

APLICAÇÃO DO MÉTODO DE CLASSIFICAÇÃO M.C.T. AO SOLO COESIVO FRICCIONAL DO MUNICÍPIO DE PASSO FUNDO - RS

Tennison Freire de Souza Júnior

Pesquisador/Doutorando do PPGECC da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
tennisonufpr@outlook.com

Felipe Ferreira Silva de Jesus

Graduação do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal da Bahia
ferreira.61@hotmail.com

Cesar Alberto Ruver

Professor do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
cesar@ufrgs.br

Karla Salvagni Heineck

Professora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul
karla.heineck@ufrgs.br

Cristhyano Cavali Luz

Pesquisador/Doutorando do PPGECC da Universidade Federal do Paraná
criscluz@hotmail.com

Resumo. Os solos de regiões de clima tropical possuem comportamentos distintos quando comparados aos consagrados depósitos sedimentares. De um modo geral, naqueles solos há variação de características químicas, físicas, mineralógicas e estruturais em decorrência das condições climáticas nas quais estão submetidas e da atuação de processos geológicos e pedogenéticos típicos das regiões tropicais úmidas. Desta forma, foi desenvolvido o método do M.C.T. (Miniatura, Compactado, Tropical), justamente, com intuito de avaliar o comportamento laterítico ou não do solo. O presente trabalho tem objetivo de apresentar a classificação através do método M.C.T. de um solo coesivo friccional localizado no campo experimental da Universidade de Passo Fundo, Rio Grande do Sul, através do procedimento em equipamento em subminiatura e o método da pastilha. Baseado nos ensaios realizados,

através do Mini – MCV e do método das pastilhas, o solo foi classificado como LG´ (Solo de comportamento laterítico argiloso).

Palavras-chave: Classificação MCT. Coesivo-friccional, Passo Fundo.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Burgos e Conciani (2015), solos localizados em regiões tropicais apresentam propriedades e comportamentos que distinguem de solos de regiões temperadas, os quais são comumente classificados pelos sistemas mais tradicionais. Estas distinções se devem aos aspectos físicos, químicos, mineralógicos associados à sua composição, cujos agrupamentos estruturais dos macroporos e microporos são consequentes da sua gênese.

As classificações mais tradicionais de solos, frequentemente, se julgavam incompatíveis às necessidades e projetos de obras rodoviárias e, portanto, resultavam em erros que acarretavam em um aumento significativo de custos na fase de terraplenagem (VILLIBOR e NOGAMI, 2009).

Burgos e Conciani (2015) afirmaram que em 1981, os pesquisadores da Universidade de São Paulo (USP) apresentaram a Classificação M.C.T., denominado assim por utilizar-se miniaturas de corpos-de-prova, compactados mediante procedimentos especiais destinados, especialmente, para solos tropicais, no Simpósio de Solos Tropicais em Engenharia na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) e, posteriormente, em 1985 no I Congresso de Geomecânica sobre Solos Tropicais Lateríticos e Saprolíticos realizado em Brasília. Nogami e Villibor (2009) acrescentaram que em 1998 houve a introdução do ensaio de compactação Mini-MCV (M-5) e de uma nova conceituação do c' no método.

Tendo em vista, que as classificações mais consagradas na literatura geotécnica, tais como *Unified Soil Classification System* (U.S.C.S) e da *Highway Research Board* (H.R.B) da AASHTO são limitadas em termos de solos tropicais, este trabalho tem como proposta realizar a classificação de um solo coesivo friccional situado no município de Passo Fundo (RS), pelo método M.C.T. (NOGAMI e VILLIBOR, utilizando os procedimentos de compactação dinâmica da Norma Técnica ME-258 (DNER, 1994) através do método das pastilhas e do Mini-MCV.

2. REVISÃO LITERÁRIA

Neste tópico serão anunciadas as informações referentes a revisão literária a respeito do solo coesivo friccional localizado no campo experimental da Universidade de

Passo de Fundo – RS (UPF-RS) e sobre a classificação de Solos - M.C.T.

2.1 Solo coesivo friccional do campo experimental da UPF – RS

Segundo Faro (2014) e Ruver (2011), o solo coesivo friccional do campo experimental de Passo Fundo (RS) tem um aspecto residual homogêneo oriundo da composição de rochas basálticas (ígneas) e arenitos (sedimentos).

