

Utilização da Metodologia MCT em Solos da Cidade de Santa Maria – RS

Tairine Rodrigues Sanguebuche

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, tairine.rodrigues17@hotmail.com

Lucas Eduardo Dornelles

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, lucaseduardodornelles@yahoo.com.br

Jéssica Anversa Venturini

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, jessicaanversa@hotmail.com

Taiana Poerschke Damo

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, taiana.damo@gmail.com

Thaís Aquino dos Santos

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, thais_as@hotmail.com

Rinaldo J. B. Pinheiro

Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil, rinaldo@ufsm.br

RESUMO: A identificação e classificação dos solos em determinada região é necessária para os estudos geotécnicos que orientam os projetos de engenharia. A etapa inicial onde se aplicam os sistemas de classificação, é fundamental para a avaliação do perfil do subsolo e escolha de amostras representativas para ensaios mais importantes que determinam parâmetros adotados nos projetos específicos para as obras. Os sistemas de classificação tradicionais (HRB e SUCS), desenvolvidos em países de clima temperado, apresentam grandes restrições quando aplicados a solos tropicais, pois nem sempre os ensaios de caracterização representam todas as propriedades destes solos. Este trabalho tem como objetivo utilizar os ensaios da metodologia MCT para classificar os solos e materiais de alteração (rochas sedimentares brandas) da cidade de Santa Maria (RS) comparando com sistemas de classificação tradicionais. A metodologia adotada abrange inicialmente um estudo de escritório com a identificação dos tipos de solos superficiais e rochas sedimentares que constituem as principais unidades geotécnicas da região e posteriormente um trabalho de campo com a identificação de perfis típicos destas unidades que englobam solos classificados como cambissolos e argissolos e cinco solos de alteração das formações Botucatu, Caturrita, Santa Maria (Alemoa e Passo das Tropas) e Sanga do Cabral. Os ensaios realizados para classificação destes perfis foram baseados na granulometria e plasticidade e nos procedimentos recomendados pela metodologia MCT (Mini-MCV e Perda de Massa por Imersão). Análises dos resultados foram realizadas para verificar se os sistemas de classificação tradicionais e MCT apresentam valores condizentes com o comportamento destes materiais na prática da engenharia na cidade de Santa Maria. Devido as condições geológicas e geomorfológicas da região, os solos são pouco evoluídos, sendo classificados como argissolos, cambissolos e solos hidromórficos. Na avaliação dos resultados dos ensaios, pode-se identificar que os solos superficiais (horizonte pedológico B) foram classificados como solos lateríticos (LG') de textura argilo-arenosa e argilo-siltosa. Os materiais de alteração das rochas predominantemente arenosas classificados como não lateríticos, ou seja, areias e siltes não lateríticos (NA), areias siltosas (NA') e siltes arenosos (NS'). Os solos de alteração de rochas siltosas/argilosas foram classificados

como não lateríticos, sendo argilas arenosas e siltes arenosos (NG'). Conclui-se então, que a classificação MCT é compatível com a origem pedológica e geológica das amostras em estudo, possibilitando uma correlação com o comportamento dos solos no estado natural.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaio MCT, ensaios de caracterização, solos lateríticos, solos não lateríticos.

1 INTRODUÇÃO

Devido a alguns acidentes ocorridos em virtude de deslizamentos de taludes, recalques em estruturas, rompimento de barragens, etc. entre o fim do século XIX e o início do século XX, a importância de classificar e entender as propriedades dos solos foi entendida como primordial para qualquer obra de engenharia (Caputo, 1988).

Estas obras são executadas em concordância com a qualidade e constituição do solo a que estão sobrepostas. Uma vez que há uma grande diversidade de solos existentes no planeta, é difícil encontrar um método de classificação que seja universal, podendo ser aplicado em qualquer amostra analisada. Os primeiros países que iniciaram a tentativa de elaborar um método de caracterização dos solos foram países de clima temperado, como Estados Unidos e países da Europa.

