



## CLASSIFICAÇÃO GEOTÉCNICA: CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DO BAIRRO VILA ISABEL NO MUNICÍPIO DE ITAJUBÁ – MG

<sup>(1)</sup>Marcela Ribeiro Gomes, marcelaribeiro.mah@hotmail.com

<sup>(2)</sup>Mário Vitor Pinheiro, mariovitorpinheiro@hotmail.com

<sup>1</sup>Centro Universitário de Itajubá – FEPI, Av. Dr. Antônio Braga Filho, 687 - Porto Velho, Itajubá - MG, 37501-002

<sup>2</sup>Centro Universitário de Itajubá – FEPI, Av. Dr. Antônio Braga Filho, 687 - Porto Velho, Itajubá - MG, 37501-002

**Resumo:** Este trabalho apresenta a caracterização do solo do bairro Vila Isabel no Município de Itajubá, pela metodologia tradicional de classificação de solo (método rodoviário e método unificado), utilizando os principais ensaios para a classificação, tais como: Limite de liquidez, Limite de plasticidade, Massa Específica dos grãos do solo, Peneiramento, Sedimentação e dois ensaios adicionais, Compactação por Proctor e Compactação por CBR. A amostra foi coletada e levada ao Laboratório de Solos do Centro Universitário de Itajubá – FEPI, onde foi estudada para uma cuidadosa classificação, aplicada neste estudo. Os ensaios são realizados de acordo com as normas específicas da ABNT e com os equipamentos disponíveis na instituição de ensino, também de acordo com as normas. Avaliando as características que o solo estudado apresenta e com os resultados dos ensaios, o solo é classificado pelo método rodoviário como grupo A – 6 ( $IG = 14$ ), solos argilosos e pelo método unificado como solos de granulação fina (50% ou mais passando na peneira nº 200), siltes e argilas com  $LL \leq 50$ , e pelo gráfico de plasticidade de Casagrande como siltes inorgânicos de mediana compressibilidade e siltes orgânicos. Para esta amostra de solo, temos misturas de materiais como especificado acima.

**Palavras-chave:** Classificação Geotécnica. Metodologia tradicional. Solo de granulação fina.

### 1. INTRODUÇÃO

Desde os primórdios há a necessidade de se trabalhar com solos, pois, em todas as obras de engenharia ele está envolvido, assunto este, que é muito estudado e assim, classificado de acordo com a sua origem. Nos ensaios de solos realizados para as obras de engenharia civil no Brasil, utiliza-se o

método tradicional que são os sistemas de classificação de solos com base nas tabelas americanas: Sistema Unificado de Classificação de solos (SUCS) ou (Unified Classification System – U.S.C.) proposto por Arthur Casagrande e a Classificação do T.R.B. (Transportation Research Board); ambos baseados na análise



granulométrica, nos limites de Atterberg (Limite de Liquidez – LL e Índice de Plasticidade – IP) (Caputo, 1977).

Segundo Villibor e Nogami (2009), na década de 70 foram constatadas deficiências na sistemática no Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo (DER–SP), dificuldades relacionadas à metodologia dos ensaios tradicionais, essa dispersão de valores foi verificada na década de 40 após a introdução do estudo de solos para rodovias. A tese de doutorado defendida por Villibor (1981) trouxe soluções com a apresentação da nova sistemática, a MCT (Miniatura, Compactado, Tropical) que permitiu o amplo estudo dos solos tropicais exclusivamente brasileiros.

De acordo com estes pesquisadores a metodologia MCT foi desenvolvida para corpos de prova cilíndricos, de dimensões reduzidas com diâmetro de 50 mm e altura igual ou próxima a 50 mm. Já no método tradicional as dimensões são diâmetro de 100 mm e altura igual ou próxima a 100 mm, o que torna a MCT de mais fácil execução.

A MCT faz-se indispensável e essencial a uma compreensão adequada da mesma, para então contribuir com as instituições de ensino através da implantação da metodologia na disciplina de mecânica dos solos, não deixando de lado os métodos tradicionais que são conhecidos e aplicados mundialmente e com a execução pelo Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT) e empresas que trabalham nesse ramo.

## **2. OBJETIVO**

Apresentar de forma teórica a comparação entre a metodologia tradicional e a metodologia MCT e de forma prática classificar o solo do bairro Vila Isabel no município de Itajubá – MG, através do SUCS e da classificação T.R.B, conhecidos como classificação tradicional.