Streck *et al.* (2002) citaram que em termos pedológicos, o solo da região de Passo Fundo é caracterizado como um Latossolo Vermelho Distrófico típico Argissílico componente da Unidade de Passo Fundo. O mesmo caracteriza-se por ser muito intemperizado, bem drenado e profundo, além de ser homogêneo por apresentar transição gradual entre horizontes. Quanto a composição mineralógica há uma predominância do argilomineral caulinita e óxidos de ferro (perceptível pela peculiaridade cromática vermelha). Vale também mencionar que o solo apresenta baixa CTC (atividade de argila inferior a 17 cmol/Kg), acentuada acidez, baixa reserva de nutrientes e toxicidade por alumínio para as plantas.

Segundo CPRM (2019), o campo experimental da Universidade de Passo Fundo está inserido na formação de intitulada pela simbologia K1βpr correspondente à fácies Parapanema que integra a Formação Serra Geral, pertencente ao éon Fanerozóico, era Mesozóica, período Cretáceo. As fácies Parapanema possuem como característica a presença de derrames basálticos granulares finos, melanocráticos, contendo horizontes vesiculares espessos preenchidos por quartzo (ametista), zeolitas, carbonatos, seladonita, Cu nativo e barita, compreende a maior concentração das jazidas de ametista do estado.

Quanto ao teor de umidade em função da profundidade, nos estudos de Dalla Rosa *et al.*

(2004) foi constatado que a variação da umidade natural está em torno de 28% a 40% até a profundidade de 5m.

A Tabela 1 relaciona estudos de caracterização de propriedades físicas ocorridos nestes solos por variados autores.

Tabela 1. Comparação de estudos de propriedades físicas referentes ao solo coesivo friccional da UPF-RS

Propriedades	Estudos			
	Carreta (2018)	Ruver (2011)	Dalla Rosa, Thomé e Ruver (2004)	Rizzon (2015) e Girardello et al. (2007)
Umidade natural média (%)	35	28,87	27 - 29	34
Peso específico dos grãos (kN/m ³)	26,5	26,7	26,5 - 28,2	26,7
Limite de Plasticidade – LP (%)	31	32 ± 4	35	42
Limite de Liquidez – LL (%)	42	41	55	53
Índice de Plasticidade – IP (%)	11	9	20	11

Em termos de classificação textural, Carretta (2018) realizou ensaio de granulometria e o solo possuiu 35% de areia e 65% de finos (dos quais: 60% de Argila e 5% de Silte).

Já Ruver (2011) obteve como resposta ao ensaio de granulometria frações de 0,45% de areia grossa, 2,06% de areia média, 18,57% de areia fina e 78,91% de finos (59% de Argila e 19,9% de Silte).

Por fim, Dalla Rosa *et al.* (2004) caracterizaram o mesmo solo e obtiveram 2% de Areia Média, 25% de Areia Fina, 8% de Silte e 65% de Argila.

Carretta (2018) comparando as características do solo de Passo Fundo do seu estudo com o Rizzon (2016) e Thomé *et al.*

(2017) concluiu-se em termos de grau de saturação do solo valores entre 72% e 75,7%. Em relação ao índice de vazios inicial entre 1,20 e 1,28 e um porosidade avaliada em 54% a 55%.

No que tange a avaliação de resistência ao cisalhamento, Carretta (2018) três ensaios triaxiais do tipo CD (Consolidado Drenado) executados nas tensões efetivas (p' inicial) de 20 kPa, 35 kPa e 50 kPa, conforme Figura 1.

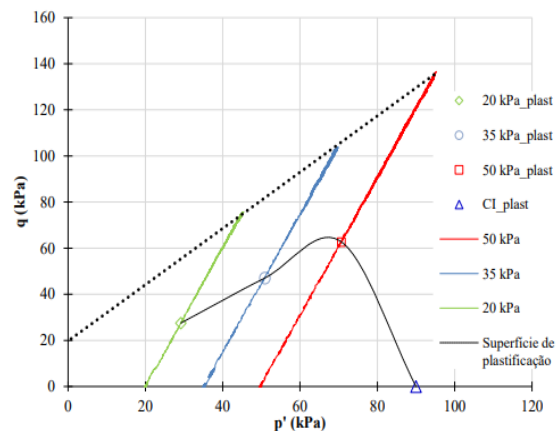


Figura 1. Trajetória de tensões e definição dos pontos de plastificação (Fonte: Carretta, 2018)

Como pode ser visto na Figura 1, para os níveis de tensões de confinantes estudados, o solo manifestou plastificação em $p' \approx 90$ kPa. Além disso, com base no mesmo ensaio, foram definidos parâmetros de coesão e ângulo de atrito, sendo c' igual a 9,52 kPa e ângulo de atrito ϕ igual a 30,5°.