Assim sendo, as chamadas metodologias tradicionais de classificação foram desenvolvidas com ênfase em solos de clima temperado e muitas vezes não consideram algumas propriedades que solos tropicais apresentam. Por exemplo, a condição de saturação dos solos, onde solos temperados são geralmente saturados, contendo um sistema bifásico constituído de uma fase sólida e uma líquida e os solos tropicais, geralmente insaturados constituídos por um sistema trifásico contendo as fases sólida, líquida e gasosa (Vivian, 2008).

Os principais sistemas de classificação são o sistema HRB (*Highway Research Board*), fundamentado para utilização em estradas, baseia-se nos ensaios de granulometria e limites de Atterberg (limite de liquidez e índice de plasticidade – LL e IP respectivamente) para classificar os solos e o sistema USCS (*Unified*

Soil Classification System), o qual baseia-se em ensaios granulométricos para a fração grossa e nos limites de consistência para a fração fina do solo para classifica-los (Santos, 2006).

Visto que as metodologias de classificação tradicionais muitas vezes não se mostram satisfatórias para solos tropicais, Nogami e Villibor (1981) propuseram um método de classificação específico para estes tipos de solo, considerando características particulares presentes neles. A metodologia proposta por eles é chamada Metodologia MCT (Miniatura, Compactada, Tropical). Esta metodologia é baseada em ensaios de laboratório, como compactação e imersão em água, utilizando corpos de prova com dimensões reduzidas (5 cm de altura e 5 cm de diâmetro), simulando situações reais (Filho, 2007).

O principal objetivo da metodologia MCT é classificar os solos tropicais adequadamente para serem utilizados como base e sub base de pavimentos, gerando economia de recursos rochosos ao utilizar materiais locais como alternativa e revestimento betuminoso tipo tratamento superficial.

A classificação MCT divide os solos tropicais em duas classes, sendo elas solos lateríticos (L) e solos não lateríticos (N). As classes L e N são subdivididas em grupos de acordo com a granulometria dos agregados, sendo eles LG' (argilas lateríticas e argilas lateríticas arenosas), LA' (areias argilosas lateríticas), LA (areias com pouca argila laterítica), NG' (argilas, argilas siltosas e argilas-arenosas não-lateríticas), NS' (siltes caoliníticos e micáceos, siltes arenosos e siltes argilosos não-lateríticos), NA' (areias siltosas e areias argilosas não-lateríticas) e NA (areias siltosas com siltes quartzosos e siltes argilosos não-lateríticos) (Cozzolino & Nogami, 1993).

Visando compreender o quão mais adequada é a classificação MCT para solos tropicais, o principal objetivo deste trabalho é classificar amostras de solos lateríticos e não lateríticos da região de Santa Maria/RS utilizando os ensaios laboratoriais da metodologia MCT e comparar os resultados com as classificações obtidas pelas metodologias tradicionais.

2 MATERIAIS E MÉTODO

Esta seção apresentará os ensaios realizados e a como as amostras foram classificadas. O estudo foi dividido em duas etapas: uma de pesquisa, realizada em escritório, obtendo informações sobre a geologia da região e regulamentos de utilização da metodologia MCT, de essencial valor para o entendimento da importância das classificações geotécnicas e das peculiaridades dos solos tropicais, bem como os benefícios econômicos e sociais da utilização de materiais alternativos na construção de rodovias. A partir desta etapa, a localização das amostras pode ser escolhida, sendo coletadas amostras de quatro unidades geotécnicas da região de Santa Maria/RS das formações Botucatu, Caturrita, Sanga do Cabral e Santa Maria (inclui Alemoa e Passo das Tropas).

A segunda etapa foi realizada em campo, sendo identificados os perfis típicos dos locais, coletadas duas amostras de cada perfil e enviadas para laboratório.