## **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **3.1. Comparação entre a metodologia tradicional e a metodologia MCT**

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) disponibiliza as normas para a metodologia tradicional e o DNIT ou o DER (Departamento de



Estradas de Rodagem) disponibiliza as normas para a metodologia MCT. O “Quadro 1” indica as diferenças entre a metodologia tradicional e a metodologia MCT.

<b>Tradicional</b>	<b>MCT</b>
Corpo de Prova: Diâmetro = 100mm Altura = 100mm	Corpo de Prova: Diâmetro = 50mm Altura = 50mm
Solos que passam na peneira 4,8mm	Solos que passam na peneira 2,0mm
Equipamento de acordo com o tamanho do corpo de prova	Equipamento de acordo com o tamanho do corpo de prova

**Quadro 1. Diferenças entre a metodologia tradicional e a metodologia MCT.**

As vantagens são: redução de custo devido à utilização de menor quantidade de material; redução no tempo dos ensaios; possibilidade de medidas exatas e resultados confiáveis.

Segundo os mesmos autores, a maior limitação deste ensaio é não ser aplicável para solos que ficam retidos na peneira de 2,0 mm, a sua limitação para essa fração retida é similar ao tradicional.

## 4. METODOLOGIA

### 4.1. Aplicação da metodologia

#### **tradicional na amostra de solo da região de Itajubá**

Foi escolhido um terreno para caracterização geotécnica na cidade de Itajubá – MG. A coleta foi feita no dia 03 de maio de 2015, no bairro Vila Isabel e foi utilizado equipamento manual para coletar a amostra de solo. A amostra coletada é deformada e apresenta coloração avermelhada, em seguida foram realizados os principais ensaios pela metodologia tradicional de classificação do solo.

- **Limite de Liquidez**

Ensaio realizado de acordo com a NBR 6459/84, conforme “Figura 1”.

**Figura 1. Ensaio de Limite de Liquidez.**





- **Limite de Plasticidade**

Ensaio realizado de acordo com a NBR 7180/84, conforme “Figura 2”.

**Figura 2. Ensaio de Limite de Plasticidade.**



- **Massa Específica dos grãos do solo**

Ensaio realizado de acordo com a NBR 6508/84, conforme “Figura 3”.

**Figura 3. Ensaio de Massa Específica.**



- **Peneiramento**

Ensaio realizado de acordo com a NBR 7181/84, conforme “Figura 4”.

**Figura 4. Peneiramento.**



- **Sedimentação**

Ensaio realizado de acordo com a NBR 7181/84, conforme “Figura 5”.

**Figura 5. Sedimentação.**



- **Compactação por Proctor**

Ensaio realizado de acordo com a NBR 7182/86, conforme “Figura 6”.

**Figura 6. Compactação por Proctor.**





- **Compactação por CBR**

Ensaio realizado de acordo com a NBR 9895/87, conforme “Figura 7”.

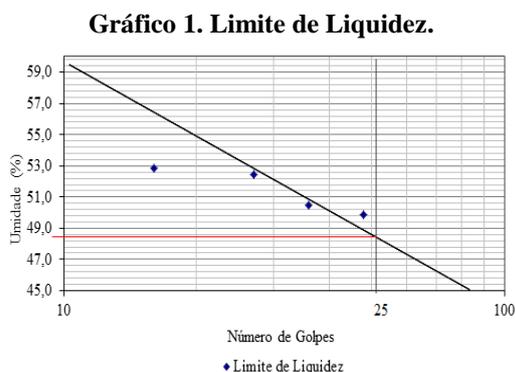
**Figura 7. Compactação por CBR.**



## 5. RESULTADOS

### 5.1. Limite de Liquidez

O “Gráfico 1” mostra o N° de golpes (escala logarítmica) x Teores de umidade (escala aritmética). De acordo com a norma, consegue-se então pelos resultados definir uma reta e nessa reta obter o teor de umidade correspondente a 25 golpes, que é o limite de liquidez do solo, logo o limite de liquidez é 48,4%.



### 5.2. Limite de Plasticidade

De acordo com a norma, o resultado do Limite de Plasticidade é calculado por meio da “Equação 1”.

$$H_{\text{média}} (\%) = \frac{\text{Soma dos teores de umidade}}{\text{N}^{\circ} \text{ de umidades medidas}} \quad (1)$$

$$H_{\text{média}} = \frac{42,62 + 43,29 + 44,77}{3} = 43,56\%$$

Para o cálculo do Índice de Plasticidade, utilizamos a “Equação 2”.

$$IP = LL - LP \quad (2)$$

$$IP = 48,4 - 43,6 = 4,8$$

Para o ensaio de Limite de Plasticidade considera-se satisfatório quando os valores de umidade de pelo menos três não diferir da respectiva média de mais que 5% dessa média.