Faro (2014) executou cinco ensaios de CPT e como pode ser visto na Figura 2, o perfil geotécnico ao longo de 15m de profundidade apresentou poucas variações de resistência de ponta e lateral, indicando assim um aspecto homogêneo em sua formação.

Em termos da classificação clássica de solos, Ruver (2011) citou que observando a granulometria e limites de plasticidade conclui-se que o solo coesivo friccional do campo experimental de Passo Fundo (UPF) pode ser classificado como A-5-7 (Solo Silto

Argiloso) pelo sistema *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) e CL (Argila de baixa a alta liquidez) pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos (SUCS).

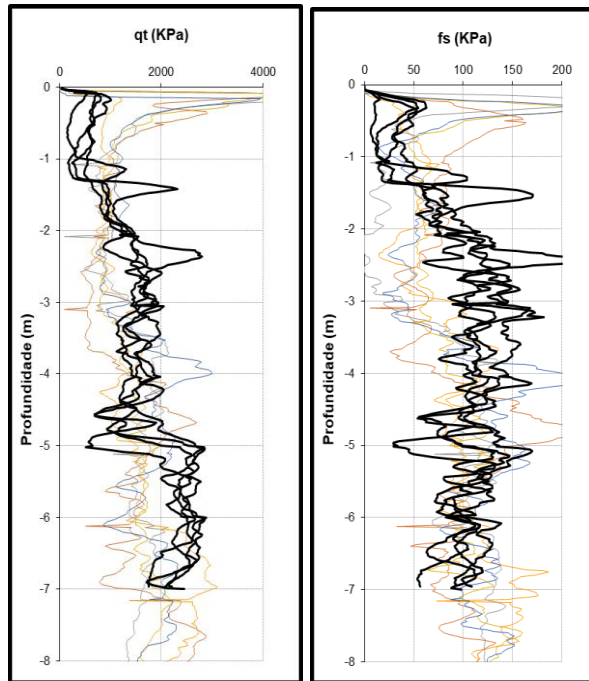


Figura 2. Ensaio de *Cone Penetration Test* (CPT) realizado no solo coesivo friccional da UPF-RS. (Fonte: Faro, 2014)

2.2 Classificação M.C.T. – Nogami e Villibor (1981)

Nogami e Villibor (1981) afirmaram que a classificação MCT desenvolvida divide os solos tropicais em duas categorias de comportamentos (Lateríticos e Não Lateríticos) subdivididas em 7 grupos através de Mini MCV's.

O sistema de classificação M.C.T. é adequado para solos cuja fração passante ocorre em sua totalidade na peneira #10 (abertura 2mm) ou fração retida é desprezível. Basicamente, a sistemática se subsidia do método de compactação de Parsons (1976) adaptada a corpos de prova de pequenas dimensões denominado de Mini-M.C.V.

Salienta-se que este ensaio é válido para entendimento da propriedade empírica do solo frente a variação de umidade sofrida pelo mesmo no local.

Além deste, com intuito de entender o comportamento laterítico do solo foi introduzido o ensaio de imersão total em água com uso dos cp's do Mini-M.C.V, segundo Nogami e Villibor (1981). Por fim, os mesmos afirmam que através destes ensaios (Mini-M.C.V e imersão total em água) é possível que sejam obtidas outras informações importantes:

- família de curvas de compactação com energia variável, desde a normal até a intermediária;
- capacidade de suporte, expressa em Mini-CBR, sem imersão dos corpos de prova e com máxima densidade que se pode conseguir com um determinado teor de umidade;
- Classificação de solos a partir de parâmetros que definem a curva de variação de teor de umidade em função do Mini-M.C.V;
- ordem de grandeza da permeabilidade;
- e por fim as características de expansibilidade e coesão do solo compactado sob condição de imersão total em água, confinamento parcial.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE COLETA

A área de coleta do solo para a realização da classificação localiza-se na região do campo experimental do laboratório de Geotecnia da Universidade de Passo Fundo – RS. As amostras foram obtidas nas profundidades até 1 metro em relação ao nível da superfície (cota -1), cujas as coordenadas são 28°22'64.31"S e 52°38'67.17"W, conforme anunciado na Figura 3.



