



Classificação das Unidades Geotécnicas contidas na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira em Joinville/SC através do ensaio de Miniatura Compactada Tropical – MCT

Diogo Marcelo Zimmermann

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, E-mail: engenheiro.diogomarcelo@gmail.com

Rafael Augusto dos Reis Higasi

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, E-mail: rrhigashi@gmail.com

Marcelo Heidemann

Universidade Federal de Santa Catarina, Joinville, Brasil, E-mail: marcelo.heidemann@ufsc.br

Matheus Klein Flach

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, Brasil, E-mail: matheus.k.flach@gmail.com

RESUMO: Este trabalho tem como objetivo promover a classificação das unidades geotécnicas contidas na Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC), através do ensaio MCT expedito. A BHRC está localizada no município de Joinville, estado Santa Catarina que encontra-se na região sul do Brasil. Para a caracterização dos solos desta bacia, coletou-se amostras deformada de solo com o uso de trado holandês na profundidade de 1,0 m. Tais amostras corresponderam a unidades geotécnicas definidas através da proposta metodológica de Davison Dias (1995), que prevê a interação entre as bases cartográficas de pedologia, litologia e modelo digital de terreno. Os resultados obtidos em laboratório apontaram que todos os cinco solos ensaiados apresentaram elevada quantidade de finos e média plasticidade. Segundo a classificação MCT três solos foram classificados como lateríticos e dois como saprolíticos, ou seja, a classificação MCT foi capaz de reconhecer características de aplicação dos solos (CXgn, CXsq e PVgn) na construção de estradas, contrariando as recomendações obtidas pelos dois outros métodos (AASHTO e SUCS) realizados por este trabalho.

PALAVRAS-CHAVE: Ensaio MCT, Solos de Joinville, Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira

1 INTRODUÇÃO

A má utilização do solo pode causar inúmeros problemas decorrentes da intervenção humana no ambiente, que muitas vezes não avalia corretamente os custos nem os riscos geotécnicos envolvidos nas obras de engenharia. Desta forma, a busca do conhecimento pelas características geotécnicas

se faz extremamente necessária e o planejamento urbano das grandes cidades não pode ser elaborado sem considerar os aspectos de mecânica dos solos como sendo uma das condicionantes mais importantes (HIGASHI, 2006).

O reconhecimento das características apresentadas pelo solo tem importância tanto para o órgão gestor público quanto para os



engenheiros projetistas, uma vez que, distinguir as características de cada unidade geotécnica pode contribuir na minimização dos custos e otimização da segurança das obras de engenharia. Para tal, há uma elevada gama de ensaios que podem ser realizados para a investigação das características geotécnicas do solo, no entanto, alguns métodos são menos complexos e podem ser menos onerosos (DOS SANTOS & PARREIRA, 2015).

A Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC) está localizada na cidade de Joinville/SC, que apresenta característica macro climática subtropical, onde os processos de intemperização das rochas tendem a formar perfis de solos considerados espessos.

A metodologia Miniatura Compactada Tropical (MCT) propõe uma classificação alternativa a solos tropicais baseada em características distintas das utilizadas pelas metodologias tradicionais e segmentadas em regiões de solos temperados (*Unified Soil Classification System - SUCS* e *Highway Research Board System - HRB - AASHTO*), que por sua vez levam em consideração os Limites de Atterberg e granulometria.

Os ensaios MCT vêm sendo empregado como uma ferramenta de reconhecimento das características dos solos e tem apresentado bons resultados para as análises preliminares de aptidão destes materiais para aplicações em pavimentação. Diante disto, buscou-se comparar os resultados associados à classificação dos solos pelo método MCT expedito com as metodologias AASHTO e SUCS, com finalidade de reconhecer as limitações de cada uma das unidades geotécnicas da BHRC.

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira (BHRC) está localizada no município de Joinville entre a Latitude 25° 00'00" S,

Longitude 49° 13' 00" O e a Latitude 26° 28'00"S e Longitude 48° 30'00"O e encontra-se no estado de Santa Catarina; situado na Região Sul do Brasil, conforme apresentado na Figura 1.

A BHRC apresenta área aproximada de 80 km² e drena cerca de 7,3% do território joinvillense, sendo que seu rio principal tem extensão aproximada de 14,9 km. Cabe ainda ressaltar que tal bacia recebe a contribuição de 11 sub-bacias conforme apresentado por Conorath (2012).

