



Evento: XXXIII Seminário de Iniciação Científica

DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA MECÂNICA DE SOLO ESTABILIZADO COM CIMENTO PARA APLICAÇÃO EM PAVIMENTAÇÃO RODOVIÁRIA¹

Júlia Vanessa Kunrath², Andriele De Fátima Reinheimer Dos Santos³, Luana Gabriela Da Silva⁴, Regina Eduarda Wagner Zöhler⁵, Richard Luiz Blatt⁶, André Luiz Bock⁷, Lia Geovana Sala⁸.

¹ Programa de Educação Tutorial, desenvolvido pela Unijuí e financiado pelo Ministério da Educação (PET) e Grupo de pesquisa Grupo Novos Materiais e Tecnologias para Construção Civil e Infraestrutura - GMATEC

²Bolsista do Programa de Educação Tutorial (PET), estudante do curso de graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ.

³Acadêmica do curso de graduação do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ

⁴Acadêmica do curso de graduação do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ

⁵Acadêmica do curso de graduação do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ

⁶Acadêmico do curso de graduação do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ

⁷ Professor/Pesquisador do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ

⁸ Tutora do Programa de Educação Tutorial (PET), professora do curso de Engenharia Civil da UNIJUÍ.

INTRODUÇÃO

A pavimentação rodoviária desempenha um papel essencial na infraestrutura de transporte, sendo projetada de forma técnica e econômica para suportar as solicitações provocadas pelo tráfego de veículos e pelas condições climáticas. (Bernucci, 2022).

A estabilização de solos com cimento consiste na adição de cimento Portland ao solo para aumentar sua resistência e durabilidade e melhorar as características mecânicas de solos naturais para aplicação em camadas estruturais de pavimentação rodoviária. Para garantir o desempenho e a durabilidade dessas camadas, é essencial que o processo de dosagem e compactação do solo-cimento seja conduzido de forma criteriosa, com base em parâmetros técnicos obtidos por meio de ensaios laboratoriais. Essa técnica promove reações químicas que resultam na formação de um material mais coeso e resistente, adequado para suportar as cargas do tráfego veicular (Bernucci, 2022).

Esta pesquisa está diretamente associada à melhora da qualidade e da durabilidade da malha rodoviária, através da promoção de tecnologias inovadoras e a redução do impacto ambiental, alinhando-se com as diretrizes da Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU), com foco no Objetivo de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 9, que trata da Indústria, Inovação e Infraestrutura (ONU, 2015). Neste trabalho, foram utilizados os dados obtidos em uma pesquisa anterior referente ao ensaio Proctor, o qual tem como finalidade



determinar a umidade ótima. Com base nesses resultados, procedeu-se à realização do ensaio de dosagem físico-química de solo-cimento, visando melhorar a resistência do solo.

METODOLOGIA

O presente trabalho adotou uma metodologia qualitativa e quantitativa, fundamentada na revisão bibliográfica e em ensaios realizados em laboratório (Creswell, J. e Clark, V.L) . O solo utilizado nos ensaios foi coletado no município de Nova Candelária, RS.

Esta pesquisa foi realizada em três etapas distintas, no primeiro momento foi realizada a determinação da umidade ótima do solo, depois, foi realizado o ensaio de dosagem físico-químico do solo, e por fim, foi realizado a moldagem das amostras com a verificação da resistência à compressão do solo.

DETERMINAÇÃO DA UMIDADE ÓTIMA

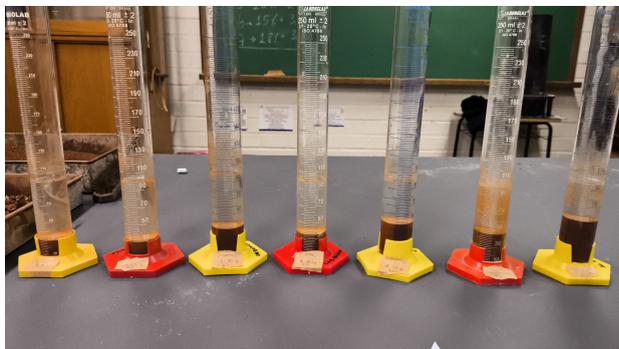
Os resultados da umidade ótima do solo utilizado partiu de um estudo realizado anteriormente em outro estudo, que leva como título “Prática Investigativa de Caracterização do Solo Feita em Laboratório”, realizado por alunas da Unijuí. A umidade ótima foi determinada pelo ensaio de compactação ABNT NBR 7182:2016, utilizando o método Proctor com energia normal. A partir da curva de compactação obtida, determinou-se a umidade ótima de 25% e a massa específica aparente seca de 1640 kg/m^3 , valores que indicam a condição de máxima compactação do solo.

DOSAGEM FÍSICO QUÍMICA DE SOLO-CIMENTO

Esta etapa seguiu a norma DNIT 414/2019, com principal objetivo é determinar o teor de cimento ideal para estabilizar físico-quimicamente o solo. Neste processo, foram preparados sete teores de cimento (figura 01), que foram de 0% a 18%, aumentando em cada proveta 3% a quantidade de cimento a 20 gramas de solo em cada proveta, este solo que posteriormente foi seco e peneirado na peneira nº 10. O procedimento consiste em adicionar água destilada até completar 100ml em provetas que possuem capacidade de 250ml. Todas as provetas foram mantidas em repouso por 24h, agitadas após esse tempo, e após 2h que foram agitadas foi realizada a mistura, pois nesse momento os sedimentos foram estabilizados, no total, foi realizadas 8 leituras.



