

ESTUDO COMPARATIVO DE DIFERENTES SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÕES GEOTÉCNICAS APLICADAS A SOLOS DO MUNICÍPIO DE ALTA FLORESTA – MT

Adrielle Souza Prass

Ana Elza Dalla Roza

Willian Martins dos Santos

Barbara Gama S. dos Santos

Flávio Alessandro Crispim

Universidade do Estado de Mato Grosso
Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas

RESUMO

A classificação geotécnica é essencial para que o profissional conheça as propriedades dos solos e o seu comportamento. No Brasil os métodos de classificação mais utilizados são os SUCS (Sistema Unificado de Classificação dos Solos), TRB (*Transportation Research Board*), criados em climas temperados. A divergência entre os resultados dessas classificações com o encontrado em campo fez com que fosse proposto por Nogami e Villibor uma nova metodologia para os solos que possuem as peculiaridades dos solos tropicais, a classificação MCT. Com isso esta pesquisa visa comparar os métodos de classificação SUCS e TRB com a metodologia MCT. Quando comparadas a classificação MCT com a classificação SUCS e TRB apenas 2 amostras apresentaram compatibilidade.

ABSTRACT

The geotechnical classification is essential for the professional to know the properties of the soils and their behavior. In Brazil the most commonly used classification methods are SUCS (Sistema Unificado de Classificação dos Solos), TRB (Transportation Research Board), created in temperate climates. The divergence between the results of these classifications with those found in the field made it possible for Nogami and Villibor to propose a new methodology for soils that have the peculiarities of tropical soils, the MCT classification. Thereby this research aims to compare the SUCS and TRB classification methods with the MCT methodology. When comparing the MCT classification with the SUCS and TRB classification only 2 samples showed compatibility.

Palavras chaves: classificação, TRB, SUCS e MCT

1. INTRODUÇÃO

Solos diferentes com propriedades similares podem ser classificados em grupos e subgrupos de acordo com o seu comportamento. Os sistemas de classificação fornecem uma linguagem comum para se expressar concisamente, sem descrições detalhadas, as características gerais dos solos são infinitamente variadas (DAS, 2007). A grande variedade de sistemas de classificações procura, quase sempre encontrar um princípio qualificador universal que possibilite agrupar a grande variedade de solos existente, com o objetivo não só de facilitar os estudos de caracterização, mas também antever o comportamento diante das solicitações, a que serão submetidos (BUENO e VILAR, 1980).

As classificações denominadas tradicionais, SUCS (Sistema Unificado de Classificação dos Solos) e TRB (*Transportation Research Board*) criados em regiões de climas temperados, passaram a ser incorporados para os solos tropicais brasileiros. A incompatibilidade entre essas duas regiões fez com que fosse criado um método próprio para regiões tropicais, o método MCT. Onde antes os solos eram classificados como materiais impróprios para a utilização em pavimentação através dos métodos SUCS e TBR, passaram a ser classificados como um material bom para a utilização em pavimentos brasileiros com o método de

classificação para solos tropicais, tendo suas propriedades geotécnicas reavaliadas.

Com isso esta pesquisa visa classificar e comparar 5 amostras de solos coletadas pelas três metodologias, afim de disponibilizar as informações das propriedades dos solos a profissionais da área.

2. SISTEMAS DE CLASSIFICAÇÕES DOS SOLOS

Os solos têm sido utilizados frequentemente como material base para construções de rodovias, constituindo camadas de base, sub-base e reforço do subleito. Entretanto é essencial que o engenheiro conheça as propriedades dos solos aplicados em obras de terra e pavimentação (SANTOS, 2006).

Os sistemas tradicionais de classificações geotecnicas mais difundidas no meio das engenharias foram desenvolvidos em países de clima temperado sendo eles a AASTHO-TRB e SUCS. Baseados nos limites de liquidez e plasticidade (LL e LP) estes metodos apresentam algumas limitações quando aplicadas em solos de comportamentos tropicais.