### 5.3. Massa Específica dos Grãos do solo

De acordo com a norma, a massa específica dos grãos do solo é calculada por meio da “Equação 3”.

$$\delta = \frac{M1 \times 100 / (100 + h)}{[M1 \times 100 / (100 + h)] + M3 - M2} \times \delta T \quad (3)$$



$$\delta = \frac{73,17 \times 100 / (100 + 10,91)}{[73,17 \times 100 / (100 + 10,91)] + 702,07 - 715,35} \times 0,9980$$

$$= 1,25 \text{ g/cm}^3$$

Este ensaio não foi satisfatório, então para efeitos de cálculo adota-se o valor de 2,76 g/cm<sup>3</sup>.

Para o ensaio de Massa Específica dos grãos do solo considera-se não satisfatório devido a erros da aplicação do ensaio na amostra de solo, considerando que possivelmente durante o ensaio não foi feita a aplicação de vácuo correta.

#### 5.4. Peneiramento

Peneiras (mm)	% que passa da amostra total
50.30	100
38.10	100
25.40	100
19.05	100
9.52	100
4.76	100
2.90	72,3

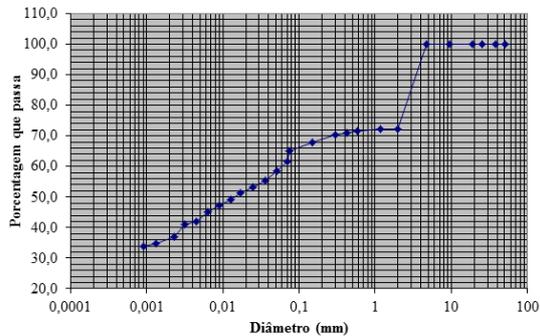
#### 5.5. Sedimentação

Peneiras (mm)	% que passa da amostra total
1.19	72,3
0.59	71,6
0.42	71,0
0.297	70,3
0.149	67,8
0.074	65,1

Peneiras (mm)	% que passa da amostra total
0.071	61,50
0.051	58,43
0.036	55,35
0.025	55,30
0.017	51,25
0.013	49,20
0.009	47,15
0.006	45,10
0.004	42,03
0.003	41,00
0.002	36,90
0.001	34,85
0.001	33,83



## 5.6. Granulometria



A granulometria depende do peneiramento da amostra e do ensaio de sedimentação, de acordo com a norma os pontos no gráfico granulométrico devem estar contínuos e alinhados, isso ocorreu, porém houve uma descontinuidade que é explicada em função do solo que não existe nos possíveis diâmetros onde há a descontinuidade.

<b>Pedregulho: acima de 4mm</b>	19,2%
<b>Areia grossa: 4,76 – 2,0mm</b>	7,7%
<b>Areia média: 2,0 – 0,42mm</b>	11,6%
<b>Areia fina: 0,42 – 0,05mm</b>	19,2%
<b>Silte: 0,05 – 0,005mm</b>	23,1%
<b>Argila: abaixo de 0,005mm</b>	19,2%
<b>Total</b>	100%

O índice de grupo é determinado por meio da “Equação 4”:

$$IG = (0,2.a) + (0,005.a.c) + (0,01.b.d) \quad (4)$$

$$IG = (0,2 \times 40) + (0,005 \times 40 \times 20) + (0,01 \times 40 \times (4,8 - 0,1)) = 14$$

Então, pela classificação T.R.B, “Figura 8”, temos, grupo A – 6 (Solos argilosos).

**Figura 8. Classificação de solos tradicional (T.R.B)**

CLASSIFICAÇÃO GERAL	MATERIAIS GRANULARES 35% (ou menos) passando na peneira Nº 200						MATERIAIS SILTO - ARGILOSOS					
	A - 1		A - 3	A - 2			A - 4	A - 5	A - 6	A - 7		
CLASSIFICAÇÃO EM GRUPOS	A - 1 - A	A - 1 - B		A - 2 - 4	A - 2 - 5	A - 2 - 6	A - 2 - 7				A - 7 - 5	A - 7 - 6
Granulometria - % passando na peneira												
Nº 10	50 máx.											
Nº 40	30 máx.	30 máx.	51 min.									
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.	36 min.
Características da fração passando na peneira Nº 40:												
Limite de Liquidez				40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	40 máx.	41 min.	41 min.
Índice de Plasticidade	6 máx.	6 máx.	NP	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	10 máx.	10 máx.	11 min.	11 min.	11 min.*
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	20 máx.
Materiais constituintes	Fragmentos de pedras, pedregulho fino e areia			Pedregulho ou areias silteosas ou argilosas			Solos silteosos			Solos argilosos		
Comportamento como subleito	Excelente a bom						Sofrível a mau					

Para a classificação desta amostra de solo pela tabela SUCS, “Figura 9”, é necessário os mesmos parâmetros descritos anteriormente na classificação T.R.B.

