

COMPORTAMENTO MECÂNICO DE SOLOS UTILIZADOS EM ESTRADAS DE TERRA

MILENA MACHADO PRATES DA SILVA¹, WILBER FELICIANO CHAMBI TAPAHUASCO²

¹ Graduanda em Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Pampa, milenasilva.aluno@unipampa.edu.br.

² Prof. Dr., Universidade Federal do Pampa, wilbertapahuasco@unipampa.edu.br.

Apresentado no
L Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2021
08 a 10 de novembro de 2021 - Congresso On-line

RESUMO: O trabalho tem por objetivo estudar as características e desempenhos geotécnicos de vários solos que podem ser utilizados na manutenção e confecção de estradas rurais de terra. Para isso, foram compiladas informações de diversos estudos de casos e de orientações técnicas de órgãos rodoviários. Seguidamente, utilizando uma planilha eletrônica, foi criada uma base de dados, sendo inseridos as informações dos diversos solos, tais como granulometria, limites de Atterberg, massa específica dos grãos, parâmetros de compactação, capacidade de suporte e expansibilidade. Após a inserção e organização dos dados em planilha eletrônica, foi possível avaliar e agrupar os diversos solos em função das suas similitudes geotécnicas, além disso, utilizando as normas DER/PR ES-T 07/18 e ET-DE P00/013, foi realizado um parecer técnico. Pela avaliação com base nas normas, somente quatro dos nove solos estudados estariam aptos a serem utilizados como material para revestimento primário.

PALAVRAS-CHAVE: estradas de terra, rodovias não pavimentadas, solos

MECHANICAL BEHAVIOR OF SOILS USED ON DIRT ROADS

ABSTRACT: The aim of this paper is to study the geotechnical characteristics and performance of various soils that can be used in the maintenance and construction of unpaved roads. For this, information was compiled from several case studies and technical recommendation of road agencies. Then, using an electronic spreadsheet a database was created, and information on the different soils was entered, such as granulometry, Atterberg limits, Grain specific weight, compaction parameters, the strength of soil and expandability. After inserting and organizing the data in to electronic spreadsheet, it was possible to evaluate and group the different soils according to their geotechnical similarities, in addition, using the DER/PR ES-T 07/18 and ET-DE P00/013 standards, a technical opinion was carried out. based on the standards, only four of the nine soils studied would be able to be used as unpaved road layer.

KEYWORDS: dirt roads, unpaved roads, soils

INTRODUÇÃO: As estradas de terra são vias que não contam com a pavimentação asfáltica, podendo ainda serem chamadas de estradas rurais ou de chão. Segundo a Confederação Nacional de Transporte, até o ano 2018, aproximadamente 87% da malha rodoviária brasileira era constituída por estradas não pavimentadas. A importância dessas estradas deve-se ao fato de ser o principal meio de acesso da população rural para os centros urbanos, assim como o escoamento de produtos agrícolas para as localidades urbanas. Com isso, há uma necessidade

dessas vias possuem uma boa condição de trafegabilidade, bem como usufruírem de uma manutenção adequada, realizada por órgãos técnicos especializados. Sob essa problemática, surge no meio acadêmico a preocupação de estudar solos naturais inertes que possam ser utilizados como camada revestimento primário. Para o DER/PR (2018) o revestimento primário é a camada que suporta o peso dos veículos que trafegam pela via, sendo composta por agregados naturais e/ou artificiais, aplicada diretamente sobre o subleito compactado e regularizado, com a função de assegurar condições satisfatórias de tráfego, mesmo sob condições climáticas adversas. O objetivo do trabalho é estudar as características e desempenhos geotécnicos de diversos solos, verificando se através dos dados compilados é possível o seu emprego como camada de revestimento primário, além de agregar uma avaliação, classificando-os de acordo com as normas DER/PR ES-T 07/18 e ET-DE-P00/013.