Para Nogami e Villibor (1995) as limitações apresentadas ocorre devido a diferença entre a fração de argila e de areia dos solos das regiões de climas temperados e tropicais. Essas limitações podem ser observadas na divergencia entre os resultados obtidos pelos metodos tradicionais aplicados em solos tropicais, com o seu comportamento geotecnico.

Os procedimentos tradicionais adotados para caracterização e classificação dos solos baseiam-se no uso do gráfico de plasticidade, o qual utiliza como características basicas o limite de liquidez (LL), o limite de plasticidade (LP) e a granulometria. Uma das limitações do uso deste gráfico exposta por Nogami e Villibor (1994a) decorre ao fato de que:

- Os valores das propriedades nos solos lateriticos variam com a destruição dos torrões ou agregados, e não se fixou qual o critério mais apropriado: se a destruição total dos agregados ou apenas parcial. Sendo assim, um solo lateritico, como por exemplo o latossolo roxo, pode variar significativamente os valores das propriedades indices conforme o grau de destruição dos agregados, comprometendo assim a classificação deste solo, já que depende dos valores de LL e LP;
- O gráfico de plasticidade não consegue distinguir os solos de comportamento lateritico e não lateritico. Portanto os mesmos valores de LL e LP podem reunir solos de propriedades e comportamentos diferentes.
- As classificações tradicionais hierarquizam os solos de uma maneira geral, sendo assim solos com valores pequenos de LL e LP, baixa porcentagem de finos e baixo IG, são superiores aos demais solos com maiores valores de índice de grupo na avaliação de desempenho. Assim, de acordo com esta classificação solos arenosos, areno-siltosos e arenoargilosos, apresentam um desempenho melhor como matéria prima em obras de pavimentação, já os solos siltosos e argilosos (com alto índice de grupo) são considerados inferiores quando comparados aos demais solos;
- A presença de mica e de macricristais de caulinita e/ou haloisita, frequente em solo saproliticos, modifica os valores de LL, inteferindo na classificação do solo.

Tendo em vistas essa incompatibilidade, Nogami e Villibor desenvolveram uma nova metodologia chamada MCT,metodo esse especifico para solos de comportamentos tropicais.

2.1. Classificação AASHTO-TRB

Segundo Silva (2009) a classificação TRB teve origem na classificação *Public Roads Administration*. Esse método utiliza-se da granulometria, limite de liquidez e índice de Plasticidade para classificar o solo, tendo o intuito de analisar materiais para base e sub-base de pavimentos.

Para a realização dessa classificação, os solos são separados em 7 grupos que vão de A-1 a A-7 divididos em duas seções, a primeira corresponde aos solos granulares que compreendem os grupos A-1, A-2 e A-3, esses solos de granulação grossa contêm cerca de 35% ou menos de material passante na peneira de n° 200 representados na Tabela 1.

Tabela 1: Classificação dos solos granulares

| Classificação geral | Materiais granulares (35% ou menos da amostra total passando na peneira n° 200) | | | | | | |
|-------------------------------|--|-----------|--------|---|-----------|-----------|-----------|
| | A - 1 | | A - 3 | A - 2 | | | |
| Classificação do grupo | A - 1 - A | A - 1 - B | | A - 2 - 4 | A - 2 - 5 | A - 2 - 6 | A - 2 - 7 |
| Pass na peneira | | | | | | | |
| N° 10 | 50 máx | | | | | | |
| N° 40 | 30 máx | 30 máx | 51 min | | | | |
| N° 200 | 15 máx | 25 máx | 10 máx | 35 máx | 35 máx | 35 máx | 35 máx |
| Fração pass na peneira N° 40: | | | | | | | |
| Limite de Liquidez | | | | 40 máx | 41 min | 40 máx | 41 min |
| Índice de Plasticidade | 6 máx | 6 máx | NP | 10 máx | 10 máx | 11 min | 11 min |
| Índice de Grupo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 máx | 4 máx |
| Materiais constituintes | Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia | | | Pedregulhos ou areias siltosos ou argilosos | | | |
| Comportamento do subleito | Excelente a bom | | | | | | |