Os ensaios realizados para classificar estes perfis quanto aos seus comportamentos lateríticos foram baseados nas metodologias tradicionais, incluindo ensaios de caracterização (granulometria, limites de Atterberg e massa específica dos grãos), compactação e índice de suporte califórnia – ISC (ou *California Bearing Ratio – CBR*) e nas recomendações baseadas na metodologia MCT (incluindo ensaio de compactação Mini-MCV e ensaio de perda de massa por imersão), bem como ensaios complementares de análise química para avaliar a CTC (Capacidade de Troca Catiônica), pH e cátions.

Todos os ensaios de caracterização, de compactação, CBR e os ensaios englobados pela metodologia MCT foram realizados no Laboratório de Materiais de Construção Civil

(LMCC) da Universidade Federal de Santa Maria.

2.1 Metodologia MCT

Os ensaios da metodologia MCT aplicados as amostras foram o ensaio de compactação Mini-MCV e o ensaio de perda de massa por imersão. Devido às dimensões reduzidas dos corpos de prova, amostras foram preparadas de modo que apenas o material passante na peneira de abertura 2mm pode ser utilizado.

Após a realização dos ensaios Mini-MCV e o ensaio de Perda de Massa por Imersão, os índices c' e e' (relacionados com a argilosidade e o comportamento laterítico do solo respectivamente) podem ser calculados (conforme as equações (1) e (2)) e cada solo será disposto em uma região do ábaco mostrado na Figura 1, recebendo uma classificação baseada nele.

$$c' = \frac{\Delta(A_n - A_{4n})}{10 * \Delta * \log n} \quad (1)$$

$$e' = \left\{ \left(\frac{20}{d'} \right) + \left(\frac{Pi}{100} \right) \right\}^{1/3} \quad (2)$$

Sendo:

n – Número de golpes no ensaio Mini-MCV;

d' – Função da inclinação do ramo seco da curva de compactação do ensaio Mini-MCV;

Pi – Perda de massa no ensaio de Perda de Massa por Imersão.

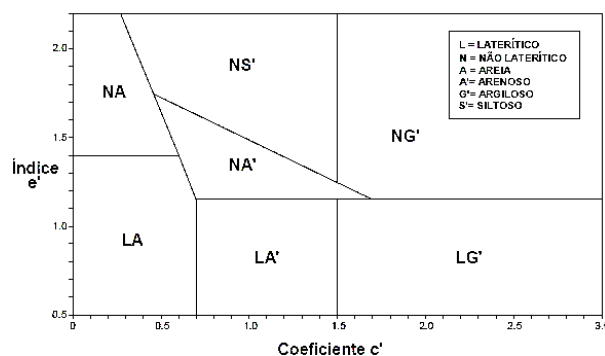


Figura 1 – Gráfico Classificação MCT (Nogami e Villibor, 1981).

O ensaio de compactação Mini-MCV foi realizado de maneira que para cada teor de umidade, aplicadas energias crescentes, se encontre uma massa específica aparente

máxima. Para a sua execução foram seguidos os procedimentos das normativas DNER-CLA259-96 (Classificação de solos tropicais para finalidades rodoviárias utilizando corpos-de-prova compactados em equipamento miniatura-Mini-MCV) e DNER-ME258-94 (Solos compactados em equipamento miniatura - Mini-MCV).

Com os dados obtidos com a execução da compactação Mini-MCV foi possível a plotagem da família de curvas de compactação e as curvas de deformabilidade de um mesmo solo, ou seja, o comportamento de sua massa específica aparente seca máxima em função de sua umidade, levando em conta os diversos níveis de energia representados pela série de golpes aplicados. Dessas curvas retiraram-se os coeficientes d' e c' , utilizados para a classificação.

