Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

ESTUDO DE MISTURAS DE SOLO ARGILOSO LATERÍTICO DO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL E BRITA PARA USO EM PAVIMENTOS ECONÔMICOS – 2ª FASE[1]

Lucas Pufal[2], Carine Norback[3], Mariana Bamberg Amaral[4], Tatiane Thomas Soares[5], Carlos Alberto Simões Wayhs[6], André De Freitas Zwirtes[7].

[1] Pesquisa relacionada ao trabalho de Conclusão de Curso da Egressa Gracieli Borré – UNIJUÍ 2013, continuada e desenvolvida por alunos do curso de Engenharia Civil vinculado ao Grupo de pesquisas institucional da UNIJUÍ: "Pesquisas em Novos Materiais e Tecnologias para Construção".
[2] Graduando do Curso de Engenharia Civil,Bolsista do Programa de Ensino Tutorial - PET, lucaspufal@hotmail.com.
[3] Graduanda do Curso de Engenharia Civil,Bolsista do Programa de Ensino Tutorial - PET
[4] Graduanda do Curso de Engenharia Civil,Bolsista do Programa de Ensino Tutorial - PET
[5] Graduanda do Curso de Engenharia Civil,Bolsista do Programa de Ensino Tutorial - PET
[6] Professor do curso de Engenharia Civil
[7] Graduando do Curso de Engenharia Civil, Bolsista do Programa de Ensino Tutorial - PET

Introdução

O Sistema Nacional de Viação indica que 80% da malha total são compostas de rodovias não pavimentadas, sendo 90% de jurisdição municipal e tendo no Rio Grande do Sul somente 7% de rodovias pavimentadas (DNIT, 2012). O alto custo de exploração e transporte de agregados convencionais utilizados em bases e sub-bases de rodovias e as restrições ambientais impostas inviabilizam qualquer política intensiva de pavimentação, principalmente no âmbito municipal. Sendo assim, cresce o interesse e a necessidade pelo uso dos materiais alternativos. Estes materiais são encontrados próximos ou mesmo as margens das rodovias já implantadas, mas não pavimentadas, que podem ser utilizados em sua pavimentação contribuindo com o crescimento econômico destas regiões e minimizando os impactos ambientais.

Os engenheiros Douglas Fadul Villibor e Job Shuji Nogami desenvolveram uma nova sistemática de ensaios de solos que caracteriza melhor os solos tropicais em seu ambiente. Além disso, passados quase 40 anos da dissertação que Villibor (1974) apresentou sob o título "Utilização de solo arenoso fino na execução de bases para pavimento de baixo custo", que causou enorme impacto no meio científico da área, os autores publicaram em 2009 o livro "Pavimentos Econômicos – Tecnologia do uso dos solos finos lateríticos" que vem a coroar toda uma vida no estudo e desenvolvimento da pavimentação econômica. E neste mesmo livro, Villibor e Nogami (2009) no prefácio dissertaram: "Almeja-se que os conceitos apresentados possam contribuir para o surgimento de novos programas de pesquisa na área de pavimentação no meio científico. Espera-se, também, que contribuam para acelerar a implementação de programas de rodovias vicinais com

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

pavimentação de baixo custo para vias urbanas, algo que o Brasil é extremamente carente". Com este espírito em meados de 2012 propôs-se o projeto de pesquisa denominado "Estudo de Solo Argiloso Laterítico para Uso em Pavimentos Econômicos" vinculado ao Grupo de Pesquisa institucional da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul – UNIJUÍ: "Pesquisa em Novos Materiais e Tecnologias para Construção". Fazendo parte deste projeto e tendo sido tema do trabalho de conclusão de curso da aluna egressa, a presente pesquisa tem como objetivo avaliar o uso de solo argiloso, de caráter laterítico de acordo com a metodologia MCT, proveniente da cidade de Ijuí, em bases e sub-bases de pavimentos econômicos, misturado a brita de basalto de acordo com o estudo geotécnico de solo laterítico – agregado para base com uso da metodologia MCT proposto em Villibor e Nogami (2009). Neste ano de 2014, o Grupo de Pesquisa está dando a continuidade à pesquisa, desta vez, utilizando mistura de solo e brita 2.
De acordo com Villibor e Nogami (2009) "as bases de solo-agregado são usadas em diversos estados brasileiros. No caso de São Paulo, em sua Região Central, seu uso é intenso, pois há abundância de jazidas de solos lateríticos ao lado de pedreiras comerciais que fornecem agregados britados com uniformidade granulométrica, a preços baixos".