Fonte: adaptado DNIT (2006)

A segunda seção representa os solos finos A-4, A-5 A-6 e A-7, que são os solos siltosos com porcentagem passante na peneira n° 200 maior que 35%, demonstrado na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação dos solos finos

| Classificação geral | Materiais Silto - Argiloso | | | |
|-------------------------|----------------------------|--------|--------|-----------|
| Classificação em grupos | A - 4 | A - 5 | A - 6 | A - 7 |
| | | | | A - 7 - 5 |
| | | | | A - 7 - 6 |
| % Passante na peneira | | | | |
| N° 10 | | | | |
| N° 40 | | | | |
| N° 200 | 36 min | 36 min | 36 min | 36 min |

| | | | | |
|--|----------------|--------|-----------------|--------|
| Fração passando na peneira N° 40: | | | | |
| Limite de Liquidez | 40 máx | 41 min | 40 máx | 41 min |
| Índice de Plasticidade | 10 máx | 10 máx | 11 min | 11 min |
| Índice de Grupo | 8 máx | 12 máx | 16 máx | 20 máx |
| Materiais constituintes | Solo Siltoso | | Solos Argilosos | |
| Comportamento do subleito | Sofrível a mau | | | |
| O IP do grupo A – 7 – 5 é igual ou menor do que o LL menos 30. | | | | |
| Fonte: adaptado DNIT (2006) | | | | |

2.2. Classificação SUCS

O SUCS baseia-se na identificação dos solos de acordo com suas propriedades de textura e plasticidade e agrupa-os através de seus comportamentos quando utilizados em estradas, aeroportos, aterros e fundações (DNIT, 2006). Segundo Santos (2006) o método possui como parâmetros para a classificação dos solos além da presença de matéria orgânica o LL, LP e granulometria. Esses solos são distribuídos em 15 grupos representados por duas letras, onde a primeira corresponde a granulometria e a segundo é relativa à sua plasticidade.

Este sistema de classificação tem como princípio que os solos grossos podem ser classificados de acordo com sua curva granulométrica, enquanto o comportamento dos solos finos está relacionado com a sua plasticidade (SILVA 2009).

Nesta classificação os solos são divididos em: solos de granulação grossa (onde mais de 50% é retido na peneira n° 200) e solos de granulação fina (mais de 50% passando na peneira n° 200). Os métodos de identificação de campo e laboratoriais, juntamente com as características dos grupos de solos estão dispostas na tabela 3 e 4.

Tabela 3: Classificação SUCS solos de graduação grossa

| Solos de graduação grossa (mais de 50% retido na peneira n° 200) | | | | | | | |
|---|-------------------------|-----------------------|---------------------|--|--------------------|------------------|----------------|
| Pedregulhos: 50% ou mais retida na peneira n°4 | | | | Areias: 50% ou mais passando na peneira n° 4 | | | |
| Pedregulhos sem finos | | Pedregulhos com finos | | Areias sem finos | | Areias com finos | |
| GW | GP | GM | GC | SW | SP | SM | SC |
| Pedregulho bem graduado | Pedregulho mal graduado | Pedregulho Siltoso | Pedregulho argiloso | Areia bem graduada | Areia mal graduada | Areia siltosa | Areia argilosa |

Fonte: adaptado DNIT (2006)

Tabela 4: Classificação SUCS solos de graduação fina

| Solos de graduação fina (50% ou mais passando pela peneira n° 200) | | | | | | |
|---|---------------------|------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|---------------------------|
| Siltos e argilas com LL ≤ 50 | | | Siltos e argilas com LL > 50 | | | Solos altamente orgânicos |
| ML | CL | OL | MH | CH | OH | PT |
| Silte inorgânicos | Argilas inorgânicas | Siltos orgânicos | Siltos e areias finas | Argilas inorgânicas | Argilas orgânicas | Turfas |