Figura 3. Localização do campo experimental da Universidade de Passo Fundo-RS.

4. METODO DO ESTUDO

Neste tópico são descritos os métodos utilizados para a classificação de solos através do M.C.T., sendo o primeiro através do equipamento subminiatura (Mini-M.C.V) e o segundo através do método das pastilhas

4.1 Equipamento subminiatura (Mini-M.C.V)

Toda a sistemática realizada encontra-se descrita nos trabalhos de Nogami e Villibor (1981) e Villibor e Nogami (2009). Em resumo, as amostras secas foram destorroadas e peneiradas na peneira #10, sendo preparadas quatro porções com cerca de 200g de solo para diferentes umidades, deixadas em repouso por 10h (processo de homogeneização da umidade) e, posteriormente, as amostras foram compactadas

Cada porção de solo foi colocada em um cilindro com diâmetro de 5 cm, compactada com soquete pequeno. Foram aplicados golpes sucessivos, medindo-se a altura para um número crescente de golpes (1, 2, 4, 8, 16, ..., n, 4n ≤ 256). Aplicou-se golpes até que a diferença de altura entre duas séries de golpes fosse igual ou inferior a 0,1 mm ou quando ocorresse a exsudação de água ou 256 golpes. A partir dos dados de compactação,

determinou-se o peso específico seco para cada conjunto de série de golpes.

Em seguida, foram plotadas as curvas de diferença de altura pelo número de logaritmo dos golpes para cada corpo de prova (umidade). Para cada teor de umidade obteve-se o valor de B_i , que é o número de golpes para uma diferença de altura de 2 mm. A partir do B_i determinou-se o valor de Mini-MCV (Eq. 1) para cada umidade de compactação.

A próxima etapa consistiu na determinação do parâmetro c' , que é obtido pela Eq. 2, para um Mini-MCV de 10. Na prática é a inclinação da reta do trecho linear da curva que passa pelo Mini-MCV de 10. Quando não se obtém exatamente o mini-MCV de 10 para uma dada umidade, deve-se interpolar uma reta entre os dois valores mais próximos de 10.

$$\text{Mini-MCV}_i = 10 \cdot \log(B_i) \quad (1)$$

$$c' = [\Delta \cdot (A_n - A_{4n})] / [10 \cdot \Delta \cdot \log(n)] \quad (2)$$

A seguir, plotou-se os gráficos de massa específica seca pela umidade de compactação, resultando em uma curva para cada número de golpes. A partir destas curvas, determinou-se o parâmetro d' , que corresponde a inclinação da curva no ramo seco para 12 golpes. Deve-se atentar para que d' seja determinado com massa específica em kg/m^3 e para umidade utiliza-se o valor absoluto, sem o percentual.

Após a compactação, extraiu-se uma porção de material referente a 1 cm dos corpos de prova, colocando os moldes horizontalmente na água por 20 horas, com recipientes metálicos para coleta de solo que, por ventura, se desprendesse.

Posteriormente, colocou-se os recipientes na estufa para secagem do solo. A seguir determinou-se a relação da massa de solo dependida pela massa de solo correspondente ao solo extraído para cada umidade, obtendo-se o percentual de perda de massa. Plotou-se,

então, uma curva de perda de massa pelo Mini-MCV. A partir desta curva determinou-se o percentual de perda de massa por imersão (P_i), correspondente a um Mini-MCV de 10, se o solo apresentasse baixo peso específico (alturas finais superiores a 48 mm) ou de 15, se o solo apresentasse alto peso específico (alturas finais menores que 48 mm).

Com os valores de d' e P_i , obteve-se pela Eq. 3, o valor do parâmetro e' .

$$e' = (P_i/100 + 20/d')^{1/3} \quad (3)$$

Por fim, com os valores de c' e e' , foi utilizado o ábaco de classificação, obtendo-se a classificação do solo para um dos sete grupos de classificação, em função do comportamento laterítico (L) ou não laterítico (N), acompanhado da textura (A = areia, A' = arenoso, S' = siltoso ou G' = argiloso).