MATERIAL E MÉTODOS: Iniciou-se a elaboração do trabalho com a realização de uma pesquisa bibliográfica, a qual teve a finalidade de buscar o conhecimento sobre solos que possuem atributos geotécnicos capazes de estabelecer se seria viável ou não o seu emprego como camada de revestimento primário de estradas de terra. A pesquisa foi realizada de modo que abrangesse regiões de todo o país, com dados relativos aos anos de 2007 a 2019, para assim ter-se uma maior e melhor amplitude sobre os dados extraídos. A escolha dos dados a serem obtidos ocorreu conforme as especificações geotécnicas descritas em bibliografias e normas que regem as condições dos materiais aptos a serem utilizados. Conforme exposto na TB-3 da ABNT, “os solos serão identificados por sua textura (composição granulométrica), plasticidade ou compacidade, entre outras propriedades que auxiliam na sua identificação, como estrutura, forma de grãos, etc.” Após determinados quais os dados que seriam necessários para a possível classificação dos solos, os mesmos foram inseridos em uma planilha eletrônica, onde foram organizados em ordem aleatória, sendo identificados pelo nome do autor da obra, e ano da publicação. Posterior a inserção de todos os dados, foi ainda realizado um parecer sobre cada solo, avaliando-os de acordo com as normas DER/PR ES-T 07/18 e ET-DE-P00/013, as quais definem os critérios que orientam a execução, aceitação e medição do serviço de revestimento primário em obras rodoviárias sob a jurisdição do Departamento de Estradas de Rodagem do Estado do Paraná - DER/PR e Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo – DER/SP, respectivamente. As normas indicam que o ISC deve ser maior ou igual a 20%, enquanto a Expansão deve ser menor ou igual a 1%, para assim o material poder ser utilizado como camada de revestimento primário de estradas de terra.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Com o intuito de simplificar a base de dados compilados na planilha eletrônica, na Tabela 1 são apresentados de forma resumida alguns resultados relevantes dos solos estudados. De acordo com o exposto na Tabela 1, destaca-se que os solos mais estudados estão inseridos nos grupos A, B e C, sendo classificados como materiais de areia siltosa (SM), silte de alta compressibilidade (A-7-5) e Pedregulhos ou Areias Siltosas ou Argilosos (A-2-4). Vale ressaltar que houve uma significativa oscilação de Índice Suporte Califórnia (ISC) e Expansão entre resultados obtidos pela mesma classificação do solo e de diferentes autores, isso ocorre devido terem sido trabalhadas diferentes energias de compactação, assim como as variações de regiões que podem provocar comportamentos diferentes no solo. Observando primeiramente o grupo A, verifica-se que o Índice de Suporte Califórnia ficou entre 3 e 24%, ambos com aplicação de Energia Normal, sendo de regiões distintas, o que ocasiona características peculiares no solo. Para expansão, não se deu grandes variações pelo fato do autor 4 não a ter realizado. Para o grupo B (A-7-5), o ISC variou de 3 a 15% e os valores de expansão variaram de 0,11 a 6,30%. Já o grupo C (A-2-4), apresentou ISC de 4 a 34%, e Expansão de 0,1 a 1,7% sendo os menores e maiores valores com aplicação

de Energia Normal de Compactação. Os grupos D, E, F, G, e H, são constituídos de materiais argilosos (A-7-6), areias argilosas de mediana plasticidade (SC), pedregulhos siltosos mal graduados (GP-GM), areias finas mal graduadas (A-3-0) e pedregulhos argilosos com areia (GC-GH), respectivamente. Observa-se na Tabela 1 que para esse últimos grupos supracitados, foi empregada a Energia Normal de Compactação, correspondendo valores de ISC de 20 a 24%, e Expansão 0,8 a 0,62%. Não houve a determinação dos valores de Expansão para os grupos G e H. Conforme as normas rodoviárias DER/PR ES-T 07/18 e ET-DE-P00/013, somente os solos que constituem os grupos A, D, E e F seriam qualificados para serem utilizados como camada de revestimento primário de estradas de terra, obtendo ISC maior ou igual a 20% e Expansão menor ou igual a 1%. Ressalta-se que diante da suposição de aplicação do solo estudado pelo grupo A (SM), deve-se primeiro avaliar a região e clima no qual será inserido, em razão do valor de ISC oscilar entre 3 e 24%, uma vez que o menor valor de 3% não é recomendado pelas normas técnicas. Os solos dos grupos G e H, estariam adequados para utilização de acordo com os valores obtidos para ISC de 24%, porém, os autores não realizaram a determinação de Expansão, ficando inviável classificá-los para o uso. Os solos que não estariam aptos a serem utilizados, são os estudados pelos grupos B, C e I, devido nenhum estar dentro das recomendações das normas, sendo o grupo C, adequado somente em parâmetros de suporte do solo e sendo insuficiente para valores de Expansão.

