

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

**ESTÁGIO ATUAL DA PESQUISA POR SOLOS ARENOSOS FINOS  
LATERÍTICOS NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO  
SUL PARA USO EM PAVIMENTOS ECONÔMICOS<sup>1</sup>  
CURRENT STAGE OF RESEARCH FOR NEW LATERITIC FINE SANDY  
SOILS IN THE NORTHWEST REGION OF THE STATE OF RIO GRANDE DO  
SUL FOR USE ON ECONOMICAL PAVIMENTS**

**Taciane Pedrotti Fracaro<sup>2</sup>, Arthur Baggio Pietczak<sup>3</sup>, Fernanda Maria  
Jaskulski<sup>4</sup>, Thalia Klein Da Silva<sup>5</sup>, André Luiz Bock<sup>6</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias, pertencente ao grupo PET-Engenharia Civil

<sup>2</sup> Aluna do curso de Engenharia Civil da Unijuí, Bolsista PET, taci\_fracaro@hotmail.com

<sup>3</sup> Aluno do curso de Engenharia Civil da Unijuí, Bolsista PET, arthurpietczak@gmail.com

<sup>4</sup> Aluna do curso de Engenharia Civil da Unijuí, Bolsista PET, fernandaj18@hotmail.com

<sup>5</sup> Aluna do curso de Engenharia Civil da Unijuí, Bolsista PET, thalia\_klein@hotmail.com

<sup>6</sup> Professor Doutor, do Curso de Graduação em Engenharia Civil da Unijuí, orientador

Construir vias de transportes é uma atividade muito importante desde as remotas civilizações, estimulada por razões de ordem econômicas, junção regional e de cunho militar. Pavimentar estas vias propicia a preservação e adequação dos caminhos (BALBO, 2007). Pesquisas realizadas pela Confederação Nacional do Transporte-CNT no ano de 2017, mostra que de 1.720.700,61 km de extensão das rodovias brasileiras, 78,5% não são pavimentadas, 12,4% são pavimentadas e 9,1% planejadas. Das rodovias não pavimentadas, 147.838,3 km (69,3%) são estaduais transitórias, estaduais ou municipais. Estes dados estão diretamente relacionados a escassez de recursos públicos e aos altos custos de materiais convencionalmente utilizados na pavimentação (CNT, 2016).

De acordo com Wayhs (2004), nestes tempos de escassez de recursos financeiros, e com as reclamações sociais pelo aumento da qualidade e condições das vias, a pavimentação de estradas com a utilização de materiais alternativos, mais abundantes e econômicos, tornase cada vez mais necessária. Para Villibor e Nogami (2009) o uso de bases de baixo custo tem vantagens ambientais, além dos benefícios econômicos, pois as jazidas são de ocorrências naturais, permitindo a fácil obtenção e recuperação das áreas exploradas, diminuindo o dano ambiental, além de substituir os materiais utilizados em bases tradicionais, como agregados britados e cimento, que tem alto valor de exploração e degradação das áreas exploradas. Os mesmos autores descrevem que o uso de bases de Solos Arenosos Finos Lateríticos (SAFL), material de ocorrência natural, é uma alternativa para a redução dos custos do pavimento. Devido a isso o seguinte trabalho busca estudar quatro amostras de solo proveniente das cidades de Boa Vista do Cadeado, Boa Vista do Incra, Cruz Alta e Santa Bárbara do Sul para uso em bases e sub-bases de pavimentos econômicos no estado natural, avaliando seu comportamento de acordo com as metodologias tradicionais e a metodologia MCT.

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

## METODOLOGIA

A metodologia adotada contempla a obtenção de amostras do solo, caracterização dos solos através de ensaios de caracterização geotécnica (análise granulométrica, massa específica dos grãos e limites de Atterberg) e da metodologia MCT (mini-Proctor (M1), mini-CBR e expansão (M2), contração (M3), permeabilidade e infiltrabilidade (M4), mini-MCV (M5), perda de massa por imersão (M8), classificação geotécnica MCT (M9), apresentação e análise de resultados.