Após a compactação do Mini-MCV, os corpos-de-prova foram utilizados para no ensaio de

Perda de Massa por Imersão, o qual consiste na extração de 10mm de solo para fora do molde (utilizando o próprio aparato do ensaio Mini-MCV), sendo em seguida, submerso em água, na posição horizontal. A massa seca desprendida após 20 horas de imersão, é o valor de PI, utilizado para calcular o coeficiente e' , necessário para classificação.

Nogami e Villibor (1995) sintetizaram na Tabela 1 as propriedades dos solos tropicais lateríticos e não lateríticos caracterizados pela metodologia MCT, bem como a utilização de cada um deles nas obras de engenharia. As propriedades analisadas abrangeram expansão, contração, coeficiente de permeabilidade (k), coeficiente de sorção (s) e características do ensaio Mini-CBR. A utilização de cada grupo de solo variou de subleito compactado, reforço de subleito compactado, base, revestimento primário de pavimentos, aterro e proteção à erosão de rodovias.

Tabela 1 – Propriedades e utilização dos solos dos grupos da metodologia MCT (Nogami & Villibor, 1995).

GRANULOMETRIAS TÍPICAS									
Designações do T1-71 do DER SP (equivalentes da Mississippi River Commission, USA) K=caolinitico; m=micáceo; s=sericítico; q=quartzoso			Argilas, Siltes (q,s)	Areias Siltosas	Siltes (k,m) e Siltes Arenosos	Argilas, Argilas Arenosas, Argilas Siltosas, Siltes Argilosos	Areias Siltosas	Areias Argilosas	Argilas, Argilas Arenosas, Argilas Siltosas, Siltes Argilosos
COMPORTAMENTO GRUPO MCT			N = Não Laterítico				L = Laterítico		
Propriedades	MINI-CBR (%)	Sem Imersão	NA	NA'	NS'	NG'	LA	LA'	LG'
		Perda por Imersão	M, E	E	M, E	E	E	E, EE	E
	EXPANSÃO		B, M	B	E	E	B	B	B
	CONTRAÇÃO		B	B	E	M, E	B	B	B
	COEFICIENTE DE PERMEABILIDADE K		B	B, M	M	M, E	B	B, M	M, E
	COEFICIENTE DE SORÇÃO - s		M, E	B	B, M	B, M	B, M	B	B
C.P. compactados na massa específica aparente seca máxima de energia normal			E	B, M	E	M, E	B	B	B
			EE= Muito Elevado (a); E=Elevado (a); M=Médio (a); B=Baixo (a)						
Utilização	Base de Pavimento		n	4º	n	n	2º	1º	3º
	Reforço do subleito compactado		4º	5º	n	n	2º	1º	3º
	Subleito Compactado		4º	5º	7º	6º	2º	1º	3º
	Aterro (corpo) compactado		4º	5º	6º	7º	2º	1º	3º
	Proteção à erosão		n	3º	n	n	n	2º	1º
	Revestimento primário		5º	3º	n	n	4º	1º	2º
Grupos tradicionais obtidos de amostras que se classificam nos grupos MCT discriminados nos topos das colunas		USCS	SP; SM	MS; SC; ML	SM; CL; ML; MH	MH; CH	SP; SC	SC	MH; ML; CH
		AASHO	A-2	A-2; A-4; A-7	A-4; A-5; A-7-5	A-6; A-7-5	A-2	A-2; A-4	A-6; A-7-5

3 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Esta seção apresentará os resultados obtidos após a realização de todos os ensaios propostos tanto das metodologias tradicionais (HRB e SUCS) quanto da metodologia MCT e ensaios

complementares de análise química, bem como a discussão destes resultados. As amostras coletadas na região de Santa Maria foram nomeadas conforme mostra a Tabela 2.