Metodologia

A metodologia do trabalho está alicerçada nas seguintes etapas: retirada das amostras de solo, realização de ensaios tradicionais de caracterização e compactação do solo natural, execução de ensaios da Metodologia MCT, definição das proporções de misturas de solo natural com brita de basalto, obtenção de dados de ensaios de abrasão Los Angeles e de sanidade da brita, realização de ensaios de granulometria e de suporte Califórnia (CBR) das misturas.

Resultados e Discussão

A argila vermelha utilizada neste trabalho foi retirada de um corte próximo do prédio do curso de Veterinária, no campus da UNIJUÍ – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, na cidade de Ijuí (RS). A profundidade de extração das amostras foi em torno de 2 metros da superfície, pertencente ao horizonte B do latossolo. A escolha deu-se por ter as características visuais semelhantes dos subleitos da malha viária das estradas vicinais de Ijuí e região. Já as britas de número 1 e de número 2 que foram utilizadas nas misturas, são oriundas de uma pedreira localizada em município próximo a Ijuí, Coronel Barros, distante 16 km, com custo de aquisição em torno de R$ 50,00 por metro cúbico.
Como informado anteriormente, a proposta era estudar várias misturas de solo laterítico agregado descontínuo (SLAD). De pesquisa com o mesmo solo foram utilizados os resultados de ensaios do solo natural (Bernardi et al, 2013) e posteriormente realizados os ensaios com a brita e as misturas SLAD. O solo no estado natural apresentou os valores de 65%, 39% e 26%, respectivamente para limite de liquidez, limite de plasticidade e índice de plasticidade. A massa específica real foi de 2,885 g/cm³. Quanto às classificações de solos tradicionais, a do Sistema Unificado de Classificação de Solos – SUCS – ou Classificação de Casagrande, leva em conta a granulometria, a plasticidade e

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

a presença de matéria orgânica. Por este sistema, a argila vermelha de Ijuí foi classificada como MH – silte elástico. Já segundo o Sistema Rodoviário de Classificação – HRB/AASHTO, o solo é do grupo A-7-5 (18). Segundo DNER (1996), o grupo de solo A-7-5 encerra materiais com índice de plasticidade moderado em relação ao limite de liquidez, podendo ser altamente elástico e sujeito a elevadas mudanças de volume. E indica também que o comportamento do solo como subleito é considerado sofrível a mau.

No Laboratório de Geotecnia e Concreto da Universidade Federal do Rio Grande – FURG foram realizados ensaios para a classificação MCT do solo natural. Os resultados classificaram a argila como solo de comportamento laterítico argiloso – LG' por meio do gráfico de classificação MCT.

PROPRIEDADES	INTERVALOS ADMISSÍVEIS		MÉTODOS DE ENSAIO
OBRIGATÓRIO	IDEAL	ACEITÁVEL	MCT
Grupos MCT	LA, LA',LG'		M5 e M8
Capacidade de Suporte Mini-CBR_{Ho} [%]	> 40	> 30	M2
Expansão sem sobrecarga - Es [%]	< 0,3	< 0,3	
Contração - Ct [%]	0,1 a 0,5	0,1 a 0,8	M3
OPCIONAL	ACEITÁVEL		—
Relação RIS [%]	> 50		—
Coeficiente de Sorção d'água - s [$cm/\sqrt{min}$]	10^{-2} - 10^{-4}		M4
Coeficiente Permeabilidade - k_s [cm/s]	10^{-6} - 10^{-8}		

Valores na Ho da Energia Intermediária do Mini-Proctor

Tabela 1. Valores admissíveis para solos finos

Analisando os valores admissíveis para solos finos como recomendado por Villibor e Nogami (2009) de acordo com Tabela 1 e os valores para o solo estudado dos ensaios de mini-CBRHo (na

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

umidade ótima na energia intermediária), mini-CBRis (imerso sem sobrecarga) expansão sem sobrecarga e relação RIS, percebe-se que o valor de 31% para o Mini-CBRHo se enquadra na condição aceitável > 30%, nos intervalos admissíveis dado por Villibor e Nogami (2009), como apresentado na Tabela 1. Já a expansão de valor 0,14% se enquadrou na condição ideal, com um valor bem abaixo do recomendado. Outro fator opcional é a Relação RIS que apresentou 67,7% se enquadrando na opção aceitável. Oportunamente será realizado o ensaio de contração do solo natural.

