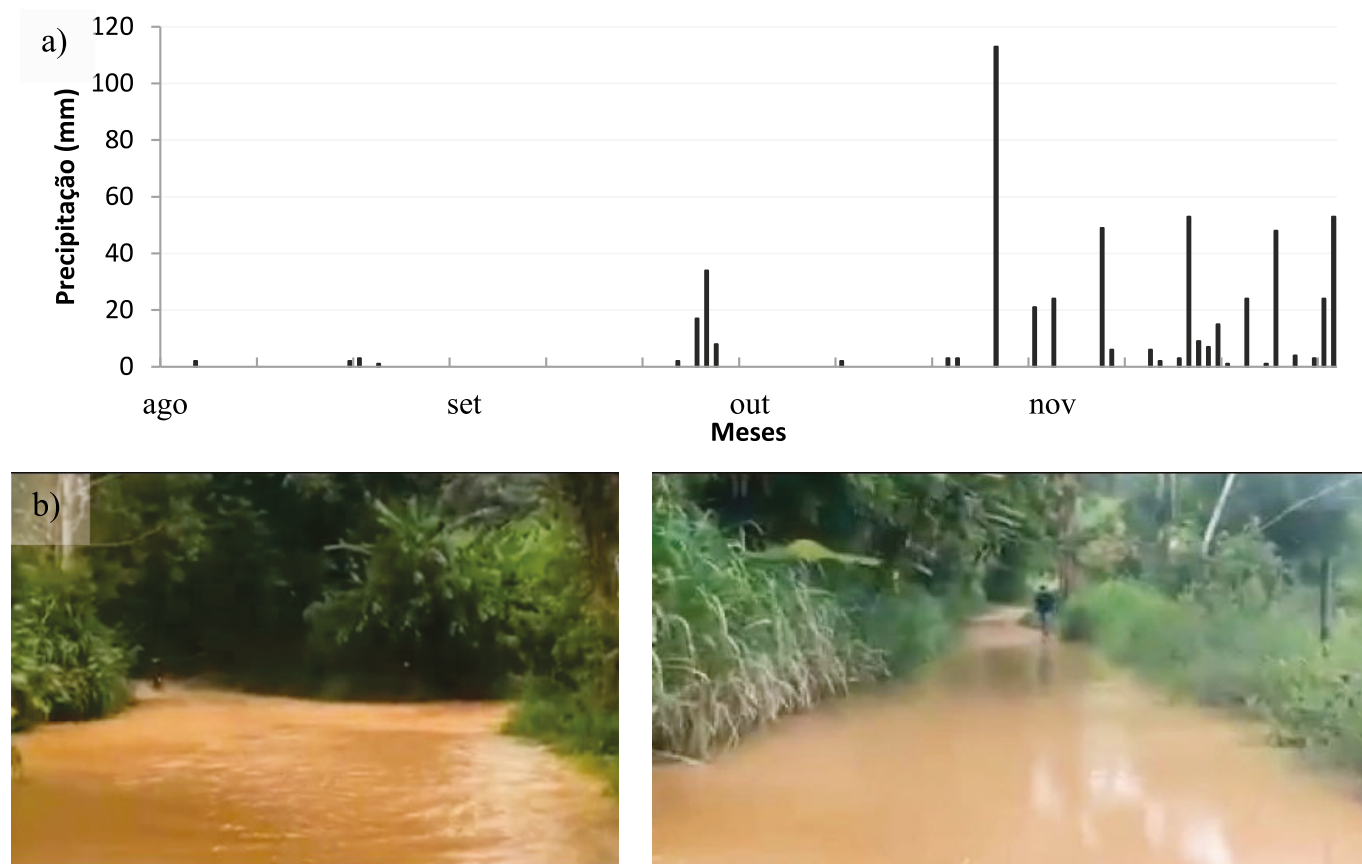
Os locais avaliados possuem alguns dispositivos de drenagem. Porém, muitos desses estão sem manutenção ou estão inadequados, ou seja, foram construídos de forma irregular e por isso não tem a eficiência desejada, não contribuindo para a redução do escoamento superficial.

Nesse contexto a implantação de um sistema de gestão de estradas, composta pela definição da agenda, identificação de alternativas, avaliação das opções, seleção das ações, implementação da avaliação das condições de serventia das estradas não pavimentadas do município, melhoraria a dinâmica do serviço público, nos seus aspectos relacionados à melhoria das estradas rurais. Com vista a viabilizar o transporte escolar, a produção de alimentos, as feiras da agricultura familiar, e adequação ambiental das estradas. Assim, a base de dados poderá servir para a definição de rotas de transporte, quilometragem das rotas e priorização das vias para manutenção.

Agradecimentos

Prefeitura municipal de Viçosa pelo apoio no levantamento de dados e a UFV pela colaboração dos discentes e docentes.

Figura 7 – Precipitação ocorrente no município de Viçosa entre 1 de agosto e 30 de novembro de 2019 (a); e condicionamento de alagamento da rodovia VCS 080 após uma precipitação de grande intensidade no dia 26 de outubro de 2019 (b).