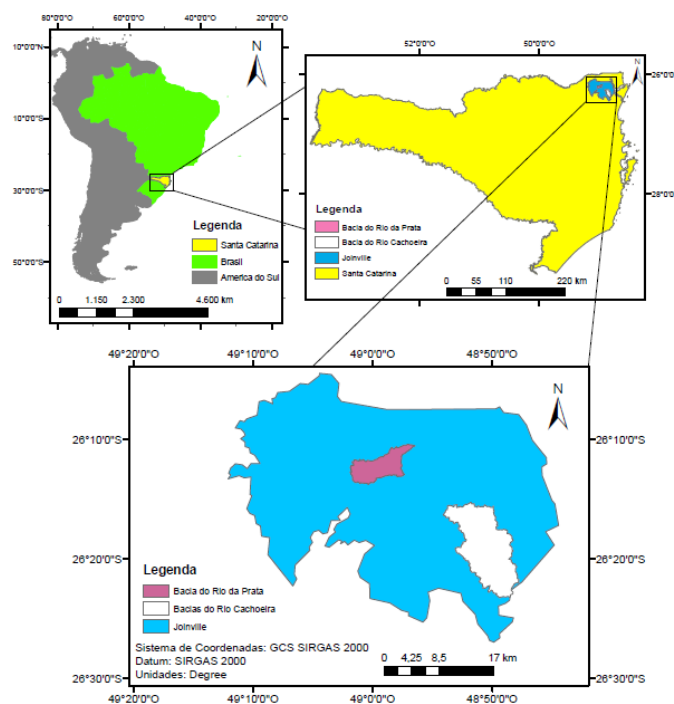


Figura 1 – Localização Geográfica da Área de Estudo

Segundo Gonçalves (1993), o município de Joinville e suas adjacências apresentam embasamento geológico cristalino correspondente à Serra do Mar (Escudo Catarinense) formados na era do pré-cambriano combinados com sedimentos recentes, sendo que a porção urbanizada de Joinville/SC é composta por uma predominância litológica de gnaiss granulítico, gnaiss bandado e depósitos sedimentares recentes.



Sobre os depósitos sedimentares recentes é possível afirmar que os mesmos ocorrem principalmente nas áreas urbanizadas de Joinville, representados por areias e argilas, recorrentes do período do quaternário (BAGGIO, 1997), já nas porções mais altas do relevo que envolve a BHRC, o embasamento geológico encontra-se num avançado estágio de intemperismo, gerando um solo com características argilosas, impermeáveis e vulnerável a processos erosivos se expostos à ação pluviométrica (CONORATH, 2012). Os gnaisses encontrados em Joinville/SC estão ligados ao Complexo Luís Alves (MELLO et al, 2017), sendo que, tal complexo “corresponde a uma assembleia petrotectônica de rochas metamórficas principalmente da fácies granulito de composição básica intermediária” (SANTA CATARINA, 1986).

A base cartográfica de litologia da área de estudo (disponível na plataforma SIMGeo com escala de 1:5.000) realizada pela Prefeitura Municipal de Joinville no ano de 2012, aponta que a BHRC apresenta 63,82% da sua área composta por sedimentos do quaternário e 36,18% composta por gnaisses (Figura 2)

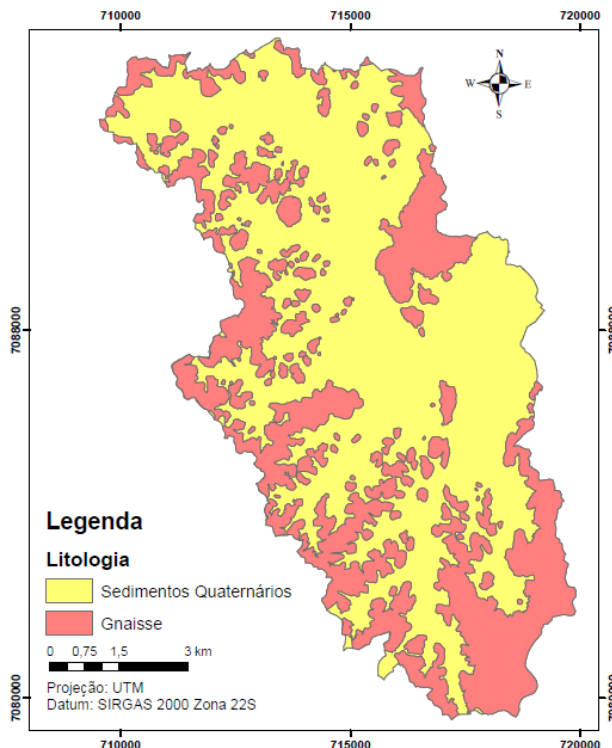


Figura 2 – Mapa Litológico da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira
 Fonte: do autor (2019)

Quanto à pedologia da BHRC, é possível observar que as principais classes de solo são o Argissolo Amarelo, Cambissolo Flúvico, Cambissolo Háptico, Gleissolo Háptico, Neossolo Litólico e Solos Indiscriminados de Mangue (Tabela 1).