Fonte: adaptado DNIT (2006)

Para realizar a classificação dos solos finos, utiliza-se o gráfico de plasticidade idealizado por Arthur Casagrande representada na Figura 1

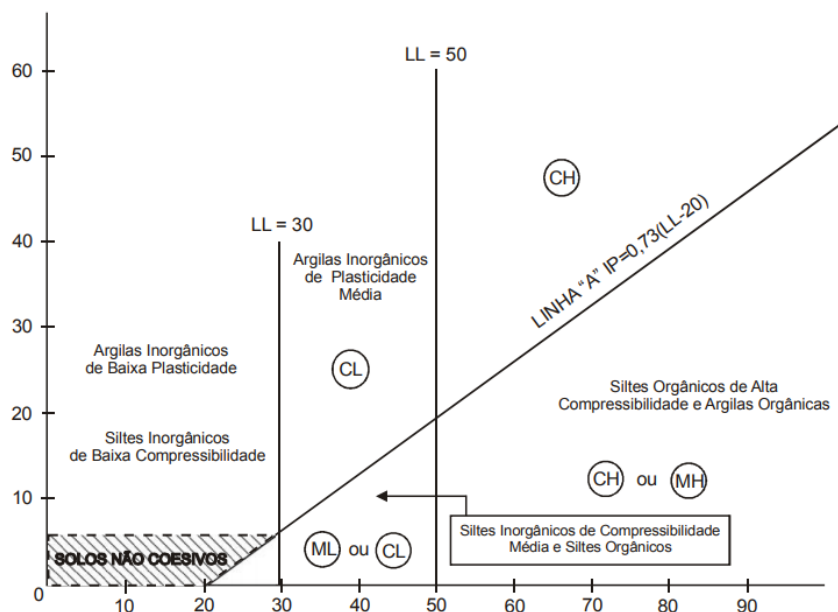


Figura 1: Gráfico de Plasticidade

Fonte: DNIT (2006)

2.3. Classificação MCT

Com a finalidade de melhorar a identificação e caracterização dos solos tropicais, Nogami e Villibor propuseram uma nova metodologia de classificação dos solos designada MCT. O método, que utiliza corpos de prova compactados de dimensões reduzidas de 50 mm de diâmetro e 50 mm de altura, permite avaliar propriedades fundamentais dos solos como contração, permeabilidade, expansão, coeficiente de penetração d'água, coesão, capacidade de suporte e famílias de curvas de compactação (SANTOS e PARREIRA, 2015), e engloba dois grupos de ensaios, Mini-CBR e associados e Mini-MCV e associados, contudo, é composta por dois ensaios básicos a Compactação Mini-MCV e o parâmetro Pi (Perda de Massa por Imersão).

Esse sistema de classificação permite retratar as peculiaridades dos solos quanto ao seu comportamento laterítico e saprolítico, quantificando características importantes para o uso em obras de pavimentação. O MCT possui duas classes, definidas pelo prefixo L, para solos com comportamento laterítico e N para não laterítico e sete subclasses correspondentes (DNIT 2006). Os solos de comportamentos lateríticos (L) são subdivididos em 3 grupos, sendo eles LA (areia laterítica quartzosa), LA' (solo arenoso laterítico) e LG' (solo argiloso laterítico). Já os solos de comportamento não laterítico (N) possuem 4 grupos, NA (areias, siltes e misturas de areias e siltes com predominância de grão de quartzo e/ou mica, não laterítica; NA' (misturas de areias quartzosa com finos de comportamento não laterítico (solos arenosos)); NG' (solos argilosos não lateríticos) e NS' (solo siltoso não laterítico). Conforme mostrado na figura 2.