As amostras de solo foram retiradas das cidades de Boa Vista do Cadeado, Boa Vista do Incra, Cruz Alta e Santa Bárbara do Sul. Bernucci et al. (2008) em seu livro relata algumas especificações para o uso de solo arenoso fino laterítico (SAFL) em bases e sub-bases de pavimentos. Os autores recomendam que utilize para estes solos a metodologia MCT (Nogami e Villibor, 1981,1995) para a escolha do material. Os mesmos autores descrevem que o solo deve pertencer às classes de comportamento laterítico LA, LA' ou LG' pela classificação MCT. Na Tabela 1 apresenta-se os valores recomendados por Villibor e Nogami (2009) para solos para uso em bases de SAFL.

| Exigências mecânicas e hidráulicas  | Valores admissíveis                             | Método de ensaio |
|---|---|------------------|
| Mini-CBR sem imersão  | $\geq 40\%$                                     | DER-ME 192-88    |
| Perda de suporte no mini-CBR por imersão em relação ao mini-CBR sem imersão | $\leq 50\%$                                     | DER-ME 192-88    |
| Expansão com sobrecarga padrão  | $\leq 0,3\%$                                    | DER-ME 192-88    |
| Contração   | 0,1% a 0,5%                                     | DER-ME 193-88    |
| Coefficiente de infiltração   | $10^{-2}$ a $10^{-4}$ cm $\sqrt{\text{minuto}}$ | DER-ME 194-88    |

Obs.: A energia de compactação neste caso é a intermediária, e o corpo-de-prova deve estar na umidade ótima e 100% de grau de compactação (DER-ME 191-88).

Tabela 1: Valores recomendados para Bases de SAFL.

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da granulometria observou-se que a porcentagem de material passante na peneira nº 200 (0,075 mm) para todas as amostras é superior a 35% de seus grãos, caracterizando solos finos. Sendo que a amostra que apresentou maior quantidade de finos (Silte + Argila) foi a de Cruz Alta com 64,64% seguida da amostra de Boa Vista do Incra com 51,78%, Boa Vista do Cadeado com 43,49% e Santa Bárbara do Sul com 49,1%. A partir destes resultados, foi analisado o enquadramento na faixa granulométrica recomendada para bases de SAFL. Como se pode perceber, na Figura 1, a amostra que mais se enquadrou dentro da faixa recomendada foi a amostra de Santa Bárbara do Sul.

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

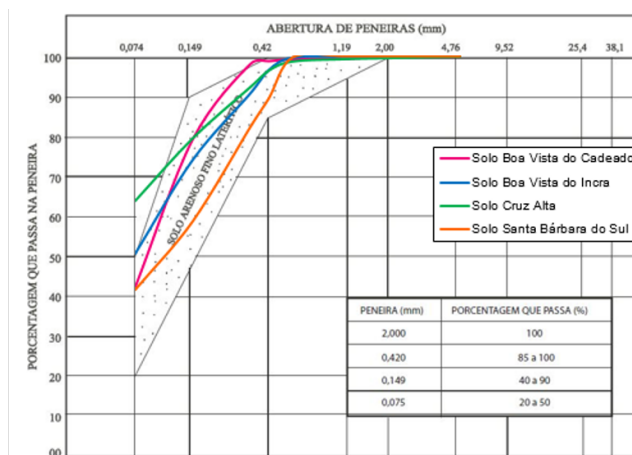


Figura 1: Resultado da faixa granulométrica recomendada para bases SAFL

Para os limites de Atterberg a amostra de Cruz Alta obteve o maior valor de limite de liquidez  $LL=42$  (%), devido a maior quantidade de argila na sua granulometria, seguido pela amostra de Boa Vista do Incra com  $LL=39$ %. Já as amostras de Boa Vista do Cadeado e Santa Bárbara do Sul obtiveram valores menores, sendo esses respectivamente 30% e 26%. Todas as amostras obtiveram  $LL < 50$  característico de solos finos pouco compressíveis.