Tabela 1 - Distribuição das Classes Pedológicas da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira

Classe de Solo	Área (km ²)	Área (%)
Argissolo Amarelo	7,324	8,85
Cambissolo Flúvico	44,152	53,32
Cambissolo Háptico	20,274	24,49
Gleissolo Háptico	1,506	1,82
Neossolo Litólico	3,545	4,28
Solos Indiscriminados de Mangue	5,997	7,24
Total	82,798	100

O mapa pedológico da BHRC é mostrado na Figura 3 e foi construído com uso da base cartográfica realizada pela Prefeitura Municipal



de Joinville no ano de 2012, com escala de 1:5.000.

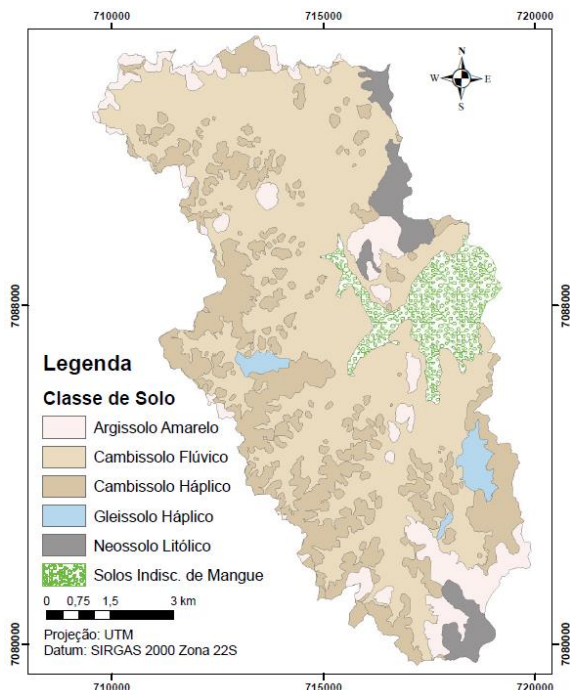


Figura 3 – Mapa Pedológico da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira

Fonte: do autor (2019)

Sobre as características de cada um dos solos existentes na BHRC, Uberti (2011) fez um estudo detalhado destacando as características de cada um, onde:

- Argissolo Amarelo: apresenta acentuadas profundidades (indiferente da inclinação do relevo), sendo que, o mesmo ocorre mais frequentemente nas áreas de relevo fortemente ondulado (20 a 45% de inclinação) e com texturas argilosas/muito argilosas com situação favorável para ótima retenção de umidade;
- Cambissolo Háptico: é a classe de solo que mais ocorre no município de Joinville, sendo estes, solos jovens e com desenvolvimento pedogenético em processo de evolução. Este solo é profundo e apresenta textura argilosa e tem ótima capacidade de armazenamento de umidade combinado a boa drenagem.
- Cambissolo Flúvico: são solos que estão diretamente relacionados com materiais de

origem aluvionar e apresentam a sequência completa dos horizontes A, B e C, onde o horizonte A é considerado espesso e o horizonte B muito espesso. As classes texturais franco argilosiltosa e franco arenosas combinadas com o relevo plano favorecem a condição de drenagem e baixa erosão do mesmo;

- Gleissolo Háptico: apresentam sequência de horizontes incompletas, onde o horizonte A é do tipo moderado, cor bruno acinzentado escuro com transição clara para o horizonte Cg. Este solo apresenta textura argilosa (com consistência plástica e pegajosa) e tem má condição de drenagem, onde, o lençol freático encontra-se sempre muito próximo da superfície, uma vez que o mesmo ocupa regiões de relevo plano (0 à 3% de inclinação);
- Neossolo Litólico: são solos que apresentam baixo desenvolvimento pedogenético, influenciados pelo relevo acidentado e/ou diaclasamento horizontal da rocha, onde o mesmo apresenta uma sequência incompleta dos horizontes, sendo que o horizonte A apresenta pequena espessura, textura argilosa, e a transição para o horizonte C ocorre de forma abrupta. Estes solos somente são encontrados nas áreas de relevo montanhoso ou escarpado;
- Solos Indiscriminados de Mangue: são os ambientes de transição entre o ambiente terrestre e o marinho, ocupando relevo plano e em condições de péssima drenagem. Este solo ocupa a região de exultório da BHRC, onde há o encontro entre a Lagoa do Saguaguçu que faz parte do estuário da Baía da Babitonga e a BHRC.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Esta pesquisa pode ser caracterizada quanto a sua natureza como sendo aplicada e foi desenvolvida de forma exploratória. Os procedimentos seguidos por esta pesquisa estão



apresentados no fluxograma ilustrado pela Figura 4.

