

PRÁTICAS DE MANUTENÇÃO COM VIÉS AMBIENTAL APLICADAS A UMA ESTRADA DE TERRA DA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

Laura Carine Pereira Ribeiro¹; Mariana Silva Bernardo²; Taciano Oliveira da Silva³; Dario Cardoso de Lima⁴; Carlos Cardoso Machado⁵; Heraldo Nunes Pitanga⁶

Resumo – Este estudo aborda a aplicação de práticas de manutenção com viés ambiental a uma estrada de terra da Zona da Mata Norte, Minas Gerais, Brasil, com base nas recomendações preconizadas pelo *Pennsylvania Department of Transportation*. Na análise, selecionaram-se seis seções da via em estudo, que foram subdivididas individualmente em três unidades amostrais. Em cada unidade amostral, realizou-se a coleta de uma amostra de solo do subleito, para a realização de ensaios de laboratório de caracterização geotécnica e ensaios da Metodologia MCT. Com base nos resultados dos ensaios de laboratório, realizaram-se as classificações TRB e MCT das amostras de solos, e, a partir destes dados e de avaliações de campo, recomendou-se a implantação de estruturas de drenagem, conformação da seção transversal, elevação do greide e inclusão de quebras de declividade longitudinal em perfis longitudinais da via.

Abstract – This study addressed the application of maintenance practices with an environmental bias to a dirt road of the Zona da Mata Norte, Minas Gerais, Brazil, by the recommendations from the Pennsylvania Department of Transportation. In the analysis, six road sections were selected, which were individually subdivided into three sample units. In each sampling unit, a soil sample was collected for laboratory geotechnical characterization tests and MCT's Methodology laboratory tests. Based on the laboratory testing data, the subgrade soil samples were classified following the TRB and MCT classifications systems and, also including field data assessment; it was recommended the implementation in the road of drainage structures, cross-section reconstruction, grade elevation, and longitudinal slope breaks.

Palavras-Chave – Rodovia vicinal de terra; classificações de solos TRB e MCT; interface rodovia-meio ambiente.

¹ Eng., M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, (31) 3899-3094, laura.ribeiro@ufv.com

² Graduanda em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, (31) 3899-2740, mariana.bernardo@ufv.com

³ Eng., D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, (31) 3899-1500, taciano.silva@ufv.br

⁴ Eng., Ph.D., Universidade Federal de Viçosa, (31) 3889-3094, declima@ufv.br

⁵ Eng., D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, (31) 3899-1193, machado@ufv.br

⁶ Eng., Ph.D., Universidade Federal de Viçosa, (31) 3889-1489, heraldopitanga@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

Em 2017, a Confederação Nacional do Transporte – CNT (2017) avaliou a extensão da rede viária brasileira em 1.578.312 km, com 212.886 km em vias pavimentadas (13,49%), 1.365.426 km em estradas de terra (86,51%), havendo ainda a previsão de um total de 157.309 km em vias planejadas. Segundo esta pesquisa, o modal rodoviário respondia por mais de 61% da matriz de transportes de cargas e de 95% da de passageiros, constituindo-se no elemento principal de integração dos sistemas modais de transportes no Brasil. Além da extensão das estradas de terra citadas, há que se referir à malha de estradas florestais, majoritariamente em vias não pavimentadas, segundo Machado et al. (2005) com um total superior a 600.000 km, valor que foi atualizado por Oliveira et al. (2007) para 618.000 km.

Silva (2009) relata que, em geral, os órgãos públicos e empresas responsáveis pelo gerenciamento de estradas de terra no Brasil não dispõem de conhecimentos técnicos e recursos financeiros adequados para a manutenção e reabilitação destas vias, o que resulta em superfícies de rolamento com condições inadequadas de tráfego. Consequentemente, refere esse autor, há dificuldade para a circulação de pessoas e bens de capital, assim como ocorrência de danos ambientais consideráveis, como o assoreamento de fontes de água e a deposição de sedimentos transportados pelas chuvas em áreas agricultáveis.

No Brasil, na literatura técnica sobre estradas de terra pouco se abordou sobre a interface rodovia e meio ambiente. Uma publicação que trata desse viés, desenvolvida pelo *Pennsylvania Department of Transportation* – PDT (2007), EUA, serviu como base para o desenvolvimento do presente artigo. Nesta publicação, dá-se ênfase à ação de fenômenos erosivos em estradas de terra, com a consequente liberação de sedimentos, que é um dos principais poluidores dos cursos naturais de água. Nesse sentido, ao se abordar os temas fenômenos erosivos e formação de sedimentos nessas vias, enfatiza-se a importância da prevenção de ocorrência dos primeiros, pois, na sua ausência, esvai-se a preocupação com os sedimentos e, consequentemente, com esta modalidade de poluição ambiental.