4.2 Método das pastilhas

Villibor e Nogami (2009) descreveram o ensaio. Dessa forma, as pastilhas foram moldadas com o solo passante na peneira #40 em consistência pastosa padronizada. Através destas pastilhas circulares foram obtidos valores de contração diametral e da sua consistência. Para que se atinja o estado pastoso padronizado foram realizados ciclos de molhagem e secagem na amostra (usando placa de vidro esmerilhada) até que se atingisse um teor de umidade de pasta, através de um minipenetrômetro, cuja consistência permite a penetração de 1mm. Por fim, foram moldadas as pastilhas em anéis de 20 mm de diâmetro interno e 5mm de altura.

Após a moldagem, as pastilhas foram submetidas à secagem em estufa a baixa temperatura (em torno de 50°C). Com isso, é medida a contração diametral, C_d , de cada uma delas, sendo elas correlacionadas ao coeficiente c' através das equações 4 e 5.

a) Quando $0,1 \leq C_d \leq 0,5\text{mm}$:

$$c' = [1 + \text{Log}_{10} C_d]/0,904 \quad (4)$$

b) Quando $C_d \geq 0,6\text{mm}$:

$$c' = [0,7 + \text{Log}_{10} C_d]/0,50 \quad (5)$$

Por fim, as pastilhas foram embebidas em água por capilaridade e posteriormente sua consistência foi obtida através do minipenetrômetro. Desta forma, o valor gerado através da penetração (p) na pastilha embebida foi correlacionada com o índice e' .

5. RESULTADOS

Partindo das informações da interpretação do gráfico da Figura 4 foi obtido através da relação diferença de altura vs número de golpes um valor de c' igual a 2,03.

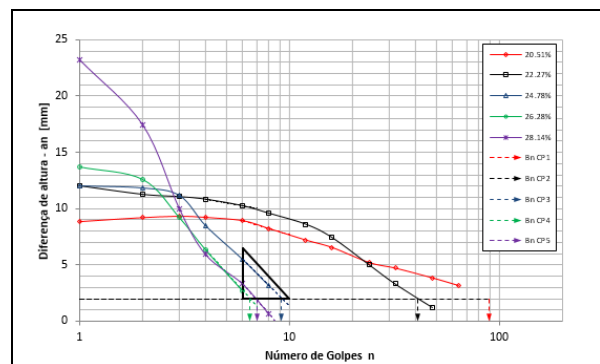


Figura 4. Relação entre diferença de altura (mm) vs número de golpes (n) – Ensaio de Compactação Mini-M.C.V

Baseado nas curvas de compactação da Figura 5, foi possível calcular um valor d' igual a 60,91.

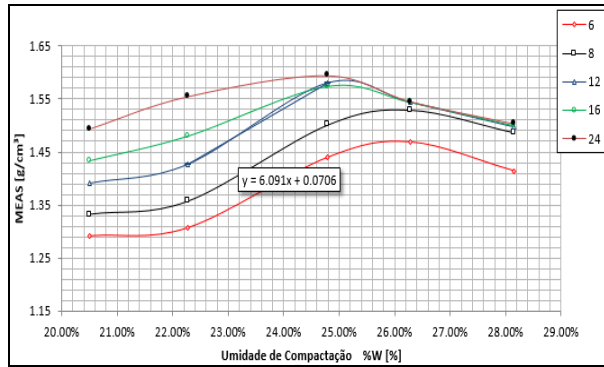


Figura 5. Relação entre Massa Específica Aparente Seca - MEAS(g/cm³) vs umidade compactação (%) – Ensaio de compactação

Através do gráfico anunciado na Figura 6 foi possível obter um valor de altura final de 51,3 mm para um Mini- MCV igual a 10.

Por fim, calculou-se o índice e' em função da Eq. (3), onde o mesmo foi igual a 0,69 para um valor Pi(%) igual a 0,03%, como pode ser visto na Figura 7.