Então, pela classificação SUCS, temos solos de granulação fina (Siltos e argilas com  $LL \leq 50$ ):

ML = Siltos inorgânicos – Areias muito finas – Areias finas silteosas e argilosas; CL = Argilas inorgânicas de baixa e média plasticidade – Argilas



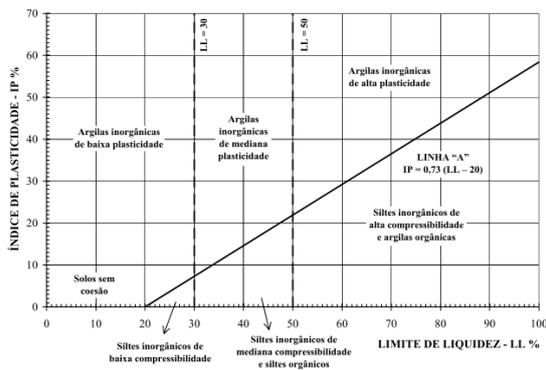
pedregulhosas, arenosas e siltosas; OL = Siltes orgânicos – Argilas siltosas orgânicas de baixa plasticidade.

**Figura 9. Classificação de solos tradicional (SUCS)**

SOLOS DE GRADUAÇÃO GROSSA: mais de 50% retido na peneira nº 200	Pedregulhos: 50% ou mais da fração graúda retida na peneira nº 4	Pedregulho sem fins	GW Pedregulhos bem graduados ou misturas de areia de ped com pouco ou nenhum fino.
		Pedregulho com fins	GP Pedregulhos mau graduados ou misturas de areia e ped com pouco ou nenhum fino.
	Areias: 50% ou mais da fração graúda passando na peneira nº 4	Areias sem fins	GM Pedregulhos siltosos ou misturas de ped areia e silte.
			GC Pedregulhos argilosos, ou mistura de ped areia e argila.
		Areias com fins	SW Areias bem graduadas ou areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.
			SP Areias mau graduadas ou areias pedregulhosas, com pouco ou nenhum fino.
SOLOS DE GRADUAÇÃO FINA: 50% ou mais passando pela peneira nº 200	SILTES e ARGILAS com LL ≤ 50	SM Areias siltosas - Misturas de areia e silte.	
		SC Areias argilosas - Misturas de areia e argila.	
		ML Siltes inorgânicos - Areias muito finas - Areias finas siltosas e argilosas.	
		CL Argilas inorgânicas de baixa e média plasticidade - Argilas pedregulhosas, arenosas e siltosas.	
		OK Siltes orgânicos - Argilas siltosas orgânicas de baixa plasticidade.	
	SILTES e ARGILAS com LL > 50	MH Siltes - Areias finas ou siltes micáceos - Siltes elásticos.	
		CH Argilas inorgânicas de alta plasticidade.	
		OH Argilas orgânicas de alta e média plasticidade.	
		PT Turfas e outros solos altamente orgânicos.	
		Solos Altamente Orgânicos	

E através da “Figura 10” com os parâmetros (LL e IP) classifica-se o solo como siltes inorgânicos de mediana compressibilidade e siltes orgânicos.

**Figura 9. Classificação de solos tradicional (SUCS)**



### 5.7. Observações

A MCT inicialmente foi proposta para classificação do solo como base de

pavimentos devido às dificuldades que apareceram referentes à metodologia tradicional. Os resultados dos dois ensaios de compactação não são necessários para classificar a amostra de solo pelo método tradicional, fizeram-se esses ensaios porque o objetivo inicial era classificar o solo aplicando as duas metodologias, tradicional e MCT, e comparar os resultados, porém não foi possível aplicar a MCT devido à indisponibilidade de equipamentos na região, então se aplicou somente a tradicional.

## 6. CONCLUSÃO

Com base nos dados teóricos e práticos deste trabalho conclui-se que o solo estudado é solo proveniente de origem tropical, devido às qualidades e características nele apresentadas, por meio dos ensaios laboratoriais realizados; características como a granulação fina, como o tipo de região de onde foi retirada a amostra e devido às condições climáticas que o Brasil apresenta, por ser um país de clima tropical, porém, não depende só do tipo de região ser tropical e sim dos vários



fatores que influenciam no processo de classificação do solo.