Para a classificação desses solos é realizado ensaios de Compactação Mini-MCV e Perda de

Massa por Imersão, verificando assim a qual grupo o solo ensaiado pertence e se tem comportamento laterítico ou não. A realização desses dois ensaios irá determinar os coeficientes c' , d' e P_i e posteriormente o coeficiente e' .

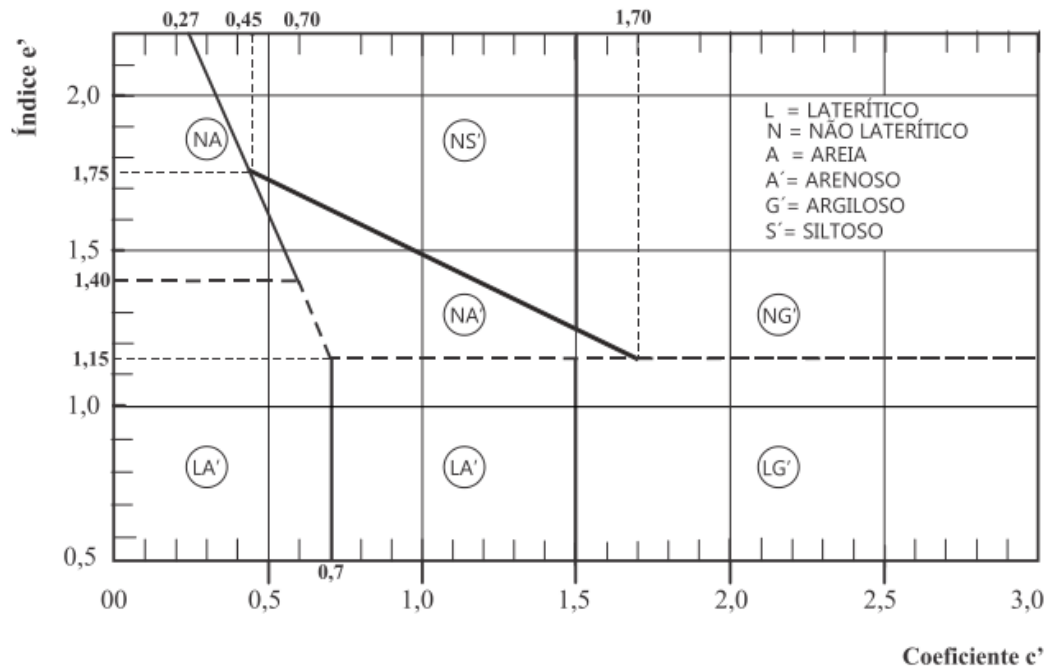


Figura 2: Ábaco para classificação MCT

Fonte: Villibor *et al* (2009)

Com o intuito de estudar e aprimorar técnicas expeditas e aplicáveis à caracterização de solos tropicais, Nogami e Cozzolino em 1985, propuseram, um procedimento denominado de Ensaio Expedito das Pastilhas, dentro da classificação MCT (SANTOS 2006).

O processo é rápido e extremamente simples. Sua metodologia baseia-se em utilizar anéis de aço de 20 mm de diâmetro e 5 mm de altura para a confecção das pastilhas, o solo deve estar em estado pastoso, na condição de umidade ideal, a fração de solo a ser utilizado é a passante na peneira de nº 40. A determinação dos coeficientes c' e e' é obtido a partir da contração diametral das pastilhas após sua secagem e também através da penetração da agulha após a reabsorção de água. Após a obtenção desses coeficientes é possível classificar o solo através da carta de classificação representada na figura 3.

