

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

EMPREGO DE SOLOS LATERÍTICOS DO NOROESTE DO RIO GRANDE DO SUL EM PAVIMENTAÇÃO ECONÔMICA¹
EMPLOYMENT OF NORTHWEST SOILS OF RIO GRANDE DO SUL IN ECONOMIC PAVEMENT

**Gabriela Almeida Bragato², Claudio Luiz Queiroz³, Bruna Thays Uhde⁴,
Anna Paula Sandri Zappe⁵, Carlos Alberto Simões Pires Wayhs⁶**

¹ Pesquisa do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, integrante do projeto de pesquisa institucional da UNIJUI "Estudo de Solo Argiloso Laterítico para Uso em Pavimentos Econômicos" pertencente ao Grupo de Pesquisa em Novos Materiais e Tecnologias para a Construção

² Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, gabibragato16@gmail.com

³ Aluno do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, claudioqueiroz@hotmail.com

⁴ Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, brunauhde@hotmail.com

⁵ Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET, paulinha.zappe@hotmail.com

⁶ Professor Mestre, do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, Orientador, carlos.wayhs@unijui.edu.br

Introdução

Segundo o Sistema Nacional de Viação, publicado em sua versão completa no início de 2016, de um total de mais de 1,72 milhões de quilômetros de rodovias, impressionantes 78,6 % são não pavimentadas. O quadro consegue ser pior ao analisar a situação das estradas municipais, onde 92,2 % não são pavimentadas (DNIT, 2016). Como alternativa para modificar este quadro, e reduzir os custos de implantação de rodovias, surgiram conceitos de pavimentos econômicos, que substituem materiais tradicionalmente utilizados na pavimentação por outros alternativos.

Conforme Villibor e Nogami (2009), um pavimento pode ser considerado de baixo custo quando, dentre outras possibilidades, diminuir o custo com a utilização de bases constituídas de solos in natura ou em misturas com custos substancialmente inferiores às bases e sub-bases convencionais, tais como: brita graduada, solo cimento, macadame hidráulico ou macadame betuminoso.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento de solos lateríticos para uso em bases e sub-bases de pavimentos econômicos como material natural ou em mistura com agregado miúdo (areia, areia industrial, pó de pedra ou resíduos miúdos) ou com agregado graúdo (brita ou resíduos graúdos). Estas pesquisas são parte do projeto de pesquisa institucional do curso de Engenharia Civil da UNIJUI denominado "Estudo de Solo Argiloso Laterítico para Uso em Pavimentos Econômicos", vinculado ao grupo de pesquisa em Novos Materiais e Tecnologias para a Construção.

Metodologia

Neste item apresentam-se para a pesquisa relatada as diferentes metodologias utilizadas, os

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

materiais empregados e as proporções de materiais e solo adotadas nas misturas. A metodologia para pesquisa da classificação MCT, desenvolvida por Villibor e Nogami (2009), foi elaborada especialmente para a classificação de solos tropicais e separa os solos em dois grandes grupos: solos de comportamento laterítico, designados pela letra L, e solos de comportamento não laterítico, designados pela letra N. Os solos de comportamento laterítico são subdivididos em 3 grupos: LA - areia laterítica; LA' - solo arenoso laterítico; e LG' - solo argiloso laterítico. Já os solos de comportamento não laterítico são subdivididos em 4 grupos: NA, NA', NS' e NG'.

Existem dois procedimentos classificatórios distintos fornecidos pela metodologia MCT, sendo eles: metodologia MCT Original, composta pelos ensaios Mini-MCV (denominado M5) e Perda de Massa por Imersão (denominado M8); e metodologia MCT Expedita, também denominada Método das Pastilhas, realizada através da moldagem de pastilhas de 20 mm de diâmetro interno e 5 mm de altura.

A metodologia para a pesquisa das misturas ALA se divide em definição do teor de agregado nas misturas, ensaios de caracterização e da metodologia MCT e análise dos resultados comparando com os critérios de aceitação da metodologia MCT. Estes critérios para aprovação de uma mistura ALA são: o solo deve ser laterítico, portanto pertencer a um dos grupos LG', LA' e LA; mini-CBR sem imersão não menor que 40 %; expansão com sobrecarga padrão não maior que 0,3 %; perda de suporte por imersão (PSI) inferior a 50 %; contração axial entre 0,1 e 0,5 %; coeficiente de sorção d'água entre 10-2 a 10-4 cm/v/min; e coeficiente de permeabilidade entre 10-6 a 10-8 cm/s.