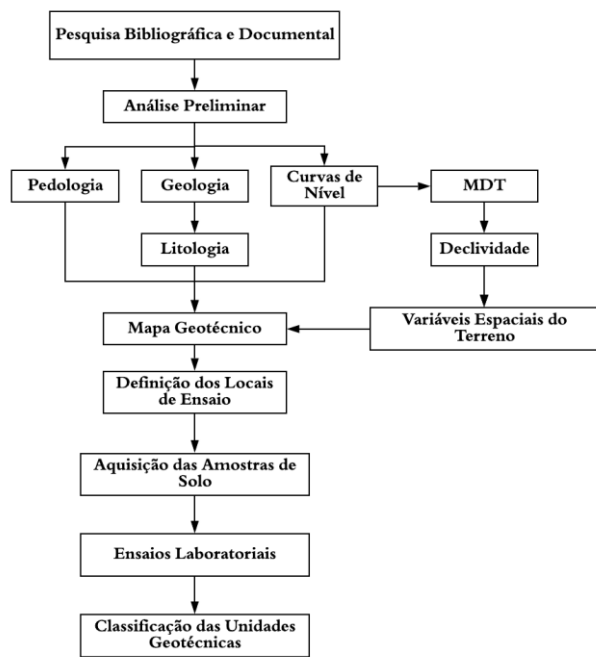


Figura 4 – Fluxograma de Atividades Desenvolvidas neste Trabalho

3.1 Mapa Geotécnico

Diversos autores brasileiros têm desenvolvido diferentes técnicas de mapeamento geotécnico. Este trabalho seguirá a metodologia proposta por Davison Dias em 1995, sendo que tal metodologia tem sido utilizada de forma mais frequente no sul do Brasil e vem apresentando bons resultados em trabalhos similares a este.

Baseado nesta metodologia foi realizada a sobreposição da base cartográfica litológica, pedológica e topográfica (curvas de nível) com objetivo de conceber o mapa Geotécnico. Tal sobreposição foi realizada em ambiente SIG (ArcGis 10.3) e deu origem a polígonos de áreas que apresentam comportamento geomecânico hipoteticamente similar, Figura 5.

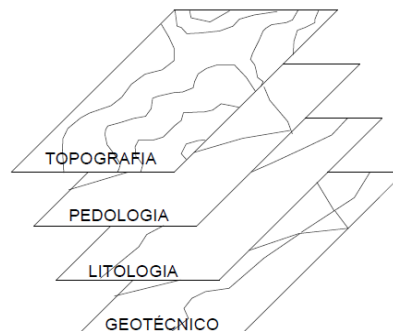


Figura 5 – Metodologia para Gerar Mapa Geotécnico
 Fonte: do autor (2019)

A partir da Figura 5, é possível observar que este método correlaciona o comportamento do solo à sua gênese, sendo que, a partir das citadas bases foi realizada a classificação dos polígonos do mapa geotécnico conforme o método apresentado na Figura 6.

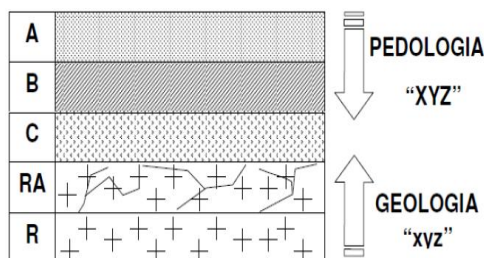


Figura 6 – Classificação dos Polígonos para o Mapa Geotécnico
 Fonte: Higashi (2006)

A Figura 6 mostra que o mapa Geotécnico foi classificado utilizando a nomenclatura dos horizontes A e B da base pedológica (representado por letras maiúsculas) e a nomenclatura do horizonte C, RA e R da base litológica (representado por letras minúsculas). A classificação das unidades geotécnicas foram realizadas baseado-se na Tabelas 2 (Pedologia) e Tabela 3 (Litologia).