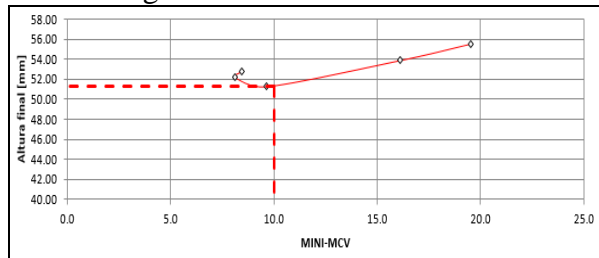


Figura 6. Relação entre Altura Final (mm) vs Mini-MCV – Comportamento de imersão

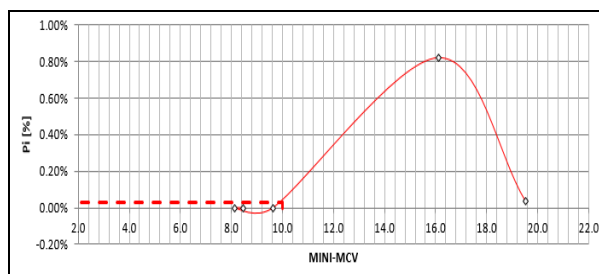


Figura 7. Relação entre Pi (%) vs Mini-MCV – Comportamento de imersão

Como pode ser visto na Figura 8, o solo coesivo friccional do campo experimental da UPF-RS foi classificado como Solo Laterítico Argiloso (LG'), o que condiz com o teor de finos citados nos ensaios granulométricos dos

trabalhos de Carretta (2018) e Ruver (2011), que foi de aproximadamente 60%.

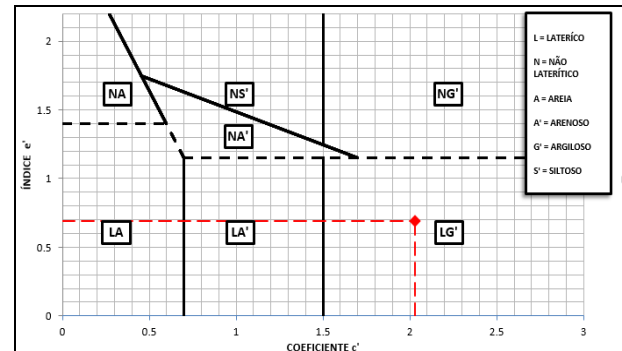


Figura 8. Classificação M.C.T do solo coesivo friccional da UPF-RS considerando os critérios da ME -258 (DNER, 1994).

Quanto ao método das pastilhas, foram utilizadas cinco argolas e retirados os valores médios de três diâmetros, conforme Tabela 2.

Tabela 2. Moldagem das argolas

Ø	Argolas				
	1	2	3	4	5
1	19.93	19.97	19.94	19.95	19.97
2	19.96	19.97	19.86	19.99	19.97
3	19.95	19.98	19.94	19.99	19.88
Média	19.95	19.97	19.91	19.98	19.94

Após a secagem das amostras foram obtidos os resultados anunciados na Tabela 3.

Tabela 3. Argolas após a secagem

Ø	Argolas				
	1	2	3	4	5
1	18.10	17.63	17.92	18.10	17.48
2	18.01	17.74	18.02	18.19	17.56
3	17.84	17.88	17.00	18.04	17.83
Média	17.98	17.75	17.65	18.11	17.62

Com isso foram calculadas as contrações e' em função da Eq. (5) e anunciadas na Tabela 4.

Tabela 4. Cálculo das contrações das amostras

Contração (c_d)	1.97	2.23	2.27	1.87	2.32
c'	1.99	2.10	2.11	1.94	2.13

Por fim, foram obtidas as penetrações médias em cada uma das cinco argolas Tabela 5.

Tabela 5. Relação das penetrações médias nas argolas

Penetração	Argolas				
	1	2	3	4	5
1	0.44	0.17	0.18	0.50	0.47
2	0.53	0.25	0.08	0.26	0.35
3	0.44	0.21	0.17	0.18	0.28
Média	0.47	0.21	0.14	0.31	0.37

Uma vez determinados todos os valores foram calculados os valores de $c'_{\text{médio}}$ e $\text{penetração}_{\text{média}}$ e que foram iguais a 2,05 e 0,30, respectivamente. De posse desses valores e tendo em vista os limites mencionados na Tabela 6, o solo coesivo friccional do campo experimental da UPF-RS novamente foi classificado como Solo Laterítico Argiloso (LG').