As amostras ensaiadas e analisadas foram nomeadas de acordo com o agregado miúdo utilizado, sendo assim: ALA para misturas com areia natural, ALAI para misturas com areia industrial e ALARCC para misturas com resíduo de construção civil. Os teores utilizados seguiram o especificado por Villibor e Nogami (2009), com agregado fino em peso de 20%, 30% e 40% misturado com o solo retirado do Campus da UNIJUI na cidade de Ijuí.

A areia natural utilizada é uma areia aluvial de graduação média a fina de baixo preço aquisitivo na região, procedente de Santa Maria. A areia industrial é produto da trituração de rochas, tendo grãos mais finos que pó de pedra, e procede de pedreira de Passo Fundo. Já o RCC (resíduo de construção civil) procede da empresa RESICON, empresa sediada em Santa Rosa, especializada em processamento de resíduos da construção civil.

A metodologia para a pesquisa das misturas SLAD se divide em definição do teor de agregado nas misturas ALA, ensaios de caracterização e da metodologia MCT e análise dos resultados comparados com os critérios de aceitação da metodologia MCT. Estes critérios para aprovação de uma mistura SLAD são: para o solo os mesmos critérios citados para as misturas ALA; as misturas devem se enquadrar em faixa granulométrica apresentada em Villibor e Nogami (2009) para misturas SLAD; ISC não menor que 60 % ou 80 % conforme o tipo de tráfego e expansão não maior que 0,3 %; ISC para compactação na energia modificada quando a abrasão Los Angeles não maior que 60 % e para energia intermediária quando a abrasão Los Angeles estar entre 60 e 70 %; contração axial entre 0,1 e 0,5 %; coeficiente de sorção d'água entre 10-2 a 10-4 cm/v/min; e coeficiente de permeabilidade entre 10-6 a 10-8 cm/s.

Nesta pesquisa utilizou-se o mesmo solo do campus da UNIJUI e os materiais britados das misturas foram oriundos de uma pedreira localizada em Coronel Barros. Após a coleta dos materiais e a preparação das misturas, os ensaios laboratoriais foram realizados seguindo suas respectivas normativas. Estudaram-se inicialmente misturas de solo e brita 1, brita 2 e um mistura de brita 1 e 2. Na sequência analisou-se misturas com adição de brita graduada. Villibor e Nogami

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

(2009) sugerem misturas entre 40 e 50 % de agregado graúdo, porém não se obteve sucesso em todas as misturas, adotando-se conseqüentemente percentuais maiores.

A metodologia para a pesquisa dos SAFL foi organizada pelas seguintes etapas: escolha dos locais de retirada das amostras de solo, realização de ensaios tradicionais de caracterização e compactação dos solos, execução de ensaios da classificação e da metodologia MCT e análise dos resultados comparados com os critérios de aceitação da metodologia MCT. Estes critérios para aprovação de um solo SAFL são os mesmos apresentados para as misturas ALA.

Os ensaios de caracterização deste solo foram realizados no Laboratório de Engenharia Civil da UNIJUI (LEC) e os ensaios da metodologia MCT no Laboratório de Engenharia Civil da FURG – Fundação Universidade Federal de Rio Grande. A região de retirada das amostras foi escolhida por ser indicada em outras bibliografias como provável jazida de SAFL. O primeiro solo selecionado para esta pesquisa foi retirado do município de Tupanciretã (RS) designado solo Tupã, o segundo foi retirado do município de Jóia (RS) denominado solo Jóia e o terceiro solo foi retirado de Capão do Cipó, denominado solo Cipó, porém não se enquadrou como SAFL, por isso não serão apresentados a maioria de seus resultados neste trabalho.

Resultados e discussão

Para a pesquisa da metodologia MCT, foram classificadas 3 amostras de diferentes solos, além de 9 misturas que utilizam o solo do Campus da UNIJUI. Utilizando a metodologia MCT Expedita foram classificadas 12 solos e 6 misturas utilizadas pelo projeto de pesquisa, em que se misturam o solo argiloso do Campus UNIJUI com agregados finos nas proporções em peso de 20, 30 e 40%. Os resultados das classificações estão apresentados na Tabela 01.