Por outro lado, Villibor e Nogami (2009) recomendam que o agregado britado deva atender a características de resistência dos grãos e de granulometria. Para a primeira, o resultado do ensaio de abrasão Los Angeles deve ser menor de 50% e para a segunda característica a brita deve atender os requisitos de 100% passando na peneira 1" e no máximo 10% passando na peneira de 2 mm. Foi realizado na Universidade Federal de Santa Maria o ensaio de Abrasão Los Angeles, apresentando 10,85% de perda de material graúdo, resultado muito abaixo do mínimo recomendado. Além disso apresentou perda de 1,41% do material graúdo no ensaio de sanidade (ensaio de durabilidade pelo emprego de sulfato de sódio). Já ao analisar a curva granulométrica observa-se que as duas britas atendem ao recomendado quanto a granulometria.

Além disso, Villibor e Nogami (2009) propuseram uma faixa granulométrica que misturas SLAD devam atender. Percebeu-se que todas as misturas SLAD atendem a peneira de 1". Na peneira 3/8" a mistura SLAD 70% B1 e as misturas SLAD 60% B2 e 65% B2 não atendem a faixa. Na peneira 10 a mistura SLAD 70% B1 e a mistura SLAD 65% B2 não atendem a faixa. Já nas peneiras 40 e 200 nenhuma das misturas SLAD B1 e B2 atendem a faixa recomendada.

Analisando as curvas de compactação do solo natural e das misturas SLAD na energia modificada, percebe-se tanto para o solo natural como para as misturas que com o aumento da energia de compactação os valores do peso específico aparente seco máximo aumentam e diminui a umidade ótima, comportamento esperado, assim como para todas as misturas SLAD de ambas as britas, com o aumento do teor de brita ocorreu um aumento do peso específico aparente seco máximo e uma diminuição da umidade ótima, ratificando um resultado também esperado.

Comparando os resultados obtidos do ensaio de compactação na energia modificada para a argila estudada por Couto (2009) que obteve os valores de 16,05 kN/m³ e 25,40 % para a PEASmax e umidade ótima percebe-se a pequena diferença, porém indicando um comportamento um pouco melhor quanto a compactação desta argila em relação a de Ijuí. Já o Índice de Suporte Califórnia (ISC) do solo natural na energia normal foi de 10% e expansão de 0,22%. De acordo com a especificação DNIT-ESP-137/2010, o solo para ser utilizado como subleito não deve apresentar expansão maior que 2%. Já na especificação DNIT-ESP-138/2010, o solo para ser utilizado como reforço de subleito não deve apresentar expansão maior que 1%. Portanto, o solo natural de Ijuí atende as duas especificações que indicam sua utilização como subleito e como reforço do subleito. Para a energia intermediária e modificada obteve-se os valores de ISC e expansão para o solo natural de 21% e 0,30% e 28% e 0,54%, respectivamente. O DNIT nas suas especificações estabelece que o ISC do solo deva ser maior que 60% ou 80%, dependendo do tráfego para uso em

Modalidade do trabalho: Relato de experiência
Evento: XXII Seminário de Iniciação Científica

bases. O solo natural e a as misturas SLAD 60% B1 e 65% B1 e 55% B2 não atendem ao especificado para uso em bases. Já Villibor e Nogami (2009) recomendam os valores de 60 e 80% respectivamente para um tráfego Nt maior que 5 x106 e para Nt entre 5 x106 a 107. Para os dois volumes de tráfego a expansão deve ser menor que 0,3%. Percebe-se que as misturas SLAD 70% B1 e 60% (praticamente) e 65% B2 atendem o recomendado quanto aos valores de ISC, como também quanto aos valores de expansão. Couto (2009) obteve o valor máximo de 60% para o ISC na proporção de 60% brita.

Conclusões

Os resultados indicam que as misturas SLAD com o solo argiloso laterítico estudado nas proporções recomendadas de 40%, 45% e 50% por Nogami e Villibor não atendem tanto ao especificado para o DNIT como para o recomendado por Villibor e Nogami. Imagina-se que os baixos valores de ISC ocorrem devido aos grãos de brita ainda estarem imersos na massa de solo e não estarem em contato entre si. Já as misturas SLAD 70% B1 e 60% e 65% B2 atenderam. Couto (2009) observou que o valor de 60 % para o CBR na umidade ótima para a mistura de 60% de brita, resultado que atenderia as especificações do DNIT para tráfego menor e também atenderia o recomendado por Nogami e Villibor para tráfego Nt entre 5 x106 a 107. A utilização destas misturas são soluções ambientais corretas, já que os materiais utilizados são facilmente adquiridos e economicamente mais vantajosos, atendendo quase todas as especificações estabelecidas e podendo ser aplicadas em rodovias de médio e baixo tráfego. Como continuidade da pesquisa serão estudadas novas misturas SLAD com brita 2, brita 3-4 e pedrisco para que efetivamente possa se avaliar quais teores de brita atendem ao valor mínimo de 60% ou 80% para ISC quando misturados com o solo da região.