Figura 01: Ensaio Dosagem Físico Química De Solo-Cimento.



Fonte: Autoria própria

Conforme a fórmula de variação volumétrica que a norma oferece, foi determinado que o teor que apresentou maior volume foi com o teor de cimento de 18%.

MOLDAGEM DAS AMOSTRAS

Nesta etapa utilizou-se do Proctor normal para realizar as moldagens, segundo o método estabelecido pela norma ABNT NBR 7182:2016 - Solo - Ensaio de compactação, onde realizou-se primeiramente a secagem do solo em estufa por 24 horas a 110°C, peneirou-se o solo na peneira 4,8 mm, e por fim, separou-se 18 porções de solo com 2500 gramas.

Foram também considerados os 25% de umidade ótima e os 18% de teor de cimento. As 18 amostras moldadas foram divididas em 3 grupos, com teores de cimento de 15%, 18% e 21%. Em cada amostra foi adicionada uma quantidade de água correspondente a 25% do peso total da mistura (solo + cimento), conforme apresentado no quadro 01.

Quadro 01: Relação de quantidade de solo, cimento e água de cada amostra

Amostras	% de cimento	Solo (g)	Cimento (g)	Solo + Cimento (g)	Quantidade de Água (25% de Solo + Cimento) (ml)
6	15	2500	375	2875	718,75
6	18	2500	450	2950	737,50
6	21	2500	525	3025	756,25

Fonte: Autoria própria

A mistura obtida foi então disposta em três camadas dentro de um cilindro metálico próprio para o ensaio, sendo cada camada compactada com 26 golpes de um soquete de 2,5 kg. Finalizada a compactação, a amostra foi cuidadosamente desmoldada, e em seguida



realizou-se a extração e o preparo dos corpos de prova para o processo de cura úmida. Para garantir sua proteção, as amostras foram acondicionadas em sacolas plásticas conforme a figura 02.

Figura 02: Preparação, moldagem e cura úmida de amostras solo-cimento.



Fonte: Autoria própria.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As 9 primeiras amostras foram submetidas à cura úmida por 7 dias, após esse período foram realizadas as primeiras verificações de resistência à compressão simples (RCS), para os teores de cimento de 15%, 18% e 21%. Da mesma forma, aos 28 dias, foram rompidas as demais amostras com as mesmas percentagens de adição de cimento dos 7 dias.

Após a os 7 dias, calculou-se a resistência a compressão de todas as amostras, a amostra que teve maior resistência à compressão simples (RCS) foi a amostra com 21% de adição de cimento que chegou a 1,13 MPa. Aos 28 dias também foi realizado este cálculo, a amostra também com 21% de cimento chegou a 1,65 MPa. Segundo a norma, o ideal seria que se chegasse em pelo menos 2,1 MPa, o que infelizmente, não ocorreu em nenhuma amostra.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mistura de solo-cimento deve apresentar resistência à compressão simples mínima 2,1 MPa, conforme estabelecido pela Norma DNIT 143/2010 (DNER-ME 201/94). No presente estudo, após 7 dias, a amostra que apresentou maior resistência foi a amostra 7,



contendo 21% de teor de adição de cimento, atingindo 1,13 MPa, e 28 dias a amostra 9 com 21% de teor de cimento, atingiu a maior resistência, chegando a 1,65 MPa.

Apesar do aumento observado, nenhuma das amostras alcançou a resistência mínima especificada. Verifica-se ainda que as amostras com maior porcentagem de cimento (21%) apresentaram os melhores desempenhos mecânicos, evidenciando a influência direta do teor de cimento na melhoria das propriedades do solo.

Palavras-chave: Solo-cimento. Compactação. Proctor. Resistência.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Creswell, J. e Clark, V.L. (2013). **Pesquisa de métodos mistos.** (Métodos de pesquisa). 2nd edição. Porto Alegre: Grupo A.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 7182:2016 – Solo – Ensaio de compactação.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 5739:2018 – Concreto – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos.** Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2018.

BERNUCCI, Liedi B.; MOTTA, Laura M. G.; CERATTI, Jorge A. P.; SOARES, Jorge B. **Pavimentação Asfáltica: formação básica para engenheiros.** Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2ª edição, 2022.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **DNER-ME 202/94: Solo-cimento – Moldagem e cura de corpos cilíndricos.** DNER, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE ESTRADAS DE RODAGEM (DNER). **DNER- ME 213/94: Solos-cimento- determinação do teor de umidade.** DNER, 1994.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 414/2019 - ME: Determinação da densidade de massa do solo in situ com o frasco de areia.** DNIT, 2019. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coleanea-de-normas/metodo-de-ensaio-me/dnit414_2019_me.pdf. Acesso em: 28 abr 2025.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES (DNIT). **DNIT 143/2010 - ES: Pavimentação – Base de solo-cimento – Especificação de serviço.** DNIT, 2010. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletanea-de-normas/coleanea-de-normas/especificacao-de-servico-es/dnit143_2010_es.pdf. Acesso em: 24 jun 2025.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável.** 2015.