Tabela 01 – Resultados das classificações MCT

Amostras	Classificação MCT Original	Classificação MCT Expedita
Ajuricaba	LG'	NG'
Campus Ijuí	LG'	LG'
Capão do Cipó	LG'	LG'
Jóia	-	LA' - LG'
Palmeira das Missões	-	LG'
Santa Rosa	-	LG'
Tupanciretã	-	LA' - LG'
Mistura ALA 20%	LG'	LG'
Mistura ALA 30%	LG'	LG'
Mistura ALA 40%	LA'	LG'
Mistura ALAI 20%	LG'	LG'
Mistura ALAI 30%	LG'	LG'
Mistura ALAI 40%	LA'	NA'/(NG' - NS')
Mistura ALARCC 20%	LG'	-
Mistura ALARCC 30%	LG'	-
Mistura ALARCC 40%	LA'	-
Ponto 1 – BR 377	-	LG'
Ponto 2 – BR 377	-	LG'
Ponto 3 – BR 377	-	LG'
Ponto 4 – BR 377	-	LG'
Ponto 5 – BR 377	-	LG'

É recomendado adotar a classificação fornecida pela metodologia MCT Original quando ocorrem diferenças entre as duas metodologias. O método Expedito é considerado preliminar, indicado

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

para identificação rápida de solos quando se deseja um resultado imediato, não dispensando a realização dos ensaios da metodologia Original para uma classificação precisa.

Para a pesquisa das misturas ALA, foram realizados ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, onde puderam ser feitas as classificações dos materiais de acordo com o Sistema Unificado de Classificação de Solo (SUCS) e pela Classificação Rodoviária HRB/AASHTO. De acordo com SUCS o solo natural ficou classificado como MH, as misturas ALA como ML, ALAI30 e ALAI40% como CL, ALAI20% como ML e as misturas ALARCC como CL. Pela classificação Rodoviária as misturas ALA30% e ALA40% foram classificadas como A-5 com índice de grupo de 9 e 4, ALAI40% compoendo o grupo A-6(10), o solo e as misturas ALA20% e ALAI20% encontram-se no grupo A-7-5 com índice de grupo correspondente de 18, 9 e 9, a mistura ALAI30% se enquadra no grupo A-7-6 (11), juntamente com as misturas ALARCC20%, ALARCC30% e ALARCC40% com respectivos índices de grupo de 11, 15, 15 e 13.

As compactações foram realizadas em três energias diferentes: normal, intermediária e modificada. Percebe-se uma tendência de redução na umidade ótima e aumento do peso específico aparente seco máximo com o aumento da energia utilizada, e a mesma tendência se apresenta com o aumento dos agregados miúdos nas misturas. Quanto ao ensaio de Índice Suporte Califórnia (ISC) nota-se tendência de aumento do índice de acordo com aumento dos teores de agregados miúdos e também com aumento das energias de compactação utilizadas.

Para a pesquisa das misturas SLAD, após classificado, o solo no estado natural apresentou os valores de 65%, 39% e 26%, respectivamente para limite de liquidez (LL), limite de plasticidade (LP) e índice de plasticidade (IP), resultados maiores que os indicados pela especificação DNER - ES 303/97. A massa específica real foi de 2,885 g/cm³.

No ensaio de sanidade, o material britado apresentou perda de 1,41% do material graúdo, o que é um valor extremamente baixo comparando com as especificações para uso em bases e sub-bases. O ensaio de Abrasão Los Angeles apresentou 10,85% de perda de material graúdo, resultado muito abaixo do mínimo recomendado por Nogami e Villibor (2009) de 50%, sinalizando ótima qualidade quanto a resistência dos grãos.

Para adequar as misturas à NBR 7181/84, foi removido todo o material britado retido na peneira 3/4". Também do material pétreo, foi desprezado o passante na peneira de nº 4. Por este motivo a mistura não se adequa à faixa C do DNIT.

No ensaio de compactação para as misturas SLAD, os resultados mostraram que com o aumento do teor de brita ocorreu um aumento do peso específico aparente seco máximo e uma diminuição da umidade ótima. No ensaio de Índice de Suporte Califórnia na energia modificada para o solo natural, obteve-se os valores de ISC e expansão de 28% e 0,54%, respectivamente. Já para as misturas SLAD 50%, 60% os valores de ISC obtidos foram 38,6% e 83,3% e as expansões foram de 0,25 e 0,07, também na respectiva ordem, indicando que a mistura SLAD 60 % tenha comportamento satisfatório. Ressalta-se que no ano de 2014 obteve-se comportamento satisfatório para a mistura SLAD 70 % com brita 1 SLAD 80 % com brita 2, já com pedrisco não se chegou a comportamento razoável em nenhuma das misturas.