TABELA 1. Agrupamento dos dados extraídos de acordo com a sua classificação geotécnica:

Grupo	Autor	TRB/SUCS	E. Compactação	ISC	Expansão
A	1,4	SM	E.N ¹ , E.N ⁴	3 a 24%	0,29%
B	2,6,8,7	A-7-5	E.N ² , E.I ² , E.N ⁶ , E.N ⁸ , E.N ⁷	3 a 15%	0,11 a 6,30%
C	3,5,8,10	A-2-4	E.N ³ , E.I ³ , E.M ³ , E.N ⁵ , E.N ⁸ , E.N ¹⁰	4 a 34%	0,1 a 1,7%
D	11	A-7-6	E.N ¹¹	21%	0,62%
E	4	SC	E.N ⁴	21 a 24%	0,8%
F	1	GP-GM	E.N ¹	20%	0,15%
G	3	A-3-0	E.N ³	24%	-
H	4	GC-GH	E.N ⁴	24%	-
I	9	A-1-A	E.N ⁹ , E.I ⁹	10 a 11%	0,019 a 27%

Zaikoski, 2017¹; Kappaun, 2017²; Martinatto, 2018³; Peraça, 2007⁴; Nervis, 2010⁵; Achterberg, 2014⁶; Tavares, 2018⁷; Migliorin, 2019⁸; Rosso, 2015⁹; Silva, 2016¹⁰; Maciel, 2010¹¹

CONCLUSÕES: Para os solos estudados neste trabalho, observou-se que são aptos a serem utilizados como camada de revestimento primário os que têm predominância de materiais granulares com presença de finos, contendo areia, argila e silte. Quando compactados na Energia mais adequada, tornam-se mais eficientes, entregando às estradas capacidade de suporte e de mínima expansão, capazes de suportar o tráfego. É recomendado que para os solos dos grupos C (A-2-4) e I (A-1-A), definidos pela classificação TRB, sejam determinados os parâmetros de Expansão, pelo fato de já obterem uma capacidade de suporte adequada para tal fim.

REFERÊNCIAS:

ACHTERBERG, Henrique. **Estudo sobre a aplicação da classificação geotécnica mct para um solo residual de Santa Cruz do sul-rs**. Santa Cruz do Sul, 2014. 81 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade de Santa Cruz do sul.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE TRANSPORTE. **Somente 12,4% da malha rodoviária brasileira é pavimentada: Dados do Anuário CNT do Transporte mostram baixa oferta de**

infraestrutura para o transporte rodoviário e crescimento acelerado da frota. Disponível em: <<https://www.cnt.org.br/agencia-cnt/somente-12-da-malha-rodoviaria-brasileira-pavimentada>> Acesso em: 20 jun. 2021.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DO PARANÁ. **DER/PR ES-T 07/18.** Terraplanagem: Revestimento Primário. Curitiba – PR, 2018.

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM DE SÃO PAULO. **ET-DE-P00/013.** Revestimento Primário. São Paulo, 2018.

KAPPAUN, Júlia. **Estudo do comportamento de misturas solo-agregado como revestimento primário de estradas rurais.** Santa Cruz do Sul, 2017. 102 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade de Santa Cruz do Sul.

MACIEL, Camila. **Análises geotécnicas e hidrossedimentológicas de estradas não pavimentadas: estudo de caso da fazenda cerro azul – planalto norte catarinense.** Florianópolis, 2010. 144 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina.

MARTINATTO, Camila *et al.* **Caracterização de um plintossolo como camada estrutural de via não pavimentada – Trilha do Talhamar – Parque Nacional da Lagoa do Peixe – Tavares/RS.** In: 16º CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA DE ENGENHARIA E AMBIENTAL. 2018, Tavares - RS.

MIGLIORIN, Vanderson. **estudo das condições geotécnicas de estradas rurais do município de alegre/rs.** Alegrete, 2019. 65 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Pampa.

NERVIS, Leandro. **Estudo de revestimento primário para utilização em estradas vicinais da região de santana do livramento - rs.** Porto Alegre, 2010. 154 p. Dissertação (MESTRE EM ENGENHARIA.) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PERAÇA, Vinicius. **Qualificando solos para revestimentos primários de rodovias: uma abordagem baseada nas mecânicas dos solos e dos pavimentos.** Porto Alegre, 2007. 152 p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ROSSO, Lucas. **Estudo de aplicabilidade dos métodos de dimensionamento e avaliação condicional de serventia para rodovias não pavimentadas da região da fronteira oeste do estado do rio grande do sul.** Alegrete, 2015. 129 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal do Pampa.

SILVA, Igor. **Avaliação das técnicas de estabilização de solo para revestimento primário em estradas vicinais: estudo de caso em palmas – TO.** Palmas, 2016. 98 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Centro Universitário Luterano de Palmas.

TAVARES, Marcos. **Alternativa de estabilização de solo para rodovia não pavimentada vrs-867.** Santa Rosa, 2018. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

ZAIKOSKI, Mauricio. **Avaliação de dois solos residuais do município de encruzilhada do sul-rs para aplicação como camada de revestimento primário de estradas rurais.** Santa Cruz do Sul, 2017. 61 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) - Universidade de Santa Cruz do Sul.