Tabela 2 – Nomeação das amostras coletadas

Solo	Sigla
Botucatu 1	BOT1
Caturrita 1	CAT1
Caturrita 2	CAT2
Sanga do Cabral 1	SC1
Santa Maria (Alemoa) 1	ALE1
Santa Maria (Alemoa) 2	ALE2
Santa Maria (Passo das Tropas)	PT1

3.1 Ensaios de Caracterização Física

Os ensaios de caracterização física das amostras foram os ensaios de massa específica dos sólidos, índice de plasticidade e fração predominante do solo, tendo os resultados mostrados na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados dos Ensaios de Caracterização Física.

Solo	Massa Específica dos Sólidos (g/cm ³)	IP	Fração Predominante
BOT1	2,518	NP	Areia Fina
CAT1	2,508	NP	Areia Média
CAT2	2,541	NP	Areia Média
SC1	2,636	20	Argila
ALE1	2,552	11	Silte
ALE2	2,559	18	Areia Fina
PT1	2,578	10	Areia Fina

Os resultados dos ensaios físicos indicam que os solos das formações Botucatu e Caturrita tem características não plásticas com fração de areia predominante e as formações Sanga do Cabral e Santa Maria apresentam índices de plasticidade variando entre 10 e 20 e frações predominantes compreendendo argila, silte e areia fina.

3.2 Ensaios de Caracterização Mecânica

Basicamente, os ensaios que exploram as características mecânicas dos solos são os ensaios de compactação e CBR (ou ISC – Índice de Suporte Califórnia). A Tabela 4 apresenta os resultados do ensaio de compactação nas três energias de compactação (normal, intermediária e modificada) e a Tabela 5 mostra os resultados do teste CBR dos corpos de prova para as três energias. O ensaio CBR é realizado a partir dos resultados de Massa Específica Aparente máxima e Teor de Umidade Ótima das amostras de cada solo.

Os resultados dos testes de caracterização mecânica das amostras evidenciam que com o aumento da energia aplicada, ocorre um aumento da massa específica aparente máxima e uma diminuição do teor de umidade. Também pode-se perceber que os valores de ISC estão de acordo com a granulometria de cada material e que os valores de expansão estão dentro do previsto pelo Manual de Pavimentação do DNIT, que prevê valores de expansão menores que 2%, ficando apenas as amostras ALE2 e PT1 fora dos padrões esperados.

Tabela 4 – Resultados ensaio de compactação

Solo	Energia Normal		Energia Intermediária		Energia Modificada	
	Massa Específica Aparente Seca Máxima (kg/m ³)	Teor de Umidade Ótima (%)	Massa Específica Aparente Seca Máxima (kg/m ³)	Teor de Umidade Ótima (%)	Massa Específica Aparente Seca Máxima (kg/m ³)	Teor de Umidade Ótima (%)
BOT1	1835,0	15,00	1940,0	13,10	1992,0	11,00
CAT1	1690,0	16,20	1828,0	14,40	1905,0	12,40
CAT2	1887,5	13,50	1988,0	12,00	2010,0	9,20
SC1	1656,0	22,10	1786,0	19,40	1898,0	16,40
ALE1	1755,0	19,10	1887,0	16,20	1965,0	15,10
ALE2	1750,0	16,70	1915,0	14,00	1974,0	13,20
PT1	1812,0	15,40	1974,0	12,90	2100,0	10,40

Tabela 5 – Resultados ensaio CBR

Solo	Energia Normal		Energia Intermediária		Energia Modificada	
	ISC (%)	Expansão (%)	ISC (%)	Expansão (%)	ISC (%)	Expansão (%)
BOT1	24,64	0,78	31,88	0,50	100,00	0,60
CAT1	5,70	0,00	14,98	0,00	33,82	0,00
CAT2	11,11	0,01	15,46	0,00	50,72	0,00
SC1	10,00	0,20	22,03	0,24	34,78	0,28
ALE1	2,51	0,24	14,78	0,41	12,37	0,39
ALE2	2,71	2,62	4,15	4,49	4,35	4,85
PT1	8,89	0,51	19,52	1,25	9,28	2,58

3.3 Classificações Geotécnicas Tradicionais – HRB e USCS

A partir dos resultados obtidos pelos ensaios de caracterização das amostras, pode-se obter a classificação geotécnica de cada amostra de acordo com as metodologias tradicionais HRB e USCS. A Tabela 6 mostra os resultados.