No contexto de ações mitigadoras do volume de sedimentos oriundos de estradas de terra, segundo o PDT (2007) técnicas preventivas podem apresentar caráter temporário ou permanente, como segue: (i) práticas temporárias são empregadas antes ou durante a construção da via, ou ainda durante o trabalho de sua manutenção preventiva. São caracterizadas por situações emergenciais, sendo que algumas práticas funcionam tanto como temporárias como permanentes, enquanto outras se tornam permanentes depois do trabalho de manutenção; e (ii) práticas permanentes ou de longa duração, que são normalmente associadas a áreas de pouca a baixa manutenção da via.

Essas práticas podem ser simples ou complexas e com custos diversos, com destaque para: (i) práticas temporárias que englobam, por exemplo, barreiras de fardos de palha (*straw bale barriers*) e barreiras para o controle de silte (*silt fence barrier*), que são estruturas construídas com o uso de manta de geossintético com as funções de filtração e controle temporário de sedimentos; e (ii) práticas de caráter permanente, que contemplam, por exemplo, os cuidados com os perfis transversal e longitudinal da via (conformação da seção transversal, elevação do greide, quebras de declividade) e com as estruturas de drenagem (valetas de coroamento, sarjetas, bueiros de greide e galerias para a transposição de cursos de água, dentre outras soluções).

Considerando-se os aspectos abordados, o presente artigo direcionou-se à caracterização geotécnica de solos do subleito e à aplicação de práticas com viés ambiental para a manutenção de uma estrada de terra da rede viária da cidade de Viçosa, Minas Gerais, Brasil, com base em recomendações preconizadas pelo PDT (2007).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Na Zona da Mata Norte de Minas Gerais, Brasil, situa-se o município de Viçosa, com subleitos de estradas de terra compostos por solos residuais jovens, saprolíticos, e solos residuais maduros, representados majoritariamente por Latossolos e Argissolos. Assim, foi realizado um reconhecimento preliminar das vias da malha de estradas de terra do município, para a escolha da unidade de estudo, visando o atendimento das seguintes premissas: (i) proximidade à área urbana da cidade de Viçosa; (ii) presença de solos de subleito classificados predominantemente como residuais jovens; e (iii) via com trechos com deficiências no sistema de drenagem.

A escolha recaiu na estrada de terra localizada no Campus da Universidade Federal de Viçosa - UFV, que liga o Hospital Veterinário à BR 120, sendo classificada como rodovia local, mas sem designação numérica no sistema de vias municipais de Viçosa-MG.

Na via em estudo, realizou-se contagem de tráfego, para a determinação do seu volume médio diário, resultando em número de passadas do eixo padrão de 80 kN da ordem de 10^4 , para um período de projeto de 10 anos. Selecionaram-se, também, seis seções de 150 m, sendo cada uma subdividida em três unidades amostrais consecutivas de 50 m, para fins de análise e caracterização geotécnica do subleito. Informa-se que a Prefeitura da cidade de Viçosa realizou patrolamento do subleito da via no fim do período de chuvas de 2015, entre os meses de abril e maio. Refere-se que o período de seca da região em estudo se estende, comumente, de maio a outubro do ano.

Coletou-se uma amostra de solo de 60 kg em cada unidade amostral analisada, totalizando dezoito amostras, que foram transportadas para o Laboratório de Engenharia Civil da UFV para a realização dos ensaios de caracterização geotécnica, englobando análise granulométrica (ABNT, 1984a), limite de liquidez (ABNT, 1984b), limite de plasticidade (ABNT, 1984c), bem como os ensaios relativos à Metodologia MCT (Nogami & Villibor, 1995).

A classificação geotécnica das amostras de solo obedeceu ao sistema recomendado pelo Transportation Research Board – TRB e adotado pelo DNIT (2006), bem como pela Metodologia MCT (Nogami & Villibor, 1995).

Na abordagem de práticas com viés ambiental para a manutenção da estrada de terra, empregaram-se as recomendações PDT (2007).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta as informações sobre distribuição granulométrica, segundo a escala adotada pela ABNT (1995), limites de Atterberg, índice de plasticidade e classificações TRB e MCT das amostras de solo ensaiadas em laboratório.