Tabela 2 – Simbologia das Classes Pedológicas segundo IBGE

Sigla	Classificação	Sigla	Classificação
PV	Argissolo vermelho	CY	Cambissolo flúvico
RL	Neossolo litólico	CX	Cambissolo hálico



Cabe ressaltar que, o presente trabalho aborda a nova classificação dos solos e para tal, adotou as siglas desenvolvidas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) exposta no Manual Técnico de Pedologia elaborado em 2007, conforme apresentado na Tabela 2.

Tabela 3 – Simbologia Simplificada das Classes Litológicas

Sigla	Classificação	Sigla	Classificação
Sq	Sedimentos quaternários	gn	Gnaise

3.2 Realização de Ensaios de Geotécnicos

Na obtenção das amostras de solo para realização dos ensaios de caracterização das unidades geotécnicas observou-se as condições apresentadas na ABNT NBR 9604/2016.

A escolha dos pontos ao qual foram coletadas as amostras, tiveram como características pontos que apresentam as menores interferências antrópicas. Todos os pontos de coleta tiveram suas coordenadas georreferenciadas com uso de GPS pelo sistema Universal Transversa de Mercator (UTM), apresentadas na Tabela 4.

As amostras deformadas, foram obtidas a profundidade de 1,0 m com uso de um trado pedológico com diâmetro de 3 polegadas.

Os ensaios de caracterização das unidades geotécnicas foram realizados no Laboratório de Mecânica dos Solos do Departamento de Engenharia Civil de Infraestrutura localizado nas dependências da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) campus de Joinville/SC.

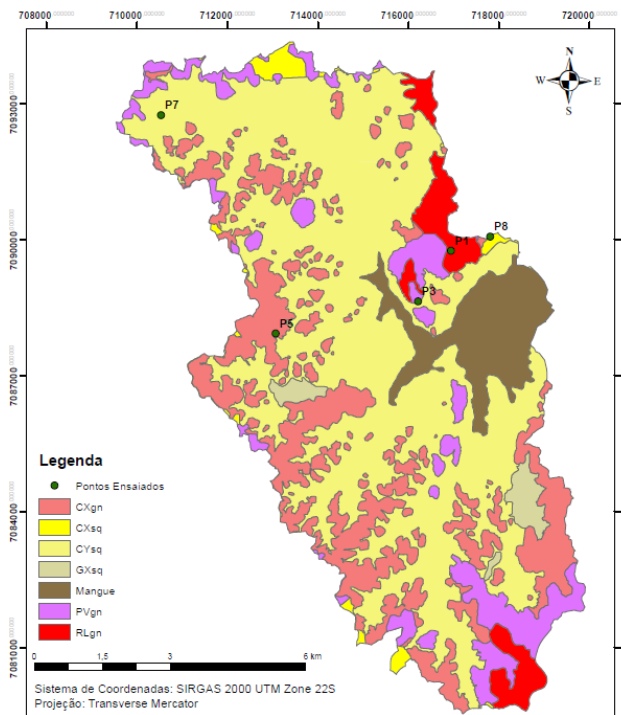


Figura 7 – Localização das retiradas de Amostras Utilizadas nos Ensaios de Laboratório.

Tabela 4 – Coordenadas do Pontos de Coletas de Solo

Unidade Geotécnica	Ponto	E	N
RLgn	P1	716939	7089749
PVgn	P3	716213	7088633
CXgn	P5	713065	7087923
CYsq	P7	710531	7092741
CXsq	P8	717686	7090043

Amostras de solos deformadas foram utilizadas para os ensaios descritos a seguir:

- Análise de Granulometria: NBR7181/2016;
- Ensaio de limites de consistência: NBR7180/2016 e NBR6459/2016;
- Ensaio de pastilhas da Miniatura Compactada Tropical (MCT) – este ensaio utilizará o sistema de classificação predefinido por Nogami e Villibor (1994; 1995), complementada pela classificação expedita por Godoy (1997).

Os dados oriundos destes ensaios de laboratório foram utilizados para a classificação dos solos, que neste trabalho foi realizada conforme os métodos convencionais da



American Association of State Highway and Transportation Officials - AASHTO, pelo Sistema Unificado de Classificação de Solos - SUCS e o último ensaio classifica as unidades geotécnicas, de acordo com método expedito das pastilhas de Miniatura Compactada Tropical – MCT.

4 RESULTADOS

Durante a execução do ensaio MCT, observou-se que o Neossolo Litólico com substrato de Gnaisse (RLgn) e Cambissolo Flúvico com litologia de Sedimentos do Quaternário (CYsq) apresentaram características expansivas, uma vez que no processo de reabsorção de água as citadas amostras, expandiram além do anel metálico.