Tabela 6 – Classificação das amostras de acordo com as metodologias tradicionais HRB e USCS

Solo	Classifica-ção HRB	Classifica-ção USCS	Classificação como subleito
BOT1	A-2-4	SM	Bom a Excelente
CAT1	A-2-4	SM	Bom a Excelente
CAT2	A-2-4	SM	Bom a Excelente
SC1	A-7-6	CL	Regular a Ruim
ALE1	A-6	CL	Regular a Ruim
ALE2	A-7-6	CL	Regular a Ruim
PT1	A-4	SC	Regular a Ruim

Os solos das formações Botucatu e Caturrita são classificados como SM (areias siltsas) e A-2-4 (pedregulhos e areias siltsas ou argilosas). O solo PT1 é classificado como SC (areias argilosas, misturas bem graduadas de areia e argila) e A-4 (solos siltsos). Os solos SC1, ALE1 e ALE2 são classificados como CL (argilas inorgânicas de baixa e média plasticidade, argilas pedregulhosas, argilas arenosas, argilas siltsas, argilas magras) e A-7-6 (solos argilosos), exceto o ALE1 que é classificado como A-6 (solos argilosos).

A classificação HRB classifica os solos também de acordo com seu potencial de

aplicação como subleitos rodoviários. Neste caso, somente os solos das formações Botucatu e Caturrita podem ser considerados excelentes ou bons como subleito. Todos os outros solos são classificados de regulares a ruins pela metodologia.

3.4 Ensaios Metodologia MCT

Os ensaios da metodologia MCT possuem a finalidade de analisar o comportamento laterítico e não laterítico dos solos tropicais. Os resultados do ensaio de compactação Mini-Proctor estão posicionados na Tabela 7 na página seguinte.

Conforme esperado, com o aumento da energia de compactação, há um aumento da densidade máxima do material e um decréscimo do teor de umidade ótima de compactação.

Comparando os resultados do ensaio de compactação Proctor e do ensaio Mini-Proctor, constatou-se que teores de umidade ótima dos materiais são muito semelhantes, apresentando uma variação ínfima.

3.5 Classificação MCT

De acordo com os resultados dos ensaios Mini-MCV e Perda de Massa por Imersão, as amostras puderam ser classificadas e posicionadas no gráfico da classificação MCT, como pode-se ver na Figura 2 a seguir.

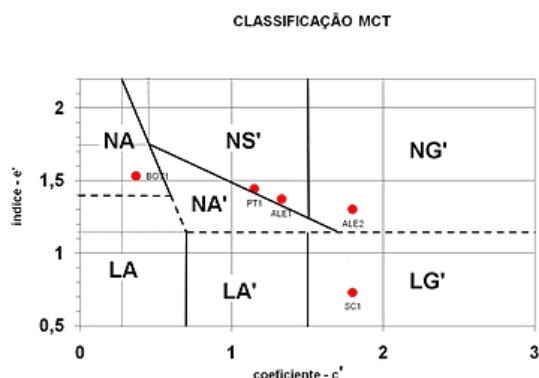


Figura 2 – Classificação das amostras de acordo com a metodologia MCT

O solo da formação Botucatu foi classificado como NA (areias siltesas com siltes quartzosos e

siltes argilosos não-lateríticos); da formação Sanga do Cabral como LG' (argilas lateríticas e argilas lateríticas arenosas); da formação Santa Maria, as amostras Alemoa 1 e Passo das Tropas foram classificadas como NS' (siltes caoliníticos e micáceos, siltes arenosos e siltes argilosos não-lateríticos) e Alemoa 2 como NG' (argilas, argilas silteosas e argilas-arenosas não-lateríticas). Os solos da formação Caturrita sofreram exsudação durante o ensaio Mini-MCV e não foram encontrados o primeiro patamar, portanto foram classificados como NA, por este motivo, não foi possível plotar a classificação das amostras CAT1 e CAT2 no gráfico.

