SALÃO DO CONHECIMENTO UNIJUÍ 2018
CIÊNCIA PARA A REDUÇÃO DAS DESIGUALDADES
XXVI Seminário de Iniciação Científica
XXIII Jornada de Pesquisa
XIX Jornada de Extensão
VIII Mostra de Iniciação Científica Júnior
VIII Seminário de Inovação e Tecnologia
01 a 04 de outubro de 2018

Evento: Bolsistas PET

ESTABILIZAÇÃO DE MISTURAS DE SOLO ARGILOSO E RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO CIVIL COM CIMENTO PORTLAND PARA USO EM PAVIMENTOS[1]

STABILIZATION OF ARGILOUS SOIL MIXTURES AND CIVIL CONSTRUCTION RESIDUE WITH PORTLAND CEMENT FOR PAVEMENTS USE

Tainara Kuyven[2], Leonardo Brizolla De Mello[3], Jessamine Pedroso De Oliveira[4], Taciane Pedrotti Fracaro[5], Katuay Zarth[6], Carlos Alberto Simões Pires Wayhs[7]

[1] Pesquisa do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, integrante do projeto de pesquisa institucional da UNIJUÍ
[2] Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ, integrante do grupo PET Engenharia Civil UNIJUÍ
[3] Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ, integrante do grupo PET Engenharia Civil UNIJUÍ
[4] Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ, integrante do grupo PET Engenharia Civil UNIJUÍ
[5] Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ, integrante do grupo PET Engenharia Civil UNIJUÍ
[6] Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ, integrante do grupo PET Engenharia Civil UNIJUÍ
[7] Professor Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUÍ

INTRODUÇÃO

Nos últimos 15 anos, as rodovias pavimentadas cresceram 23,2% no Brasil, uma média de apenas 1,5% ao ano, um número pequeno para um tipo de transporte que corresponde a mais de 60% das movimentações de carga e a mais de 90% dos deslocamentos de passageiros (CNT, 2016). Desta forma observando o cenário atual da malha rodoviária brasileira, percebe-se o quanto se faz necessário investir em pesquisas e tecnologias voltadas para a área de pavimentação, principalmente focando em pavimentos de baixo custo e sua implantação em estradas vicinais.

Wayhs (2004) também destaca a importância da construção e conservação de estradas vicinais na economia de um município. Uma das principais medidas a serem tomadas é o emprego de materiais alternativos locais com custos inferiores aos tradicionais, desde que garantida a boa qualidade técnica. Complementarmente vemos que com o desenvolvimento crescente da sociedade, existe uma demanda razoável de matéria prima, acabando assim por gerar um grande volume de resíduos, principalmente da Construção Civil. Desta forma pelo ponto de vista sustentável esses resíduos devem ser minimizados ou reaproveitados na cadeia produtiva.

Desta forma, utilizando-se das questões explanadas, o presente trabalho pretende relatar pesquisa

que serviu de tema de Trabalho de Conclusão de Curso de Queiroz (2017), vinculado ao projeto de pesquisa relatado, que verificou a viabilidade da utilização de misturas de solo argiloso laterítico do noroeste do estado do Rio Grande do Sul e resíduo de construção civil estabilizadas com cimento Portland para utilização em bases e sub-bases de pavimentos.

METODOLOGIA

A pesquisa foi dividida em cinco principais etapas, iniciando-se com uma pesquisa bibliográfica, seguida da coleta e caracterização dos materiais, e findando com a realização dos ensaios laboratoriais, análise dos resultados e conclusões. Para a realização dos ensaios laboratoriais, foi realizada a retirada do solo em um corte de talude próximo ao Hospital Veterinário da UNIJUÍ, Campus de Ijuí-RS. Já o resíduo utilizado nas misturas, foi o resíduo de construção civil classe A, proveniente da empresa RESICON da cidade de Santa Rosa- RS, à cerca de 100 km de Ijuí. Os materiais que compõem o resíduo utilizado são, Argamassa com 16,25%, Agregado 3,50%, Cerâmica 10,30%, Materiais Orgânicos 0,15%, Pó 68% e Outros 1,80%

Para a estabilização da mistura, o aglomerante escolhido foi o Cimento Portland do tipo II, composto com adição de fíller e resistência de 32 MPa aos 28 dias (CP II-F 32) e a água utilizada na realização dos ensaios é oriunda da rede hidráulica do LEC e classificada como água potável.

As misturas foram compostas em peso por 60% de solo e 40% de RCC. Tal mistura de solo e RCC foi denominada ALARC por Buligon (2015). Posteriormente, foi adicionado à essa mistura o cimento Portland escolhido, nos teores percentuais de 6, 7, 8, 9 e 10. Também foram definidas três diferentes umidades de moldagem, sendo elas: a umidade ótima da mistura ALARC, uma umidade três pontos percentuais abaixo da umidade ótima e uma umidade três pontos percentuais acima desta umidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a realização da análise granulométrica foi possível obter as curvas granulométricas do solo natural, do RCC e da mistura ALARC40. Assim pode-se perceber que a granulometria da mistura ALARC40 é equivalente a um solo extremamente fino, com cerca de 60% de material passante na peneira nº 200, resultado este que já era esperado devido ao solo dispor de 60% em peso na mistura e possuir porcentagem passante na peneira nº 200 por volta de 95%. O método da análise granulométrica por peneiramento descarta o material passante na peneira de nº 200.

