

Utilização de Expansocolapsômetro na Determinação do Colapso no solo de Rondonópolis – MT

Cássia Ferraz Louro

Instituto Federal de Educação, Ciência, e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil,
cássia.ferraz@live.com

Frederico Tavares Soares

Nacon Sondagens, Cuiabá, Brasil, nacon.frederico@terra.com.br

Karyn Ferreira Antunes Ribeiro

Instituto Federal de Educação, Ciência, e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil,
karyn.ribeiro@cba.ifmt.edu.br

Ilço Ribeiro Junior

Instituto Federal de Educação, Ciência, e Tecnologia de Mato Grosso, Cuiabá, Brasil,
ilco.ribeiro@cba.ifmt.edu.br

RESUMO: Este artigo tem como finalidade estudar os mecanismos de colapso no solo realizado na campanha de sondagem de um viaduto rodoviário, da obra de duplicação da BR-163 em Rondonópolis-MT, com a utilização de expansocolapsômetro (ECT) empregado em várias cotas georeferenciadas, da superfície do terreno, percorrendo as camadas de solo até atingir o impenetrável ao trado, por surgimento de arenito. A metodologia adotada neste artigo foi dividida em três etapas, a primeira fase é de reconhecimento preliminar geológico e geotécnico do maciço de solo, a segunda fase, de especificação das condições de água do solo local, e a terceira fase de caracterização física. A determinação do colapso em campo foi realizada com o auxílio do expansocolapsômetro (ECT), o potencial de colapso, determinando o comportamento do solo nas condições, básica de colapso, com alteração no seu estado de tensões e na presença de saturação, obtendo assim a curva tensão VS deformação e tempo VS recalque do solo, em momentos de aplicações de cargas e/ou inundações em profundidades definidas em projeto, de 1,30 m a 3,60 m. O ensaio foi iniciado na umidade de campo, inundando a amostra posteriormente a aplicação do carregamento, não sendo observado colapso significativo durante a inundação, porém os recalques foram de grande magnitude, mostrando que o solo é de característica porosa e compressível, nas variações de tensões verticais ensaiadas definidas em projeto. A umidade de campo elevada pode ser uma das causas de não existir fenômeno de abrupto recalque, mas sim deformação elevada e contínua, onde sua magnitude foi de elevada consideração. O potencial de colapso aferido está entre 0,61% e 11,88% e considerado no seu percentual máximo com severo problema de colapso.

PALAVRAS-CHAVE: Solos Não Saturados, Expansocolapsômetro, Interação Solo-Água, Potencial de Colapso, Sucção.

1 INTRODUÇÃO

Os solos não saturados correspondem a solos altamente intemperizados, típicos de regiões de clima tropical, de grande variedade de matéria geológica e características *sui generis* tanto a

sua constituição granulométrica quanto morfológica. Em sua grande maioria, os solos brasileiros, possuem característica não saturada, de partículas coloidais eletroquimicamente e relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados, como os Latossolos e

Argissolos (FONTES, CAMARGO, & SPOSITO, 2001).

Os autores RIBEIRO & RIBEIRO JR. (2012) descrevem os solos não saturados como de comportamento subordinado as variações sazonais, assim durante períodos de estiagem, possuem alta poropressão negativa, nos interstícios granulares, lhes conferindo resistência relativamente elevada. No entanto, com aumento do teor de umidade, esses solos sofrem redução de seu volume, muitas vezes bastante expressiva, tanto em termos de tensão quanto em termos de deformação (expansão vertical).

Para FREDLUND e MORGENSTERN (1977) *apud* CEZANO (2012), os solos não saturados consistem de três fases, que são dois fluidos que interagem na vinculação ar e água (membrana contrátil) e a fase sólida, a partícula de solo. Os autores afirmam que a membrana contrátil é elástica e sustenta a tensão entre os grãos, influenciando no comportamento mecânico do solo.

Ao preencher o vazio de ar por água, na tensão negativa (sucção), ou na solicitação de carga e em seguida a saturação, estes solos alteram seu volume, por causa da sua instabilidade volumétrica, gerando colapso ou expansividade (GERSCOVICH, 2011), por essa razão são denominados respectivamente, de solos colapsíveis e de solos expansivos.