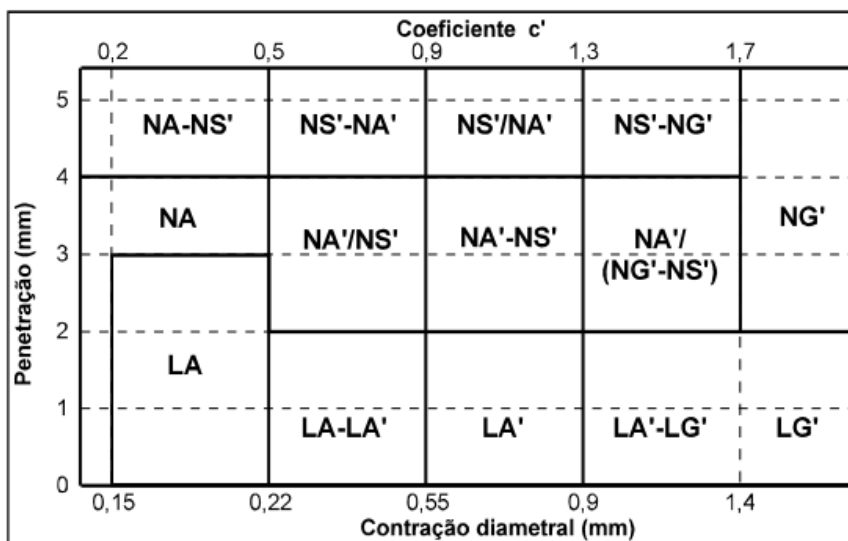


Figura 3: Carta de Classificação do Método das Pastilhas
Fonte: Nogami e villibor (1995)

3. MATERIAIS E METODOS

3.1. Coleta de solos

Para a execução desta pesquisa foram coletadas o total de 5 amostras de solos as margens da MT 208 que liga a cidade de Alta Floresta com o trevo Piovesan que dá acesso ao município de Colíder. As amostras foram coletadas a uma distância aproximada de 10 Km, e a uma profundidade de aproximadamente 0,80 m a 1 m. Para cada ponto foram coletados 5 kg de solo, que foi transportado até o laboratório de solos da Universidade do Estado de Mato Grosso.

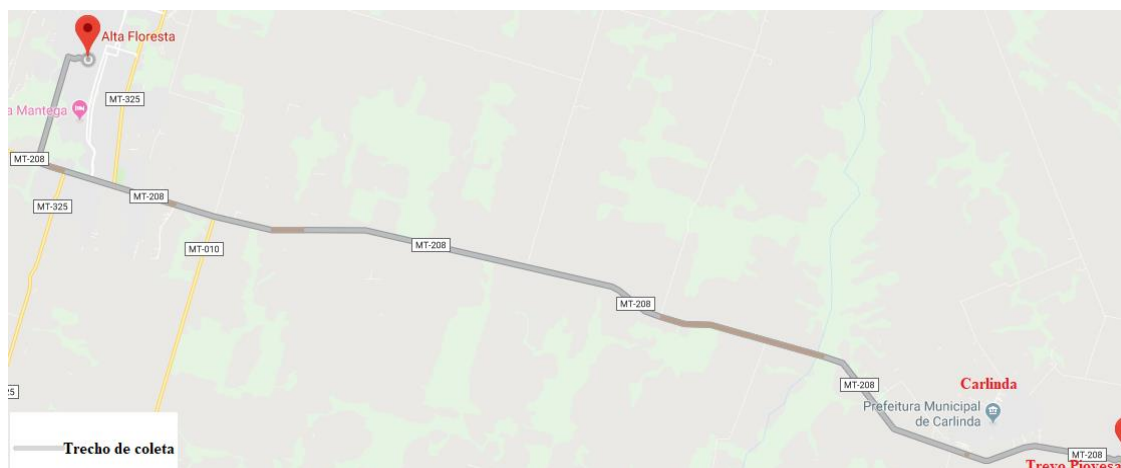


Figura 4: Localização do trecho de estudo
Fonte: Google maps (2019)

3.2. Classificação dos solos

Foi realizado os ensaios de limite de liquidez e plasticidade, seguindo as normativas NBR 6489 e NBR 7180. O ensaio de granulometria foi executado seguindo a norma NBR 7181, para essa etapa foi utilizada as peneiras #4 – 4,75mm; #8 – 2,38mm; #10 – 2,00mm; #16 – 0,85mm; #30 – 0,425mm; #40 – 0,250mm; #50 – 0,180; #100 – 0,150; #200 – 0,075mm.