Considerando-se os resultados apresentados na Tabela 1, destaca-se que:

- granulometricamente, o subleito se caracteriza pela predominância de amostras de textura arenosa (unidades amostrais 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 13, 14, 15 e 16), seguindo-se aquelas de textura argilosa (unidades amostrais 6, 8, 11, 12, 17 e 18) e siltosa (unidade amostral 9);
- os índices de plasticidade estão na faixa de 5% a 29%, com prevalência de solos muito plásticos com valores na faixa de 16% a 29% (unidades amostrais 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 17 e 18), medianamente plásticos com valores de 8% a 15% (unidades amostrais 4, 5 e 16) e pouco plásticos com valores de 1 a 7% (unidades amostrais 1 e 2);
- considerando-se a classificação TRB, há predominância de solos dos grupos A-7-5 (unidades amostrais 6, 8, 11, 17 e 18), A-7-6 (unidades amostrais 3, 12, 14 e 15) e A-2-6 (unidades amostrais 4, 5, 13 e 16), bem como em menor escala solos dos grupos A-6 (unidades amostrais 7, 9 e 10) e A-2-4 (unidades amostrais 1 e 2);
- segundo a classificação MCT, os solos de subleito são, predominantemente, de comportamento não-laterítico, nos grupos NA' (unidades amostrais 1, 2, 4, 5, 6, 8, 11, 12 e 17) e NS'

(unidades amostrais 3, 7, 9, 10, 13, 14, 15 e 18), com uma ocorrência de solo de comportamento laterítico, no grupo LA' (unidade amostral 16).

A partir dos dados de caracterização geotécnica e classificações TRB e MCT do solo do subleito de cada unidade amostral, como se apresenta na Tabela 1, em especial considerando-se granulometria e classificação MCT, passou-se à fase do emprego de práticas com viés ambiental segundo as recomendações do PDT (2007). Para esse fim, tomou-se por base as seções da via em análise retratadas em fotografias ilustrativas das suas condições de superfície e drenagem obtidas em janeiro de 2016, em meio à estação de chuvas, e as mesmas fotografias após serem incorporadas as sugestões de práticas de manutenção. Em todas as seções, recomendou-se a incorporação de revestimento primário à via em estudo. Quanto à classificação MCT, à exceção da unidade amostral 16, todas apresentaram subleito com solos de comportamento não-laterítico, portanto, susceptíveis às ações erosivas das águas de chuva.

Com relação à seção 1, Figura 1, com subleito em solos de granulometria areno-argilo-siltosa, recomendou-se a elevação do greide e conformação da seção transversal, bem como a implantação de valetas laterais no formato trapezoidal revestidas com grama ou solo-cimento, de modo a minimizar a ocorrência de fenômenos erosivos. Destaca-se que nas condições atuais, a ação das águas de chuvas na superfície e laterais da seção ocorre, predominantemente, em solo residual jovem, facilmente erodível.



Figura 1. Seção 1: condições de rolamento em janeiro de 2016 e conjunto de soluções a serem implantadas na via.

Nas seções 2, 3 e 5, Figuras 2, 3 e 4, com rampas mais acentuadas do que no caso da seção 1, com presença de curvas e subleito em solos de granulometria predominantemente areno-silto-argilosa, ocorrem fenômenos erosivos de grande monta no leito estradal e nas suas laterais que comprometem a funcionalidade e a segurança da via.



Figura 2. Seção 2 - Condições de rolamento em janeiro de 2016 e soluções a serem implantadas na via.

Tabela 1. Resultados dos ensaios geotécnicos de granulometria conjunta, limites de Atterberg (LL, LP e respectivo IP) e classificações TRB e MCT das amostras de solo das unidades amostrais.

Caracterização geotécnica e classificações das amostras de solos	Seções (1 a 6) e unidades amostrais (1 a 18)																	
	1			2			3			5			6					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Distribuição granulométrica																		
Argila ($\phi \leq 0,002$ mm)	14	13	33	13	12	68	16	47	15	39	66	50	20	35	20	17	44	55
Silte ($0,002 < \phi \leq 0,06$ mm)	7	13	22	6	23	8	29	22	52	13	10	11	20	25	35	13	28	21
Areia ($0,06 < \phi \leq 2$ mm)	79	74	45	81	65	24	55	31	33	48	24	39	60	40	45	70	28	24
Limites de Atterberg																		
LL (%)	21	20	42	40	27	62	36	54	39	40	65	43	38	47	45	26	61	70
LP (%)	16	14	20	26	16	36	19	31	23	24	43	26	22	28	27	13	32	42
IP (LL-LP)	5	6	22	14	11	26	17	23	16	16	22	17	16	19	18	13	29	28
Classificações de solos																		
TRB	A-2-4	A-2-4	A-7-6	A-2-6	A-2-6	A-7-5	A-6	A-7-5	A-6	A-6	A-7-5	A-7-6	A-2-6	A-7-6	A-7-6	A-2-6	A-7-5	A-7-5
MCT	NA'	NA'	NS'	NA'	NA'	NA'	NS	NA'	NS	NS	NA'	NA'	NS'	NS'	NS'	LA'	NA'	NS'

Onde: ϕ – diâmetro das partículas de solo; LL – limite de liquidez; LP – limite de plasticidade; IP – índice de plasticidade; TRB – Transportation Research Board; MCT – Miniatura Compactado Tropical.