O solo da região estudada é de particularidade colapsível, altamente intemperizados, de característica não saturada e por essa razão de grande suscetibilidade a presença de líquidos, devido as suas partículas macroporosas.

Por obra da duplicação da BR-163, foi firmado um acordo entre a empresa responsável pela duplicação (ROTA OESTE & ODEBRECHT ENGENHARIA) e a NACON SONDAGENS, com o objetivo de investigar, estimar, avaliar e identificar problemas geotécnicos das propriedades do solo da região, testando sua estrutura metainstável e porosa, de alta sucção matricial decorrente da baixa saturação.

Por meio de análise e investigação este artigo pretende complementar e atestar os resultados dos ensaios laboratoriais e de campo, a fim de construir um esboço de avaliação,

prognóstico, e controle dos mecanismos do comportamento físico-químico que governam estes solos para uso e manejo adequado na área da duplicação da BR 163, correlacionando aos resultados da campanha de investigação de 2015 com as decorrências obtidas na investigação do solo de ROO no estudo do colapso através de ensaios de placa monitorados com tensiômetros e tomografia computadorizada, na tese do autor CONCIANI (1997).

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Características dos Solos Colapsíveis

REGINATTO & FERRERO (1973) *apud* FERREIRA (1995) decompõe os solos colapsíveis em duas categorias, como “solos verdadeiramente colapsíveis”, que não suportam seu próprio peso quando inundados e colapsam, e os “solos condicionados ao colapso”, que são capazes de suportar certos níveis de tensões, quando inundados e, ao excede-los, exibem colapso, e está sujeito ao estado tensional em que se encontra e ao qual é submetido. Neste artigo, utilizaremos a definição que associa as duas considerações, relacionando o colapso diretamente ao aumento do grau de saturação.

Os solos porosos, não saturados, estão sujeitos ao colapso, distinguidos por uma redução súbita de volume no aumento no seu teor de umidade (CONCIANI, 1997). A estrutura física porosa, é composta de sólido, ar e água, e metaestabilidade temporária que garante coesão aparente superior a sua real condição, porém no contato com a água ou por efeito da aplicação de tensão externa, o ar é expulso e o solo se rearranja morfológicamente, retraindo os seus poros, diminuindo assim seu volume e perdendo a propriedade de alta estabilidade e resistência aparente, promovendo a inconstância de interação das partículas, quebrando a cimentação pela tensão de sucção matricial e osmótica.

DUDLEY (1970) e CLEMENCE & FINBARR (1981) *apud* FERREIRA (1995) expõem diversos exemplos para solos de estrutura instável, solos macroporosos onde as

partículas mantêm um arranjo estrutural metaestável devido a tensão capilar, forças eletromagnéticas de superfície, vínculos de silte, argila e outros cimentantes como óxido de ferro, carbonatos e sais solúveis.

A estrutura granular porosa dos solos colapsíveis é propriedade preponderantemente importante para o fator hidráulico, pois se refere às diferentes características que o solo expõe ao ser percolado por um fluido (CAMAPUM *et al*, 2015), implicando diretamente na resistência, coesão, nas tensões e deformações devido à poropressão de água, a sucção e capilaridade.

Em razão de sua estruturação aberta, os solos colapsíveis resistem razoavelmente a grandes esforços quando são parcialmente saturados, conhecido como equilíbrio metaestável (FOOKES & EDDLESTON, 1997). Esse equilíbrio metaestável faz com que o solo permaneça (apesar de não ser estável) mantendo sua estrutura pela presença de algum vínculo que seja capaz de lhe conferir um equilíbrio temporário.

CONCIANI (2006) afirma que para que aconteça o colapso, o solo deve ter grau de saturação menor que 80%, para que o teor de umidade ocupe os vazios de ar interconectados. A reação da granulometria mineralógica do solo no contato com o fluido é o colapso, pois a saturação reduz a resistência nos contatos interpartículas promovida pela cimentação, rearranjando estruturalmente e proporcionando novas condições de equilíbrio (CAMAPUM, *et al*, 2015).

2.2 Processo de formação dos Solos Colapsíveis

A origem dos solos colapsíveis é bastante diferenciada, variando desde solos coluviais, eólicos, aluviais até residuais (CONCIANI, 1997), e tem em comum a característica não saturada, de comportamento mecânico e propriedades físico-químicas diferenciadas.