Já o Cambissolo Háplico com substrato de Gnaisse (CXgn), Cambissolo Háplico com litologia de Sedimentos do Quaternário (CXsq) e Podzólico Amarelo com substrato de Gnaisse (PVgn) expandiram apenas até ocupar toda a área do anel metálico (Figura 8).



(a) Solo CYsq

(b) Solo CXgn

Figura 8 – Reabsorção de água pelas amostras de solo no ensaio MCT

Os solos CXsq e PVgn foram os que exibiram os maiores valores de contração (1,99 e 1,8 mm) durante o processo de secagem das amostras em estufa. As unidades CXgn, RLgn e CYsq apresentaram contrações que não ultrapassaram 1 mm, sendo o RLgn com o menor índice (0,42 mm), conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Contração das Unidades Geotécnicas pelo Ensaio MCT

Unid. Geotécnica	CXgn	CXsq	CYsq	PVgn	RLgn
Amostra	Contração (mm)				
1	1	2	0,9	1,8	0,6
2	1,05	1,95	0,8	1,9	0,4
3	1,1	2,05	0,8	1,75	0,3
4	0,95	2	0,8	1,8	0,3
5	1,2	1,95	0,85	1,75	0,5
Média	1,06	1,99	0,83	1,8	0,42

Em relação à penetração da agulha do ensaio de MCT, o RLgn e o CYsq foram os que registraram maior índice (5 mm). Os solos CXgn e PVgn apresentaram a penetração com valores próximos a 1 mm e o CXsq foi o mais resistente a penetração, uma vez que o valor registrado para esta amostra foi 0,2 mm, conforme apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 – Penetração das Unidades Geotécnicas pelo Ensaio MCT

Unid. Geotécnica	CXgn	CXsq	CYsq	PVgn	RLgn
Amostra	Penetração (mm)				
1	0,7	0,1	4,7	1,3	5
2	1,1	0,3	4,6	1,25	5
3	0,75	0,2	4,7	1,2	5
4	0,7	0,2	4,75	1,1	5
5	0,7	0,2	4,15	1,2	5
Média	0,79	0,2	4,58	1,21	5

Quanto ao rompimento das esferas moldadas, cabe ressaltar que para as amostras de CXgn e CYsq, foram desestruturadas com a pressão do dedo polegar e o dedo indicador. Esta característica relaciona-se com o elevado índice de areias e pedregulhos existentes nestas amostras. Diferente destas, para romper as esferas dos solos RLgn, PVgn e CXsq foi necessário aplicar uma pressão entre o dedo polegar e a mesa para que houvesse o rompimento das mesmas, sendo que, a granulometria destes materiais, apresentaram o maior índice de siltes e argilas e desta forma podem apresentar maior coesão a seco.



Quanto à reabsorção de água das amostras verificou-se que os solos CXsq e PVgn apresentaram tempo de reabsorção superiores a 5 minutos, sendo o maior tempo médio registrado para o solo PVgn. As unidades geotécnicas CXgn e CYsq apresentaram tempo médio de reabsorção de água de 2 minutos e 36 segundos e 2 minutos e 14 segundos respectivamente e por fim o solo RLgn foi a unidade que apresentou o menor tempo de reabsorção de água, apresentando tempo médio de 1:03 minutos.

Os solos que apresentaram os menores tempos de reabsorção de água foram os que apresentaram maiores granulometria e apresentam-se correlatos aos resultados obtidos por (GODOY, 1997), que também identificou tal comportamento em solos mais granulares.

Por fim a classificação MCT apontou que as unidades geotécnicas CXgn, CXsq e RLgn apresentaram comportamento laterítico, já as unidades geotécnicas CYsq e PVgn apresentaram comportamento não laterítico, conforme apresentado pela Tabela 7.

Tabela 7 – Classificação das Unidades Geotécnicas através do Ensaio MCT

Solo	Classificação	Descrição
CXgn	LA' - LG'	Solo Arenoso Laterítico - Solo Argiloso Laterítico
CXsq	LG'	Solo Argiloso Laterítico
CYsq	NS'	Solo Siltoso não Laterítico
PVgn	LG'	Solo Argiloso Laterítico
RLgn	NS'	Solo Siltoso não Laterítico

4.1 Classificação pelo Método SUCS e AASHTO

As unidades geotécnicas RLgn, PVgn e CXsq se comportaram de maneira contínua e com granulometria bem distribuída conforme analisado na curva granulométrica. No entanto, as unidades de CYsq e CXgn apontaram comportamento descontínuo com abertura granulométrica na transição entre as areias e os siltes (Figura 9).