Em relação ao índice de plasticidade as quatro amostras obtiveram valores próximos, sendo esses, para Boa Vista do Cadeado  $IP=13$ %, Boa Vista do Incra  $IP=14$ %, Cruz Alta  $IP=11$ % e Santa Bárbara do Sul  $IP=13$ %. A partir da granulometria e dos limites de consistência efetuou-se a classificação dos solos pelo SUCS e HRB/AASHTO como mostra a Tabela 2.

| CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS |      |            |    |
|-------------------------|------|------------|----|
| Solo                    | SUCS | HRB/AASHTO | IG |
| Boa Vista do Cadeado    | SC   | A-6        | 2  |
| Boa Vista do Incra      | CL   | A-6        | 5  |
| Cruz Alta               | CL   | A-7-5      | 7  |
| Santa Bárbara do Sul    | SC   | A-6        | 3  |

Tabela 2: Classificação das amostras

No Sistema Unificado de Classificação de Solo (SUCS), as amostras de Boa vista do cadeado e Santa Bárbara do Sul foram classificadas como SC (Areia argilosa), pois apresentam mais do que 50% de material retido na peneira nº 200, característico de solo grosso. As amostras de Cruz Alta e Boa Vista do Incra foram classificadas como CL (argila de baixa e média plasticidade - Argilas arenosas, pedregulhosas e siltosas), pois apresentam mais de 50% de material passante na peneira nº200, características de solo fino.

De acordo com o Sistema Rodoviário de Classificação (HBR/AASHTO) as amostras de Boa Vista do Cadeado e Santa Bárbara do Sul foram classificadas como A-6 (solos argilosos), que segundo DNIT (2006) são solos argilosos plásticos, incluindo misturas de solos finos argilosos, podendo conter até 64 % de areia e pedregulho, características importantes desse tipo de solo são a elevada

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

mudança de volume entre os estados seco e úmido e apresentam índices de grupo variando de 1 a 16. A amostra de Boa Vista do Incra classificou-se como A-6 e o solo de Cruz Alta classificou-se como A 7-5 que segundo o DNIT (2006) é um subgrupo composto por materiais com índice de plasticidade moderado em relação ao limite de liquidez, conseguindo ser altamente elástico e sujeito a elevadas mudanças de volume, o solo tipo deste grupo é semelhante ao A-6 apenas diferenciando pelos seus altos valores de limite de liquidez. Na Figura 2 estão apresentados os resultados inseridos no gráfico da classificação MCT.

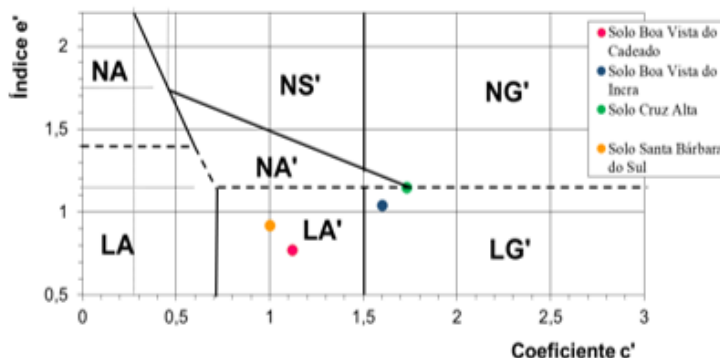


Figura 2: Gráfico da classificação MCT

A partir do gráfico da Classificação MCT, é possível perceber que o solo de Boa Vista do Cadeado e Santa Bárbara foram classificados como LA' - Solos arenosos ou areno-argilosos e os solos de Cruz Alta e Boa Vista do Incra foram classificados como LG' - Solo Laterítico Argiloso. Analisando os resultados dos demais ensaios, pode-se notar, na Tabela 3, que nenhuma das amostras foi aceita em todos os critérios de aprovação. Isso se deve principalmente ao fato de que os resultados do Mini-CBR foram muito baixos em todas as amostras, o que leva a acreditar que houve algum erro de calibração no anel dinamométrico. Considerando os demais critérios o Solo de Boa Vista do Incra foi o que melhor se enquadrou. Todos os solos ficaram dentro dos critérios nos quesitos de Infiltrabilidade e Permeabilidade.