Assim é possível, que a curva granulométrica da mistura ALARC40 ficou em uma região intermediária entre as curvas do solo natural e do RCC, o que já era esperado devido sua composição ser constituída pelos dois materiais.

Analisando os parâmetros recomendados na especificação 143/2010 (DNIT, 2010) e os valores obtidos, verifica-se que a mistura teve 99,85% do seu material passante na peneira de nº 4, atendendo à porcentagem indicada que é de 50 a 100%, sua porcentagem passante na peneira de nº 40 deve estar entre 15 e 100%, o que mais uma vez foi atendido pela mistura, que possui 76,14% dos seus grãos passante nesta peneira, já na peneira de nº 200, o percentual de material passante deve variar entre 5 e 35%, sendo assim a mistura não atendeu esse parâmetro, já que tem 60,67% do seu material passante.

Foram encontradas massas específicas reais em g/cm³, nos valores de 2,885 para o solo natural,

Evento: Bolsistas PET

2,680 para o RCC e 2,832 para a mistura ALARC40. A mistura ALARC40 obteve um valor de massa específica real intermediário aos valores obtidos pelo solo natural e o RCC. Na Tabela 1 estão apresentados os resultados dos índices de consistência do solo natural e da mistura ALARC40, onde é possível observar que com a incorporação do RCC ao solo, houve uma redução da plasticidade em relação ao solo natural**.**

LIMITES DE ATTERBERG			
Amostras	**LL (%)**	**LP (%)**	**IP (%)**
Solo Natural	65	39	26
Mistura ALARC40	39	24	15

Tabela 1. Índices de consistência dos materiais

De acordo com DNIT (2010), o solo a ser utilizado deve possuir um limite de liquidez inferior ou igual a 40% e um índice de plasticidade inferior ou igual a 18%. Sendo assim, os índices de consistência da mistura ALARC40 estão em conformidade com o que a norma determina.
O ensaio M5 resultou-se em um coeficiente d' de 38,3 e em um coeficiente c' de 2,06 para a mistura ALARC40, valores inferiores aos encontrados por Buligon (2015) para o solo natural, sendo 41,5 para d' e 2,86 para c'.
Como a realização do ensaio M8 encontrou-se um valor PI de 103 para a mistura ALARC40. Para o solo natural, Buligon (2015) encontrou PI de 0. Desta forma, obtendo-se um e' de 1,16 para a mistura ALARC40, e um e' de 0,78 para o solo natural apresentado por Buligon (2015).
Com os parâmetros c' e e' definidos, foi possível concluir o procedimento de classificação geotécnica MCT através do enquadramento das amostras no gráfico da classificação MCT.
Os parâmetros resultantes do ensaio M1 foram a umidade ótima do solo natural 28% e da mistura ALARC40 de 21,71%, e a massa específica aparente seca máxima do solo natural de 1,550 g/cm³ e da mistura ALARC40 de 1,701 g/cm³. Desta forma podemos perceber que com a incorporação do resíduo ao solo, houve uma redução da umidade ótima e um aumento da massa específica aparente seca máxima, comportamento já observado por Bernardi (2013) em seu estudo. Assim foram definidas as outras duas umidades a serem utilizadas na moldagem dos corpos de prova para o ensaio de resistência à compressão simples, sendo elas 18,71% e 24,71%.
Na Tabela 2 estão apresentados os resultados do ensaio M2 obtidos para os dois métodos propostos por Villibor e Nogami (2009), porém levando como referência os resultados do método de cargas padrão, que segundo os autores é teoricamente mais correto.

ALARC40	CBR não imerso (%)	CBR imerso (%)	RIS (%)	PSI (%)
M.CORRELAÇÕES	29	15	52	48
M.CARGAS PADRÃO	34	23	68	32

Tabela 2: Resultados Mini-CBR

É perceptível pelos dois métodos, que o corpo de prova não imerso apresenta valores superiores ao imerso, o que é compreensível devido a degradação que a imersão em água causa no solo compactado, mas que é de extrema importância para avaliar o comportamento do solo em diferentes condições. Ainda, o corpo de prova submetido à imersão obteve uma expansão baixa, apenas 0,17%. A especificação DNIT 143/2010 – ES (DNIT, 2010) define que o principal critério para que a mistura solo-cimento possa ser utilizada em bases de pavimento é apresentar um valor mínimo de 2,1 MPa para a resistência à compressão aos 7 dias de cura.

Para o ensaio de resistência à compressão simples foram moldados corpos de prova nas três diferentes umidades definidas, no entanto, as misturas com teor de umidade de 24,71% não apresentaram consistência suficiente na moldagem, o que fez com que fosse descartada.