A maior parte dos perfis de solos verificados do território brasileiro são de solos aluviais, coluviais e residuais, formados por efeito da ação do clima (intemperismo) sobre as rochas e da evolução pedogenética (CONCIANI, BURGOS, & BEZERRA, 2015), que é a

continuidade do sofrimento intempérico do solo após a sua formação e acomodação.

Qualquer solo próximo à superfície está sujeito a um ambiente seco e consequentemente sujeito à poropressão negativa de água e à possível dessaturação e consequente fissuração (FREDLUND & RAHARDJO, 1993 *apud* PEREIRA, 2006), originando estruturas permeável, de microvasos interligados ou estruturas cimentadas.

No período seco, ocorre a fixação do ferro e do alumínio deixados na superfície do solo, definindo o ciclo dos solos lateríticos (latossolos, plintossolos e argissolos), cuja as maiores extensões desses solos localizam nas regiões do Planalto Central, Norte e Centro Sul do país. CONCIANI, BURGOS & BEZERRA (2015) resumem que no período chuvoso, a abundância de água promove a retirada e o transporte da sílica das partículas que estão mais próximas à superfície do terreno.

2.3 Critérios de Identificação do Colapso

A identificação do colapso se fundamenta nos critérios baseados nos índices físicos de Atterberg, na granulometria, umidade, porosidade, nos critérios pedológicos entre outros, onde se correlaciona resultados de ensaios laboratoriais rotineiros para caracterizar um solo colapsível.

No entanto, as previsões de comportamento do solo somente por análise e testes rápidos não é completa para os solos colapsíveis, pois oferecem somente resultados qualitativos a respeito do potencial de colapso dos solos. Para que os resultados sejam confiáveis é preciso que os critérios de identificação estejam embasados também ensaios *in situ* de observação do desempenho do solo. CAMAPUM *et al* (2015) reúne em Tabela alguns dos mais usuais critérios de identificação de colapso. Neste artigo, no que se refere ao solo colapsível, relaciona-se ao potencial de colapso do solo e seu estado de tensão.

Os mecanismos de colapso incluem a estabilização e perda de influência da tensão de superfície no menisco de água nos contatos entre as partículas e solos insaturados e a perda de resistência das mesmas partículas quando saturada (FOOKES & EDDLESTON, 1997), a

interação do líquido percolante com o solo colapsível, condutividade hidráulica, sucção entre outros.

Tabela 1. Critérios de identificação diretos do colapso.

MÉTODO	CRITÉRIO	REFERÊNCIA
DIRETO (Avaliativos e quantitativos)	Ensaio Edométrico	Ferreira & Lacerda (1993), Ferreira (1995). Seed <i>et al.</i> (1962), Chen (1965), VARGAS (1973) Jennings & Knight (1975), Vijayverviya & Ghazzaly (1973), Rodriguez Ortiz (1975), Cuellar (1978), Jimenez Salas (1980). Escario (1967 e 1969), Aitchison <i>et al.</i> (1973), Johnson (1978), Mckeen (1980).
	Duplos e Simples, placa, expanso-colapsômetro.	
	Ensaio Edométrico de Sucção controlada	

RIBEIRO JR (2015) ao caracterizar a granulometria do solo de Rondonópolis (ROO), o descreve como solo de argila arenosa, ou areia argilosa, conforme profundidade e local. Devido a porosimetria e mineralogia deste solo, DUDLEY (1970) *apud* RIBEIRO JR (2015), associa o mecanismo de colapso à dissolução dos cimentos presentes no solo particularmente em solos porosos.

Em períodos de grandes pluviosidades, os solos colapsíveis, adquirem a característica que lhe dá nome. A água penetra os vazios, substituindo o ar e desfazendo a cimentação entre os grãos, fazendo com que o solo tenha altos teores de umidade, e por essa razão perde a falsa propriedade de resistência, que garantia particularidades aparentemente superior a sua real condição, o colapso.

A água ao interagir com o solo, age como solvente para a cimentação do solo. No instante em que a água dissolve a ligação de cimento, a estrutura metaestável e porosa do solo, se revela instável e então ocorre o colapso, este tipo de modelo estrutural de ligação é apresentado na Figura 1.