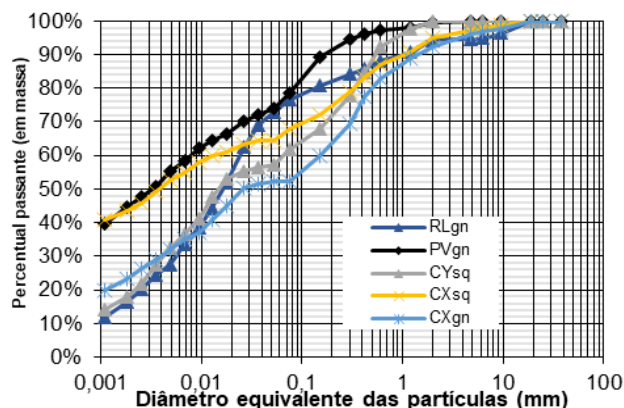


Figura 9 – Curva Granulométrica das Unidades Geotécnicas

Quanto aos limites de liquidez (LL), os solos residuais de gnaiss apresentaram valores próximos aos limites definidos por Pinto (2000) como típico (45 a 55%). No entanto, o solo RLgn divergiu dos valores típicos definidos por Pinto (2000) quanto ao índice de plasticidade (IP) (20 à 25%) e apresentou IP igual à 10%. Valores inferiores aos definidos pelo citado autor (solos residuais de Gnaiss) também foram registrados nos trabalhos de Reginatto (2013), onde o IP para Cambissolos com substrato de Gnaiss apresentaram 4%.

Os solos sedimentares apresentaram cenários opostos em relação à consistência. O CYsq exibiu comportamento de média plasticidade, sendo que o seu LL foi de 40% e o IP de 12%. Já o CXsq apresentou alta plasticidade com LL de 53% e IP de 24%. Cabe ressaltar que o CXsq foi o que apresentou maior IP dentre todos os solos investigados por este trabalho, e que Reginatto (2013) já havia registrado valor elevado desse índice como 32%.

Contudo, com exceção dos CYsq, todas outras unidades geotécnicas registram valores superiores a 53% de LL, com destaque para o CXsq que apresentou 59% de LL. Entretanto, cabe analisar que a unidade RLgn apresentou alto LL (57%) mas o IP ficou em 10%, sendo este menor índice de plasticidade registrado pelos solos ensaiados (Figura 10).

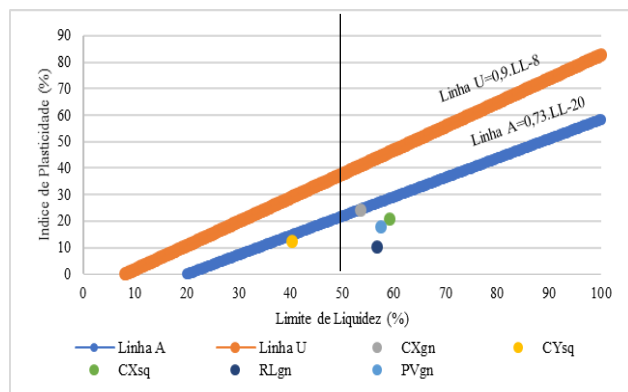


Figura 10 – Ábaco de Casagrande das Unidades Geotécnicas

A classificação das unidades geotécnicas pelas metodologias da *American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)* e Sistema Unificado de Classificação dos Solos (SUCS) é mostrada na Tabela 8.

Tabela 7 – Resultado dos Ensaios para as Unidades Geotécnicas

		Solo				
		RLgn	PVgn	CYsq	CXsq	CXgn
SUCS	IG	MH	MH	ML	MH	MH
	Clas	Silte de Alta Plast.	Silte de Alta Plast.	Silte de Baixa Plast.	Silte de Alta Plast.	Silte de Alta Plast.
AASHTO	IG	11,5	14,78	6,08	14,48	10,04
	Clas	A-5	A-7-6	A-4	A-7-5	A-7-6
	Desc	Solo Siltoso	Solo Argiloso	Solo Siltoso	Solo Argiloso	Solo Argiloso

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na classificação MCT verificou-se que os solos RLgn e CYsq foram os únicos classificados como siltoso não laterítico, todos os demais apresentaram comportamento laterítico e foram classificados como solos argilosos.