De acordo com a aplicação da metodologia tradicional na amostra de solo do terreno do bairro Vila Isabel na cidade de Itajubá, a classificação gerou o resultado de solo de granulação fina, contendo maiores porcentagens de areia fina, silte e argila. Devido a todas essas considerações atingi o objetivo proposto.

Muitas vezes encontramos a classificação de um determinado solo sem um estudo cuidadoso, é importante e essencial que aprendamos a desenvolver estudos aprofundados e aplicações adequadas. É importante também o envolvimento das instituições de ensino ou empresas que trabalham nesse ramo investirem em profissionais e pesquisadores diante da metodologia que tem sido desenvolvida no Brasil, a MCT, específica para o solo da nossa região, não deixando de lado a metodologia tradicional que é conhecida e aplicada mundialmente.

Com esse trabalho pode-se aprender que não se deve acomodar, mesmo que algumas metodologias já estejam prontas para serem aplicadas, mas

sempre ter consciência da necessidade de buscar soluções mais adequadas, com pesquisas em novas metodologias.

## 7. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Centro Universitário de Itajubá - FEPI, seu corpo docente, direção e administração que direta ou indiretamente contribuíram para este trabalho. Ao mestre e amigo Prof. Mario Vitor Pinheiro, responsável por me orientar durante todo o desenvolvimento do trabalho, obrigada pela compreensão, paciência, confiança e principalmente pelo respeito. Obrigada!

## 8. REFERÊNCIAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 6457: Amostras de solo – Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. Rio de Janeiro, 1986.

\_\_\_\_ NBR 6459: Solo – Determinação do limite de liquidez. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_ NBR 7180: Solo – Determinação do limite de plasticidade. Rio de Janeiro, 1984.



\_\_\_\_\_ NBR 7181: Solo – Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 1984.

\_\_\_\_\_ NBR 7182: Solo – Ensaio de compactação. Rio de Janeiro, 1986.

\_\_\_\_\_ NBR 9895: Solo – Índice de suporte califórnia. Rio de Janeiro, 1987.

Caputo, H. P. Mecânica dos solos e suas aplicações. 5ed. Rio de Janeiro. Livros Técnicos e Científicos, 1977.

Davilla, C. Notas de aula – Mecânica dos Solos. 2008. Disponível em:

<[ftp://ftp.cefetes.br/cursos/Transportes/CelioDavilla/Solos/Literatura%20complementar/Notas%20de%20aula/unidade\\_4.pdf](ftp://ftp.cefetes.br/cursos/Transportes/CelioDavilla/Solos/Literatura%20complementar/Notas%20de%20aula/unidade_4.pdf)>. Acesso em: 05.Out.2015.

Departamento de Estradas de Rodagem de São Paulo. Métodos de ensaio. 1974. Disponível em: <<ftp://ftp.sp.gov.br/ftpder/pdf/MetodosEnsaio.pdf>>. Acesso em: 11.Mar.2015.

Departamento Nacional de Estradas de Rodagem. Solos – compactação em equipamento miniatura. DNER-ME 228/94.

\_\_\_\_\_ Solos compactados em equipamento miniatura – Mini-MCV. DNER-ME 258/94.

Departamento Nacional de Infra-Estrutura de Transportes. Manual de

pavimentação. 2006. Disponível em: <[http://www1.dnit.gov.br/arquivos\\_internet/ipr/ipr\\_new/manuais/Manual\\_de\\_Pavimentacao\\_Versao\\_Final.pdf](http://www1.dnit.gov.br/arquivos_internet/ipr/ipr_new/manuais/Manual_de_Pavimentacao_Versao_Final.pdf)>.

Acesso em: 26.Ago.2015.

Nogami, J. S.; Villibor, D. F. Estado atual da metodologia MCT de estudo geotécnico de solos: Simpósio sobre novos conceitos em ensaios de campo e laboratório em geotécnica. Rio de Janeiro, 1988.

Santos, E. F. Estudo comparativo de diferentes sistemas de classificações geotécnicas aplicadas aos solos tropicais. 2006. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Transportes) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

Villibor, D. F. et al. Pavimentos de baixo custo para vias urbanas. 2.ed. São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 196p.

Villibor, D. F.; Nogami, J. S. Pavimentos econômicos: Tecnologia do uso dos solos finos lateríticos. São Paulo: Arte & Ciência, 2009. 291p.



## **9. RESPONSABILIDADE**

### **AUTORAL**

“O autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.