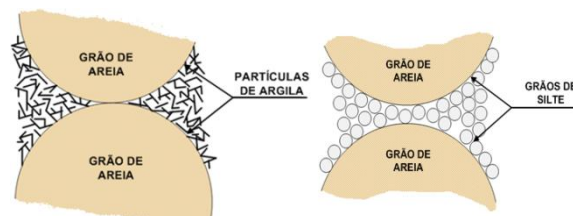


Figura 1 - Modelos propostos de Estruturas metaestáveis de solos colapsíveis.

Fonte: DUDLEY (1970) *apud* FERREIRA, (1995).

A motivação para o estudo do solo com o uso do expansocolapsômetro (ECT) na determinação do colapso no solo, para execução do projeto executivo da passagem de nível no cruzamento com a ferrovia em ROO-MT, foi em razão de que, no momento da execução do projeto, verificou colapsividade dos solos, sendo necessário parar a obra para investigação geotécnica. Como o cronograma não poderia atrasar, optou-se utilizar um método de investigação rápido e preciso, como o ensaio do expansocolapsômetro.

3 METODOLOGIA DE CAMPO – EXPANSOCOLAPSÔMETRO

O ECT foi primeiramente idealizado pelo professor Sílvia Romero de Melo Ferreira em 1984. Ele propôs um aparelho simples com grandes recursos, que permite a aferir em campo a deformação do solo (compressão-colapso ou expansão) devida à aplicação de carga e/ou inundação controlada, proporcionando assim a realização de ensaios em diferentes profundidades de um perfil de solo, preservando a estrutura do solo e sua umidade, sem necessidade de retirada de amostras indeformadas (FERREIRA, 1995).

Este equipamento identifica os solos de estrutura metaestável, principalmente o solo colapsível, de difícil reconhecimento por outros ensaios convencionais, como os ensaios de placa, que requer vários inconvenientes, entre eles, requer sistema de reação com cargas altas, custo elevado, necessidade de maior infraestrutura, dificuldades na realização de ensaios em diferentes profundidades de um mesmo perfil de solo, longo tempo de operação das etapas do ensaio, falta de controle da vazão inundação do solo.

Os ensaios com o ECT foram realizados em 5 furos verticais e em cada profundidade do furo foram realizados 05 estágios, de carregamentos de tensão e um de inundação na carga máxima de projeto, até a estabilização de recalque, que para esse ensaio foi de 15 minutos não inundado e 30 minutos na inundação.

Após a locação do furo, é realizado a perfuração e a instalação do equipamento com nivelamento do tripé. Depois insere a haste e a sapata no furo. Ajusta-se a verticalidade da haste e instala o extensômetro na parte superior do equipamento. Após zerar o extensômetro, dá início ao ensaio nos estágios de carregamento.



Figura 2 - Ensaio com Expansocolapsômetro em andamento.

O ECT (Figura 2) é composto por uma sapata, um tripé, hastes, pratos inferiores (chapas), roldanas, pistão e extensômetro. A sapata (Figura 3) possui 10 cm de diâmetro, sendo a parte inferior rosqueável e com uma pedra porosa em seu interior. A função da pedra porosa é distribuir o fluxo de água advindo da mangueira e transferi-lo para o solo. A meia lua em cima da rosca é perfurada, e é por onde é conectado a mangueira ligada ao reservatório de água.



Figura 3 – Componente do Expansocolapsômetro.

As molas exteriores a sapata, pressionam de cima para baixo criando um sistema de transferência de cargas. O nível é regulável por um pistão. O prato inferior possui roldanas que tem função de manter os pesos no prumo.

O eixo superior da haste termina em uma base magnética, fixando assim a haste de metal. Em cima da haste é instalado um extensômetro, que mede por meio da elevação da haste a expansão do solo, e no rebaixamento da haste, o colapso do solo, como mostra a Figura 4.



Figura 4 - Extensômetro, Placa e Roldanas do Expansocolapsômetro.

A cada profundidade ensaiada, era recomposta a tensão vertical de campo, depois o solo era inundado com água, onde aferia-se deformações (recalque) devido a inundação.

Nos furos F01, F02 e F03 da Trombeta 1 e nos furos F02 e F04 do Diamante 5, as tensões aplicadas foram de 39,5 kPa; 80,3 kPa; 121 kPa; 160,5 kPa e 160,5 kPa respectiva a cada estágio, e determinadas em projeto.