Estas duas unidades também foram as que apresentaram características expansivas na realização dos ensaios e se mostraram de

acordo com o comportamento descrito por Nogami & Villibor (1994), que afirmam que os solos NS' se caracterizam por apresentar elevada expansão.

Cabe destacar que, os solos também receberam classificação similar entre si no método da AASHTO, que classificou os solos CXgn, PVgn como A-7-6; o CXsq como A-7-5; o CYsq e o RLgn como A-4 e A-5, respectivamente.

Quanto a sua utilização pode-se concluir que o solo RLgn e CYsq não são recomendados para utilização como base de pavimento, reforço de subleito, proteção à erosão e revestimento primário. Além do mais, são os piores solos para serem utilizados como subleito compactado e aterro compactado. Já o solo CXgn apresentou as melhores características quando utilizado como base de pavimento, reforço de subleito, proteção à erosão, subleito compactado, aterro compactado e revestimento primário.

As outras duas unidades geotécnicas, CXsq e PVgn, também apresentaram bom desempenho quando utilizados como base de pavimento, reforço de subleito, proteção à erosão, subleito compactado, aterro compactado e revestimento primário.

Por fim, verificou-se que o ensaio MCT expedito foi capaz de reconhecer características de aplicação dos solos (CXgn, CXsq e PVgn) na construção de estradas, contrariando as recomendações obtidas pelos dois outros métodos (AASHTO e SUCS) realizados por este trabalho.

AGRADECIMENTOS

Ao Laboratório de Mecânica dos Solos da UFSC que disponibilizou todo suporte necessário para realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT. (2016). NBR9604: Abertura de poço e trincheira



- de inspeção em solo, com retirada de amostras deformadas e indeformadas — Procedimento 2016.
- ABNT (2016). NBR 7181 - Análise Granulométrica do Solo.
- ABNT (2016). NBR 7180 - Determinação do Limite de Plasticidade.
- ABNT (2016). NBR 6459 - Determinação do Limite de Liquidez.
- BAGGIO, Sérgio Benjamin. (1997) Água Subterrânea em Joinville - SC - Avaliação hidrogeológica do aquífero fraturado.. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Departamento de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 83p.
- CONORATH, Gabriel Daniel. (2012) Águas Urbanas: Análise Morfométrica e Hidrológica da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira - Joinville/SC.. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Planejamento Territorial, Departamento de Geografia, Universidade de Santa Catarina, Florianópolis, 155p.
- DOS SANTOS, Eliana Fernandes;; PARREIRA, Alexandre Benetti. (2015) 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, ISSN 1807-5568 RAPv Foz, p. 12.
- GODOY, Helder (1997). Identificação e Classificação Geotécnica de Latossolos do Estado de São Paulo pelo Método das Pastilhas MCT.. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Geotectônica, Departamento de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 123p.
- GONÇALVES, Mônica Lopes. (1993) Geologia para planejamento de uso e ocupação territorial do município de Joinville. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Recursos Minerais e Hidrogeologia, Departamento de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 61p.
- HIGASHI, R. A. R. (2006) Metodologia de Uso e Ocupação dos Solos de Cidades Costeiras Brasileiras Através de SIG com Base no Comportamento Geotécnico e Ambiental. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em c, Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 486p..
- MELLO, Y. R.; SIMM, M.; VIEIRA, C. V. (2017) Características Físicas da Bacia Hidrográfica do Rio Cachoeira, Joinville (SC). Acta - Biológica Catarinense, Joinville/SC, 10p
- NOGAMI, J. S.; VILLIBOR, D. F. (1994) Identificação Expedida dos Grupos da Classificação MCT para Solos Tropicais. X COBRAMSEF, v. 1, p. 1–8.
- UBERTI, Antônio Ayrton Auzani. (2018) Estudos para a Elaboração do Mapa de Fragilidade Ambiental do Município de Joinville - Santa Catarina: Boletim Técnico do Levantamento da Cobertura Pedológica do Município de Joinville. Joinville. Disponível em: <[http://sistemaspmj.joinville.sc.gov.br/documentos_vivacidade/Mapa de Fragilidade Ambiental de Joinville/Boletins/Boletim Técnico do Município de JOINVILLE - RF.pdf](http://sistemaspmj.joinville.sc.gov.br/documentos_vivacidade/Mapa%20de%20Fragilidade%20Ambiental%20de%20Joinville/Boletins/Boletim%20Técnico%20do%20Município%20de%20JOINVILLE%20-%20RF.pdf)>. Acesso em: 1 ago. 2018.