| Propriedades                              | Intervalos admissíveis | Resultados                |                         |                |                           |
|---|------------------------|---------------------------|-------------------------|----------------|---------------------------|
|   |                        | Solo Boa Vista do Cadeado | Solo Boa Vista do Incra | Solo Cruz Alta | Solo Santa Bárbara do Sul |
| Grupos MCT                                | LG', LA', LA           | LA'                       | LG'                     | LG'            | LA'                       |
| Capacidade de Suporte Mini-CBR $I_{10}^*$ | $\geq 40\%$            | 14,70                     | 12,20                   | 23,10          | 15,40                     |
| Expansão com sobrecarga padrão            | $\leq 0,3\%$           | 0,27                      | 0,21                    | 0,55           | 0,09                      |
| Relação RIS                               | $\geq 50\%$            | 86,00                     | 81,00                   | 46,00          | 77,00                     |
| Perda de Suporte por Imersão PSI          | $\leq 50\%$            | 14,00                     | 19,00                   | 54,00          | 23,00                     |
| Contração Axial                           | 0,1% a 0,5%            | 0,91                      | 0,43                    | 0,40           | 0,52                      |
| Coefficiente de Sorção                    | $10^{-2}$ a $10^{-4}$  | $10^{-3}$                 | $10^{-3}$               | $10^{-3}$      | $10^{-3}$                 |
| Coefficiente de permeabilidade            | $10^{-6}$ a $10^{-8}$  | $10^{-4}$                 | $10^{-4}$               | $10^{-5}$      | $10^{-5}$                 |

Figura 3: Critério de aceitação

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

#### CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme os critérios de aceitação da metodologia MCT, referente a propriedades mecânicas e hídricas das amostras compactadas na energia intermediária de compactação mini-Proctor, nenhuma das misturas foi aceita em todos os critérios. Porém todas as amostras apresentaram comportamento laterítico bem definido conforme a classificação MCT.

A partir dos resultados encontrados e suas respectivas análises podemos concluir que os melhores resultados foram primeiramente a amostra de Boa Vista do Incra, seguida das amostras de Boa Vista do Cadeado e Santa Bárbara do Sul, já a amostra de Cruz Alta apresentou os piores valores.

Dessa forma, para a confirmação de que nenhuma das amostras podem ser utilizadas de forma natural como base de pavimentos, seria necessário que o ensaio de Mini-CBR fosse realizado em prensa automática para comparação dos resultados, o que não pode ser executado em função do LEC - UNIJUI não dispor desse ou outro aparelho para essa finalidade.

Mesmo com o resultado não satisfatório esta pesquisa serve para que em breve seja possível o mapeamento das ocorrências deste tipo de solo na região noroeste, podendo auxiliar o meio acadêmico e profissional para o planejamento e construção de obras de engenharia.

Palavras-chave: Pavimentação. Materiais alternativos. Solo arenoso fino laterítico

Keywords: Paving. Alternative materials. lateritic fine sandy soil.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BALBO, José Tadeu. Pavimentação asfáltica: materiais, projeto e restauração. São Paulo: Oficina de Textos, 2007. 558p.

BERNUCCI, LiediBariani et al. Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008. 504 p.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DO TRANSPORTE. Plano CNT de transporte e logística 2018. Brasília: CNT, 2018. 639p.

VILLIBOR, Douglas Fadul; NOGAMI, Job Shuji. Pavimentos econômicos: Tecnologia do uso dos Solos Finos Lateríticos. São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 295 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. 104f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: . Acesso em: 08 set. 2018.