Tabela 6. Relação de classificação de solos pelo método das pastilhas

c'	Penetração	Grupo MCT
$\leq 0,5$	≤ 3	LA
	3,1 a 3,9	NA
	≥ 4	NA/NS'
0,6 a 0,9	≤ 2	LA-LA'
	2,1 a 3,9	NA/NS'
	≥ 4	NS'/NA'
1 a 1,3	≤ 2	LA'
	2,1 a 3,9	NA/NS'
	≥ 4	NS'/NA'

1,4 a 1,7	≤ 2	LA'-LG'
	2,1 a 3,9	NA'/NG'-NS'
$\geq 1,8$	≥ 4	NS'-NG'
	≤ 2	LG'
	2,1 a 3,9	NG'
	≥ 4	NG'

Os solos de comportamento lateríticos argilosos, de acordo com Nogami e Villibor (1981) são geralmente argilas ou argilas arenosas. As mesmas apresentam alta capacidade de suporte em Mini CBR sem imersão, baixa capacidade de suporte por imersão, baixa expansão, média a alta contração, baixa permeabilidade e média a alta plasticidade.

Vale destacar um desacordo dentre os comportamentos citados em termos de permeabilidade. Segundo Rizzon (2015), a permeabilidade natural do solo coesivo friccional do campo experimental da UPF possui um valor de $1,05 \times 10^{-5}$ m/s, o que seria equivalente a condutividade hidráulica de um solo arenoso, ou seja, média a alta permeabilidade. Este comportamento ocorre devido a estrutura porosa do solo em seu estado natural (da ordem de 55%).

A partir da Tabela 7, que apresenta a classificação M.C.T de diversos municípios próximos a Passo Fundo, com as respectivas classificações realizadas pela metodologia tradicional (equipamento subminiatura - Mini-M.C.V) e expedita (método das pastilhas), foi percebido que o solo do campus experimental de Passo Fundo-RS apresentou a mesma classificação dada pela M.C.T comparada a outros solos pertencentes a mesma unidade geológica. A Figura 9 apresenta um mapa com a localização dos municípios para os quais foi feita a classificação MCT.

Tabela 7. Classificação M.C.T de vários solos do noroeste gaúcho (adaptado de WAHYS *et al.*, 2017)

Local	Classificação M.C.T	
	Tradicional	Expedita
Ajuricaba/RS	LG´	NG´
Ijuí/RS	LG´	LG´
Capão do Cipó/RS	LG´	LG´
Jóia/RS		LA´-LG´
Palmeira das Missões/RS		LG´
Santa Rosa/RS		LG´
Tupanciretã/RS		LA´-LG´
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´

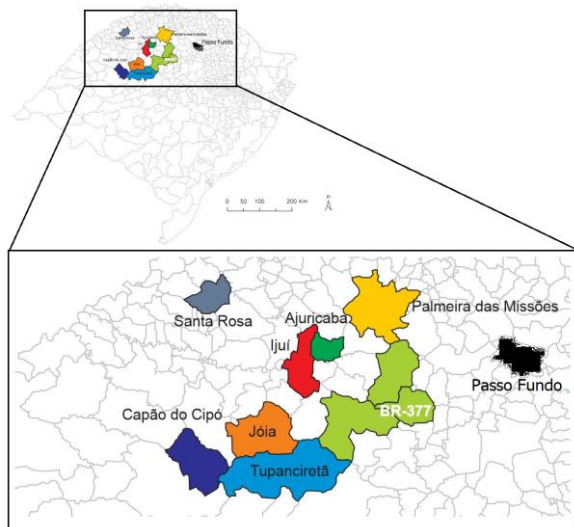


Figura 9. Mapa indicativo dos municípios onde foi realizada a classificação MCT (adaptado de PUFAL *et al.*, 2016)

Em termos de características e comportamentais, Massad (2016) citou que os solos lateríticos são superficialmente bem drenados e ficam situados acima do lençol freático, assim como sofrem ainda a ação de processos físico-químicos. Comumente nestes

solos ocorrem fenômenos de lixiviação (carreamento de partículas por ação física da água), de sílica e bases, e também de argilominerais de camadas superficiais para as mais profundas. Aliado a estes fatores, os solos lateríticos possuem elevada resistência a erosão em função da adesão provinda dos óxidos de ferro, e que também possibilitam cortes arrojados em escavações, entretanto, eles geralmente são colapsíveis e apresentam elevada compressibilidade.