Por fim foi realizado o ensaio MCT, onde as amostras de solos passaram por peneiramento afim de obter somente a parcela passante na n°40, adicionou-se água a essa fração em capsula fechada ficando de repouso por 8 horas, após o repouso realizou-se a espatulação da pasta dando cerca de 400 espatulada, depois a consistência da pasta foi mensurada com o auxílio do penetrômetro e ajustada até obter a penetração de 1 mm. O solo penetrado foi moldado no anel e mantido em posição vertical, mantendo por cerca de 12 horas até secar por igual as suas faces. Ao final foi medido a contração diametral e realizado o ensaio de reabsorção de água.

4. RESULTADOS E ANALISES

Os resultados dos ensaios realizados estão representados na tabela 5.

Tabela 5: Resultado caracterização dos solos

| Amostra | Areia grossa % | Areia média % | Areia fina % | Silte + argila % | IP % | LL % |
|---------|-------------------|------------------|-----------------|---------------------|---------|---------|
| 1 | 6,9 | 41,5 | 40,0 | 11,7 | 38 | 45,6 |
| 2 | 18,7 | 42,8 | 28,7 | 9,8 | 32 | 37,8 |
| 3 | 12,0 | 40,1 | 32,5 | 15,5 | 29 | 35,0 |
| 4 | 18,2 | 40,8 | 28,3 | 12,7 | 33 | 42,1 |
| 5 | 4,4 | 36,8 | 28 | 30,8 | 56 | 45,5 |

Observa-se que a textura encontrada nos solos é fina, não foi encontrado em nenhuma amostra a presença de pedregulhos.

Através da classificação MCT foi possível observar que ocorreu uma baixa penetração da agulha padrão, os resultados estão dispostos na tabela 6.

Tabela 6: Resultados Ensaio das pastilhas

| Solo | Contração (mm) | Penetração (mm) |
|------|----------------|-----------------|
| 1 | 1,7 | 0,32 |
| 2 | 0,8 | 0,05 |
| 3 | 1,77 | 1,08 |
| 4 | 0,95 | 0,06 |
| 5 | 0,66 | 0,01 |

Segundo Nogami e Villibor (1995) a baixa penetração nesses solos indica comportamentos lateríticos. Isso se dá pelo tipo de argilomineral que compõe o solo em questão.

Os resultados da classificação dos ensaios das metodologias SUCS, TRB e MCT está disposto na tabela 7.

Tabela 7: Classificação dos solos pelos métodos SUCS, TRB e MCT

| Amostra | TRB | SUCS | MCT pastilhas |
|---------|-------|-------|---------------|
| 1 | A-2-7 | SW-SM | LG' |
| 2 | A-2-6 | SC | LA' |
| 3 | A-2-6 | SC | LG' |
| 4 | A-2-7 | SC | LA'-LG' |
| 5 | A-2-6 | SW-SM | LA' |

Analisando as classificações observa-se que possui textura fina com predominância areias argilosas na classificação SUCS, para a classificação TRB os solos são classificados como

arenosos com comportamento do subleito de excelente à bom. Já a classificação MCT mostrou que os solos estudados são todos lateríticos, variando de arenoso laterítico (LA') a argiloso laterítico (LG').

Conforme proposto por Nogami e Villibor (1995) elaborou-se a tabela 8, que verifica os resultados das classificações com a previsão do tipo de grupos de acordo com cada metodologia.