Tabela 7 – Resultados ensaio Mini-Proctor

Solo	Energia Normal		Energia Intermediária		Energia Modificada	
	Massa Específica Aparente Máxima (kg/m³)	Teor de umidade ótima (%)	Massa Específica Aparente Máxima (kg/m³)	Teor de umidade ótima (%)	Massa Específica Aparente Máxima (kg/m³)	Teor de umidade ótima (%)
BOT1	1805,0	15,70	1890,0	13,40	1915,0	12,00
CAT1	1638,0	16,30	1718,0	14,10	1765,0	11,70
CAT2	1863,0	13,45	1962,0	11,55	2064,0	9,50
SC1	1700,0	21,60	1820,0	18,80	1870,0	16,00
ALE1	1720,0	19,60	1840,0	16,20	1865,0	14,80
ALE2	1715,0	16,70	1890,0	13,70	1945,0	12,90
PT1	1820,0	16,60	2010,0	12,50	2065,0	10,30

CONCLUSÕES

De acordo com as metodologias tradicionais HRB e USCS, apenas os solos das formações Botucatu e Caturrita (amostras BOT1, CAT1 e CAT2) são adequados à utilização como subleito de rodovias, as outras amostras foram consideradas regulares ou ruins para estes fins, sendo a amostra SC1 um material com grandes mudanças de volume e a amostra PT1 foi considerada péssima para utilização em subleitos.

Em relação aos ensaios de Índice de Suporte Califórnia, apenas os solos ALE2 e PT1, ambos da formação Santa Maria, apresentaram um valor de expansão fora do limite estabelecido pelo Manual de Pavimentação do DNIT. Desta forma,

estes solos não seriam indicados para utilização em subleitos rodoviários.

Por outro lado, a metodologia MCT considera todos os solos analisados como aptos à serem empregados como subleito de rodovias. O melhor material a ser utilizado para esta finalidade é o SC1, pois foi classificado como LG', seguido dos solos ALE2 classificado como NG'; PT1 e ALE1 classificados como NS' e; BOT1, CAT1 e CAT2, classificados como NA.

Sendo assim, pode-se concluir que os métodos de classificação geotécnica tradicionais possuem grandes restrições quando empregadas para classificar solos tropicais e analisar seu uso como subleito de pavimentos, sendo a metodologia MCT mais adequada para tais fins, reduzindo

custos de implantação de rodovias devido ao emprego de materiais alternativos.

BIBLIOGRAFIA

- Caputo, H. P. (1988) *Mecânica dos Solos e suas Aplicações*. Livros Técnicos e Científicos editora, 1988. p. 2.
- Cozzolino, V.J.N.; Nogami, J. *Classificação Geotécnica MCT para Solos Tropicais*. Solos e Rochas, São Paulo, v. 16, n. 2, p. 77-91, 1993.
- Filho, C.L.M. *Introdução à Geologia de Engenharia*. Santa Maria: editora ufsm, 2014. p. 156.
- Nogami, J.S. e VILLIBOR, D.F. *Uma nova Classificação para Finalidades Rodoviárias*. Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia. COPPE/ABMS, Rio de Janeiro, 1981.
- Nogami, J.S. e VILLIBOR, D.F. *Pavimentação de baixo custo com solos lateríticos*. 240p. São Paulo, 1995.
- Santos, E. F. *Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais*. 2006. Dissertação (Mestrado em Transportes) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.
- Vivian, J. B. *Utilização do método do papel filtro para a determinação das curvas características de um solo coluvionar não saturado contaminado com óleo diesel*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.