Pinto (2006) incrementou que os solos lateríticos, embora naturalmente sejam encontrados em condições não saturados e com elevados índices de vazios, quando compactados apresentam elevada capacidade de suporte. Além disso, após a compactação, em situações em que haja aumento de umidade, apresentam baixa contração e nenhuma expansão.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Baseado nas informações mencionadas no trabalho acima é possível estabelecer determinadas considerações:

- O solo foi caracterizado pela classificação M.C.T através do Mini-MCV como um Solo de Comportamento Laterítico Argiloso (LG´);
- Assim como no ensaio do Mini-M.C.V, o solo foi caracterizado pelo método das pastilhas como um Solo de Comportamento Laterítico Argiloso (LG´);
- A classificação obtida é condizente com as características do solo do campo experimental, pois apresenta uma coloração vermelha, estrutura porosa, elevado índice de vazios, elevada condutividade hidráulica e finos agregados com alta resistência hídrica;

- d) Como pode ser visto na Tabela 7 e Figura 9, a classificação M.C.T do solo do campo experimental da UPF condiz com as classificações dos solos dos municípios adjacentes que se alocam na mesma unidade geológica.

Autorizações/Reconhecimento

Os autores deste artigo conferem ao evento o direito de publicação de todo o conteúdo do estudo em questão.

Agradecimentos

Os autores expressam a sua gratidão à CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal Nível Superior) pelo fomento à pesquisa do PPGEC (Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil) da UFRGS (Universidade Federal do Rio Grande do Sul) e ao Laboratório de Geotecnia da UFBA (Universidade Federal da Bahia) pelo fornecimento da infraestrutura para realização dos ensaios de Mini-MCV

7. REFERÊNCIAS

- BURGOS, P. C.; CONCIANI, W. Índices físicos, textura, consistência e classificação de solos. In: CARVALHO, J. C., et al. **Solos não saturados no contexto geotécnico**. São Paulo, São Paulo – Brasil: Ed. ABMS, 2015, 759 p.
- CARRETTA, M. S. **Comportamento de um solo residual levemente cimentado: Estimativa de capacidade de carga para estacas submetidas a esforços transversais**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil): Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre RS, 2018.
- COMPANHIA DE PESQUISAS DE RECURSOS MINERAIS. **Mapa Geológico do estado do Rio Grande do Sul**. Disponível em:<http://www.cprm.gov.br/publique/media/geologia_basica/cartografia_regional/mapa_ri_o_grande_sul.pdf>. Acesso em 20 de Mar. de 2019.
- DNER. **ME-258: Solos compactados em equipamento miniatura**. Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, Brasília – Brasil, 1994,14p.
- FARO, V. P. **Carregamento lateral em fundações profundas associadas a solos tratados**. 2014. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil): Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre RS, 2014.
- MASSAD, F. **Mecânica dos solos experimental**. São Paulo, São Paulo – Brasil: Ed Oficina de Textos, 2016. 287p.
- NOGAMI J. S.; VILLIBOR, D. F. Uma nova classificação de solos para finalidades rodoviárias. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SOLOS TROPICAIS EM ENGENHARIA, 1., 1981, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: UFRJ, 1981. p. 30-41.
- PUFAL, L.; et al. (2016) Classificação de Solos da Região Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul pela Metodologia MCT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 18., 2016, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: ABMS, 2016. CD-ROM.
- PARSONS, A. W. **The rapid measurement of the moisture condition of Earth moving material**. LR 750. Transport and Road Research Laboratory, Crowthorn, U.K, 1976.

PINTO, C. S. **Curso básico de Mecânica dos Solos.** São Paulo, São Paulo – Brasil: Ed Oficina de Textos, 2006. 367p.

RUVER, C. A. **Estudo do arrancamento de fundações em solos tratados com cimento.** 2011. Tese (Doutorado em Engenharia Civil – Departamento de Engenharia Civil): Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre RS, 2011.

STRECK, E. V.; et al. **Solos do Rio Grande do Sul.** Porto Alegre, Rio Grande do Sul – Brasil: EMATER, 2002, 107p.

VILLIBOR, D. F.; NOGAMI, J. S. **Pavimentos econômicos: Tecnologia do uso dos solos finos lateríticos.** São Paulo, São Paulo – Brasil: Ed Arte & Ciência, 2009. 291p.

WAHYS, C. A. S. P.; et al. Pesquisa Aplicada para Emprego de Solos Lateríticos do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul em Pavimentação Econômica. In: DE OLIVEIRA, T. D. **Educação, Espaço Construído e Tecnologias: Reflexões, Desafios e Perspectivas.** Curitiba, Paraná - Brasil: Ed. CRV, 2017, 297-309 p.