Os resultados encontrados de resistência à compressão simples obtidos pelas 5 misturas estudadas moldadas na umidade ótima (21,71%) e rompidas aos 7 dias de cura, amostra de 6% resistência de 1,75 MPa, 7% resistência de 1,899 MPa, 8% resistência de 1,914 MPa, 9% resistência de 2,294 MPa e 10% resistência de 2,816MPa. Assim é possível observar que nas amostras com os três menores teores de cimento, não houve grande variação de resistência, obtendo-se valores próximos. O valor mínimo de 2,1 MPa exigido em norma, valor este superado pelas amostras com 9% e 10% de cimento, sendo as únicas amostras a obter resultados satisfatórios na umidade ótima.

Para os corpos de prova moldados com a umidade de 18,71%, os resultados encontrados na amostra de 6% resistência de 2,01 MPa, 7% resistência de 2,107 MPa, 8% resistência de 2,440 MPa, 9% resistência de 2,532 MPa e 10% resistência de 3,286 MPa, onde desta vez observa-se uma estabilidade de valores para os dois menores teores de cimento, e a partir do terceiro teor aplicado, o ganho de resistência cresce. Em todas as amostras moldadas nesta umidade, os valores de resistência aumentaram em média 14% em relação aos corpos de prova moldados na umidade ótima. Nestas moldagens, todas as misturas obtiveram resistência superior a 2,0 MPa e as misturas com 7%, 8%, 9% e 10% de cimento superaram o mínimo exigido em norma.

À vista dos valores apresentados para RCS, observa-se um melhor desempenho do material quando comparado com estudos de Novroth (2009), onde apenas as misturas com teores de cimento superiores a 9% obtiveram o valor sugerido de 2,1MPa de resistência, enquanto nesse estudo misturas com 7% de aglomerante já alcançaram essa resistência.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O fato de a mistura ALARC40 não ter atendido a um parâmetro de granulometria, não foi determinante para a continuidade da pesquisa, que seguiu visando verificar o comportamento desta mistura com a adição do cimento. Observou-se um valor razoável de CBR e uma baixa expansão da mistura ALARC40.

Verificou-se melhores valores de resistência à compressão simples nas moldagens com a menor umidade, fenômeno que pode ser explicado considerando que com a adição do cimento, o teor de umidade ótimo de compactação obtido para a mistura ALARC40 tenha sido diminuído para as misturas com cimento, já que com a aglutinação dos grãos provocada pelo aglomerante, a quantidade de água necessária para a mistura atingir a sua massa específica aparente seca máxima é menor.

Desta forma, pôde-se constatar que os teores de cimento e de umidade utilizados nas moldagens são fatores de grande influência nos resultados de RCS. Verificou-se que o aumento gradativo do teor de cimento nas misturas ocasionou, consequentemente, um aumento crescente nos valores de resistência à compressão das amostras. E por fim, conseguiu-se concluir que a mistura com maior viabilidade técnica e econômica para emprego em bases solo-cimento, foi a amostra com 7% de cimento e com teor de umidade de 18,71% (3% abaixo da ótima), já que foi a amostra com o menor teor de cimento a atingir a resistência mínima necessária de 2,1 MPa.

Palavras-chave: Solo-cimento, Materiais alternativos, Resistência à compressão simples.
Keywords: *Soil-cement, Alternative materials, Simple compression strength.*

REFERÊNCIAS

BULIGON, Liliane Bonadiman. **Estudo de misturas de solo argiloso laterítico e resíduo de construção civil para uso em pavimentos econômicos**. 2015. 89 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Ijuí. 2015.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE – CNT. 2017. **Anuário CNT do Transporte – 2017** - Material para a imprensa. Disponível em: . Acesso em: 20 out 2017.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. **Norma DNIT 143/2010 - ES. Pavimentação - base de solo cimento - especificação de serviço**. Rio de Janeiro, 2010. 10p.

QUEIROZ, Claudio Luiz. **Estabilização de misturas de solo argiloso e resíduo de construção civil com cimento Portland para uso em pavimentos.** 2017. 81 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Ijuí. 2017.

NOVROTH, Ricardo Klein. **Estudo da viabilidade técnica e econômica de diferentes aglomerantes para estabilização de solos**. 2009. 55 p. Trabalho de Conclusão de Curso de Engenharia Civil. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul - UNIJUÍ, Ijuí. 2009.

SISTEMA NACIONAL DE VIAÇÃO – SNV. **Rede Rodoviária do PNV – Plano Nacional de Viação**. Atualizada até 30 de março de 2015. Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. 2015.

VILLIBOR, Douglas Fadul; NOGAMI, Job Shuji. **Pavimentos econômicos: tecnologia do uso dos solos finos lateríticos**. São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 292 p. il.

WAYHS, Carlos Alberto Simões Pires. **Estudo de materiais alternativos utilizados em pavimentação de baixo custo na região noroeste do Rio Grande do Sul**. 2004. 104 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: . Acesso em: 19 maio 2017.