No caso da seção 2, Figura 2, recomendou-se realizar a conformação da seção transversal, assim como implantar saídas laterais e valetas laterais no formato trapezoidal revestida com grama ou solo-cimento, considerando-se a ocorrência de rampas pouco íngremes.



Figura 3. Seção 3 - Condições de rolamento em janeiro de 2016 e soluções a serem implantadas na via.

Considerando-se as seções 3 e 5, Figuras 3 e 4, têm-se a necessidade de realizar a conformação da seção transversal e a elevação do greide, bem como implantar saídas laterais, valetas laterais no formato trapezoidal revestida com grama ou solo-cimento e quebras de declividade longitudinal, devido à ocorrência de trechos longos em rampas íngremes, com vistas a reduzir a ocorrência de fenômenos erosivos. Nas condições atuais dessas seções, a ação das águas de chuvas na superfície e laterais da via ocorre, predominantemente, em solo residual jovem, facilmente erodível.



Figura 4: Seção 5 - Condições de rolamento em janeiro de 2016 e soluções a serem implantadas na via.

Nas seções 4 e 6, Figuras 5 e 6, com rampas suaves e subleito predominantemente em solos residuais de granulometria argilo-areno-siltosa, menos sujeitos à ação dos fenômenos erosivos, recomenda-se realizar a elevação do greide e conformação da seção transversal da pista, bem como executar valetas laterais trapezoidais em grama ou revestidas com solo-cimento, de modo a permitir o escoamento adequado das águas de chuva.



Figura 5: Seção 4 - Condições de rolamento em janeiro de 2016 e soluções a serem implantadas na via.



Figura 6: Seção 6 - Condições de rolamento em janeiro de 2016 e soluções a serem implantadas na via.

4. CONCLUSÕES

À parte a recomendação de incorporar o revestimento primário às seções da via em estudo, concluiu-se sobre a necessidade de implantar estruturas de drenagem, incluindo valetas laterais com seção trapezoidal revestidas com grama ou solo-cimento, saídas laterais de água, bem como realizar elevação do greide, conformação da seção transversal da via e incluir quebras de declividade em perfis longitudinais da via, de modo a reduzir a ação das águas e consequentes danos causados por ações erosivas no leito estradal.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FAPEMIG, pela concessão de auxílio financeiro e bolsa de iniciação científica para o segundo autor, através do Processo nº APQ-02834-15, a CAPES, pela concessão de bolsa de mestrado ao primeiro autor, e a UFV, pelo suporte oferecido em termos de infraestrutura para a realização do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984a), "*NBR 7181: Solo - análise granulométrica: método de ensaio*", Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 13p.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984b), "*NBR 6459: Solo - determinação do limite de liquidez: método de ensaio*", Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 6p.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1984c), “NBR 7180: Solo - determinação do limite de plasticidade: método de ensaio”, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 3p.

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas (1995), “NBR 6502: Rochas e solos”, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 18p.

CNT, Confederação Nacional dos Transportes. *Pesquisa CNT de Rodovias 2017 – Relatório gerencial*. Brasília: Confederação Nacional dos Transportes, 2017. Disponível em: <[http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br//Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20\(2017\)%20-%20BAIXA.pdf](http://pesquisarodoviascms.cnt.org.br//Relatorio%20Geral/Pesquisa%20CNT%20(2017)%20-%20BAIXA.pdf)>. Acesso em: 13 dez. 2017.

DNIT, Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. *Manual de pavimentação*. Rio de Janeiro: Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, 2006, Publicação IPR-719, 3ª ed., 274p.

MACHADO, C.C. et al. (2005) “Caracterização geotécnica de solos para estradas florestais: o caso da fazenda monte alegre da Duratex S.A.” in *Cerne*, Vol. 11, n. 1, p. 84-89.

NOGAMI, J.S. & VILLIBOR, D.F. (1995) *Pavimentação de baixo custo com solos laterítico*, Editora Vilibor, São Paulo, 231p.

OLIVEIRA, R.J. et al. (2007) “Metodologias de previsão de defeitos em estradas florestais e levantamento da malha florestal” in *Simpósio Brasileiro sobre Colheita e Transporte Florestal*, 3., 2007, Uberlândia. *Anais...*, Uberlândia, Sociedade de Investigações Florestais, p. 39-51.

PDT, Pennsylvania Department of Transportation (2007) “*Environmentally sensitive maintenance for dirt and gravel roads*”. Philadelphia: Pennsylvania Department of Transportation, Report No. USEPA-PA-2005, 360p.

SILVA, T.O. (2009) “*Estudo de estradas não pavimentadas da malha viária do município de Viçosa-MG*”, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, 119p.