Na pesquisa dos SAFL, em relação aos dados obtidos dos limites de liquidez e plasticidade, o solo de Cipó apresentou 40% de limite de liquidez (LL) e 11% de índice de plasticidade (IP), a amostra de Jóia apresentou 25% LL e 10% IP e o solo de Tupã possui 22% LL e 9% IP. As curvas granulométricas foram inseridas no gráfico da faixa granulométrica recomendada por Villibor e Nogami (2009) e percebeu-se o enquadramento total das curvas de Jóia e Tupã na sobreposição à

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

faixa granulométrica recomendada a bases de SAFL. O solo Cipó somente na graduação mais fina fica fora da faixa. Quanto às classificações de solos tradicionais, o Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS), os solos de Jóia e Tupanciretã foram classificados como SC e o Cipó na interface ML - CL. Já a classificação de solos HRB - AASHTO mostra o solo Cipó como A-6, Jóia como A-4 e Tupã como solo A-2-4.

Quanto à compactação o solo Tupã, Jóia e Cipó apresentaram um aumento da massa específica aparente seca máxima e uma diminuição da umidade ótima com o aumento da energia de compactação. Porém, chama atenção os altos valores de massa específica aparente seca máxima de 18,1 kN/m³ dos solos Jóia e Tupã comparada com o 15,3 kN/m³ do solo Cipó e dos valores dos solos típicos da região de Ijuí, Santo Ângelo e Santa Rosa, por volta de 14 kN/m³, todos executados na energia normal. Os valores do Índice de Suporte Califórnia também conhecido como CBR do solo de Tupã apresentaram resultados superiores, na energia intermediária e modificada, aos do solo Jóia.

Na Tabela 02 encontram-se compilados os critérios de aceitação para o uso de base e sub-base com seus valores mínimos e máximos, juntamente com os resultados obtidos para os solos de Jóia e Tupã. Como pode ser observado, os resultados do solo Tupã foram aceitos em todos os quesitos analisados. Já o solo Jóia excedeu a contração máxima em 0,38%. Os ensaios de Infiltrabilidade e Penetrabilidade não puderam ser realizados, pois o LEC ainda não está em condições operacionais de execução destes dois ensaios.

Tabela 02 - Compilação de critérios de aceitação

Exigências mecânico hidráulicas	Valores admissíveis	Solo Jóia	Solo Tupã
Mini-CBR sem imersão	≥ 40%	41%	40%
Perda de suporte por imersão	≤ 50%	39%	25%
Expansão com sobrecarga padrão	≤ 0,3%	0,14%	0,08%
Contração	0,1% a 0,5%	0,88%	0,45%
Coefficiente de infiltração	10 ⁻² a 10 ⁻⁴	-	-

Conclusões

Baseando-se nos resultados obtidos, conclui-se que é possível a utilização de solos lateríticos da região noroeste do estado tanto em sua forma natural, quanto em misturas envolvendo agregados graúdos e miúdos em bases e sub-bases de pavimentos, enquadrando-se, portanto, no conceito de pavimentos econômicos definido por Villibor e Nogami (2009). Espera-se, dessa maneira, constituir um banco de dados com solos e misturas para emprego na pavimentação, almeja-se que o emprego contínuo dos respectivos materiais tenha efeitos positivos na redução do déficit do cenário rodoviário brasileiro, através da construção de obras mais acessíveis economicamente.

Palavras-Chaves: Pavimentos econômicos; Metodologia MCT; Bases e sub-bases.

Keywords: Economic flooring; MCT methodology; Bases and sub-bases.

Referências

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE - CNT. (2016). **Anuário CNT do Transporte - 2016** - Material para a imprensa. Site file:///C:/Users/EngºCarlosAlberto/Documents/Pesquisa%20UNIJUI/Bibliografia%20Pesquisa/MaterialImprensa%20Anuário%20CNT%202016.pdf

Evento: XXV SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. SNV 2015 completo. Disponível em: < <http://www.dnit.gov.br/sistema-nacional-de-viacao/pnv-1994-2009> >, Acesso em: 03 jan. 2016.

VILLIBOR, D. F.; NOGAMI, J. S. (2009) **Pavimentos Econômicos: tecnologia do uso dos solos finos lateríticos**, São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 291 p.