Tabela 8: Compara entre previsão do sistema MCT e as classificações SUCS e TRB.

| Solo | MCT | SUCS | | TRB | |
|------|---------|----------------|--------------|--------------------------------|--------------|
| | | Previsto | Classificado | Previsto | Classificado |
| 1 | LG' | MH, ML, CL | SW-SM | A - 6, A - 7 - 5 | A - 2 - 7 |
| 2 | LA' | SC | SC | A - 2, A - 4 | A - 2 - 6 |
| 3 | LG' | MH, ML, CL | SC | A - 6 | A - 2 - 6 |
| 4 | LA'-LG' | SC, ML, MH, CH | SC | A - 2, A - 4, A - 6, A - 7 - 5 | A - 2 - 7 |
| 5 | LA' | SC | SW-SM | A - 2, A - 4 | A - 2 - 6 |

Apenas 2 amostras foram correspondentes entre as previsões das classificações SUCS e TRB em função da classificação MCT. Nas demais amostras as previsões não coincidiram. Como já previsto por Nogami e Villibor os resultados divergiram, pois, o gráfico de plasticidade não consegue distinguir os solos de comportamento laterítico e não laterítico, podendo assim reunir solos de propriedades e comportamentos diferentes. Resultados apresentados na tabela 9.

Tabela 9: Verificação de previsão da metodologia MCT com a classificações SUCS e TRB

| Amostras | MCT | Previsão SUCS | Previsão TRB |
|----------|---------|---------------|--------------|
| 1 | LG' | Não | Não |
| 2 | LA' | Sim | Sim |
| 3 | LG' | Não | Não |
| 4 | LA'-LG' | Sim | Sim |
| 5 | LA' | Não | Sim |

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentre as 5 amostras de solos tropicais estudadas, 3 apresentaram previsões divergentes e apenas 2 mostraram boa previsão para as classificações SUCS e TRB.

Para a metodologia MCT os solos 2 e 3 foram previstos adequadamente pelas classificações SUCS e TRB. As demais amostras não foram adequadamente previstas pelas metodologias tradicionais.

Ressalta-se com essa pesquisa que deve-se estudar mais a fundo o comportamento de solos lateríticos a fim de estabelecer parâmetros classificatórios para as obras de pavimentação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUENO, B. S.; VILAR, O. M. *Mecânica dos solos*. Viçosa: Universidade de Viçosa, 1980. 131p.
 DAS, B. M. *Fundamentos da engenharia geotécnica*. 6. ed. São Paulo: Thonson Learning, 2007. 561 p.
 DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRAESTRUTURA DE TRANSPORTES - DNIT. *Manual de Pavimentação*. 3. ed. Rio de Janeiro, 2006. 274p.
 SANTOS, E. F. *Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais*. Dissertação mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos. 2006.
 SANTOS, E. F.; PARREIRA, A. B. *Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas*

- aplicadas aos solos tropicais*. 44ª RAPv Reunião Anual de Pavimentação e 18º ENACOR Encontro Nacional de Conservação Rodoviária, Foz do Iguaçu, 18 a 21 ago. 2015.
- SILVA, Taciano Oliveira da. *Estudo de estradas não pavimentadas da malha viária do município de viçosa-mg*. 2009. 130 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.
- NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. (1994a). *Ampliação do uso da metodologia MCT no estudo de solos tropicais para pavimentação*. 28ª Reunião Anual de Pavimentação. Belo Horizonte - MG, 1, pp.184-209
- NOGAMI, J.S. e VILLIBOR, D.F. - *Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos*. São Paulo: Villibor, Brasil, 1995.

Adriele Souza Prass (prassadriele@gmail.com)
Ana Elza Dalla Roza (ana.roza@unemat.br)
Willian Martins dos Santos (smwill95@gmail.com)
Barbara Gama S. dos Santos (barbara-gsl@hotmail.com)
Flávio Alessandro Crispim (flavio.crispim@unemat.br)

Universidade do Estado de Mato Grosso
Avenida Francisco de Aquino Correa, bairro Aquarela das Artes – Sinop, MT, Brasil