Referências

- Aguiar, P. F.; Silvino, G. S.; Pereira, M. C. S.; Aragão, R. de. Uso de geotecnologias na caracterização morfométrica da bacia hidrográfica do Rio do Canto, Areia - PB. In: Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, 12., 2014. Natal. Anais eletrônicos... Natal, Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2014.
- Baesso, D. P. & Gonçalves, F. L. R. Estradas Rurais - Técnicas Adequadas de Manutenção. Departamento de Infra-Estruturas do Estado de Santa Catarina - DEINFRA/SC. Florianópolis - SC. 204 p. 2003.
- Braga, F. L. N.; Guimarães, G. R. 2014. Avaliação de rodovias não pavimentadas: uma ferramenta para o gerenciamento de malhas viárias. Revista Pensar Engenharia, 2: 1–21.
- CNT, Confederação Nacional do Transporte. Pesquisa CNT de rodovias 2019. 236p. 2019.
- 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.
- Farias, T. R. L. 2016. Estradas rurais não pavimentadas como fonte de sedimentos em bacia hidrográfica do semiárido. 2016. 97 f. : Tese (doutorado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Engenharia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. <http://www.repositorio.ufc.br/handle/riufc/18957Fortaleza-CE>, 2016.
- Fu, B.; Newham, L.T.H.; Ramos-Scharrón, C.E. 2010. A review of surface erosion and sediment delivery models for unsealed roads. Environmental Modelling and Software, 25: 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2009.07.013>.
- Motha, J.A.; Wallbrink, P.J.; Hairsine, P.B.; Grayson, R.B. 2004. Unsealed roads as suspended sediment sources in an agricultural catchment in south-eastern Australia. Journal of Hydrology, 286: 1–18. DOI: [10.1016/j.jhydrol.2003.07.006](https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2003.07.006).
- Nkomo, L. S.; Desai, S. A.; Seutloali, K. E.; Peerbhay, K. Y.; Dube, T. 2019. Assessing the surface material quality of unpaved rural roads to understand susceptibility to surface deterioration. A case study of four rural areas in KwaZulu-Natal, South Africa. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 112: 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2019.04.005>.
- Oliveira, P. J. D. de; Chaves, L. H.; Siqueira, H. E.; Araújo Junior, R. A.; Rodrigues, V. A. 2015. Uso do SIG na caracterização dos parâmetros morfométricos na bacia hidrográfica do Ribeirão Araquá, Botucatu (SP). Simpósio Internacional de Águas, Solos e Geotecnologias, 1. Uberaba. Anais eletrônicos... Uberaba, Universidade Federal do Triângulo Mineiro.
- Prusky, F. E.; Miranda, A. C. R.; Nunes, A. A. 2012. Manejo do solo e da água nas propriedades rurais. In: Adequação Socioeconômica e ambiental de propriedades rurais. Informe Agropecuário, 33: 32–43.
- Ramos-Scharrón, C.E. 2012. Effectiveness of an erosion control method in reducing sediment production rates from an unpaved road. Journal of Soil and Water Conservation, 67: 87–100. <https://doi.org/10.2489/jswc.67.2.87>.

- Ramos-Scharrón, C. E., Reale-Munroe, K., Atkinson, S. C. 2014. Quantification and modeling of foot trail surface erosion in a dry sub-tropical setting. *Earth Surface Processes and Landforms*, 39: 1764–1777. DOI: [10.1002/esp.3558](https://doi.org/10.1002/esp.3558).
- Ramos-Scharrón, C. E., LaFevor, M. C. 2016. The role of unpaved roads as active source areas of precipitation excess in small watersheds drained by ephemeral streams in the Northeastern Caribbean. *Journal of Hydrology*, 533: 168–179. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.11.051>.
- Rijsdijk, A.; Bruijnzeel, L.A. S.; Sutoto, C. K. 2007. Runoff and sediment yield from rural roads, trails and settlements in the upper Konto catchment, East Java, Indonesia. *Geomorphology*, 87: 28–37. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2006.06.040>.
- Sajjan, A. K.; Gyasi-Agyei, Y.; Sharma, R. H. 2013. Rainfall–runoff modelling of railway embankment steep slopes. *Hydrological Sciences Journal*, 58: 1162–1176. Doi: [10.1080/02626667.2013.802323](https://doi.org/10.1080/02626667.2013.802323).
- Sewell, S.J.; Desai, S.A.; Mutsaa, E.; Lotter, R. T. 2019. A comparative study of community perceptions regarding the role of roads as a poverty alleviation strategy in rural areas. *Journal of Rural Studies*, 71: 73–84. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2019.09.001>.
- Tonello, K. C.; Dias, H. C. T.; Souza, A. L. de; Ribeiro, C. A. A. S.; Leite, F. P. 2006. Morfometria da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas, Guanhões - MG. *Revista Árvore*, 30: 849–857. Doi: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622006000500019>.
- Thomaz, E.; Vestena, L.R.; Ramos-Scharrón, C.E. 2014. The effects of unpaved roads on suspended sediment concentration of third- to fifth-order streams – A case study from southern Brazil. *Water and Environment Journal*, 28: 547–555. Doi: [10.1111/wej.12070](https://doi.org/10.1111/wej.12070).
- Ziegler, A.D. & Giambelluca, T. W. 1997. Importance of rural roads as source areas for runoff in mountainous areas of northern Thailand. *Journal of Hydrology*, 196: 204–229. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(96\)03288-X](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(96)03288-X).
- Ziegler, A.D.; Negishi, J.N.; Sidle, R.C.; Gomi, T.; Noguchi, S.; Nik, A.R. 2007. Persistence of road runoff generation in a logged catchment in Peninsular Malaysia. *Earth Surface Processes and Landforms*, 32: 1947–1970. Doi: [10.1002/esp.1508](https://doi.org/10.1002/esp.1508).