Estes resultados foram utilizados para comparar resultados de campo da campanha de investigação de 2015, com os resultados do estudo em campo de CONCIANI (1997), nos critérios de VARGAS (1973) e de JENNINGS & KNIGHT (1975).

VARGAS (1973) considera o solo colapsível quando o valor de P_c for maior que 2%, conforme a Equação 1:

$$P_c \frac{\Delta e}{1 + e_0} * 100 \quad (1)$$

Em que Δe é a variação do índice de vazios (recalque devido a inundação) e e_0 é o índice de vazios inicial, ou seja antes da inundação campo.

Os autores JENNINGS & KNIGHT (1975) complementaram a classificação do potencial de colapso, analisando o resultado da Equação 1 com uma Tabela de equivalência.

Tabela 2. Critérios de identificação do colapso de JENNINGS & KNIGHT (1975).

POTENCIAL DE COLAPSO (%)	SEVERIDADE DO PROBLEMA
< 1	Sem problema
1 – 5	Problema moderado
5 – 10	Problemático
10 – 20	Problema Severo
> 20	Problema muito severo

Os recalques foram de grande magnitude, mostrando que o solo é de característica porosa e compressível, verificados através do potencial de colapso no momento da inundação em variações de tensões verticais de 147,7 kPa, 145,15 kPa, 160,5 kPa e 161 kPa, com o tempo de leitura especificado para estabilização.

A umidade de campo elevada pode ser uma das causas onde não se encontrou o fenômeno de abrupto recalque, mas sim uma deformação elevada e contínua, com magnitude de elevada consideração.

Os potenciais de colapso foram diferentes em cada profundidade e em cada furo. Como pode ser verificado nas considerações a seguir:

Na profundidade de 1,10 metros, do furo F01/T1, o potencial de colapso verificado foi de 4% com recalque final de 14,8 mm, pela consideração de VARGAS (1973), o solo é considerado colapsível e na avaliação de JENNINGS & KNIGHT (1975) o solo é considerado colapsível de problema moderado.

Para a profundidade de 2,35 metros do mesmo furo F01/T2, o recalque final foi de 23,50 mm e o potencial de colapso de 8%, sendo considerado colapsível por VARGAS (1973) e colapsível problemático por JENNINGS & KNIGHT (1975).

Não houve colapso na profundidade de 3,60 metros do F01/T1, então em ambos os critérios, a partir dessa profundidade, o solo não é colapsível, pois o valor do potencial de colapso foi de 0,65%, visível no compartimento da curva de tensão por recalque. A Figura 5 demonstra os recalques e tensões do F01/T1

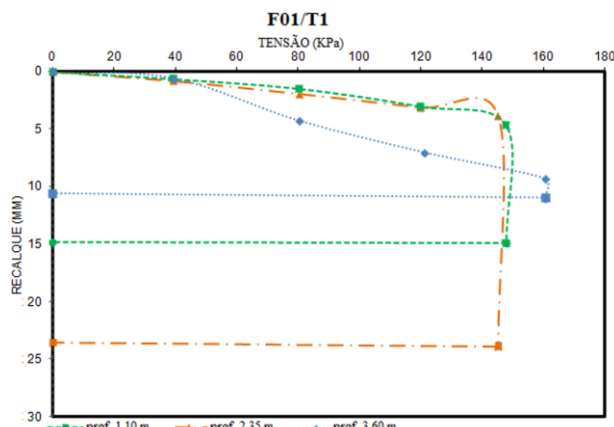


Figura 5 - Resultados do Furo F01/T1.

Para o furo F02/T2 o colapso foi elevado já nas primeiras profundidades. Na profundidade 1,30 metros o recalque final foi de 31,8 mm, com potencial de colapso de 7,5% sendo caracterizado por VARGAS (1973) como colapsível e por JENNINGS & KNIGHT (1975) colapsível problemático.

Na profundidade de 2,40 metros o solo do furo F02/T2 se comportou para VARGAS (1973) como colapsível e para JENNINGS & KNIGHT (1975) como colapsível de severo problema, com potencial de colapso de 10,93% e de recalque final de 35 mm.

Não foi realizado ensaio com o ECT na profundidade de 3,10 metros do solo do furo F02/T2, pois atingiu-se o impenetrável por surgimento de arenito.

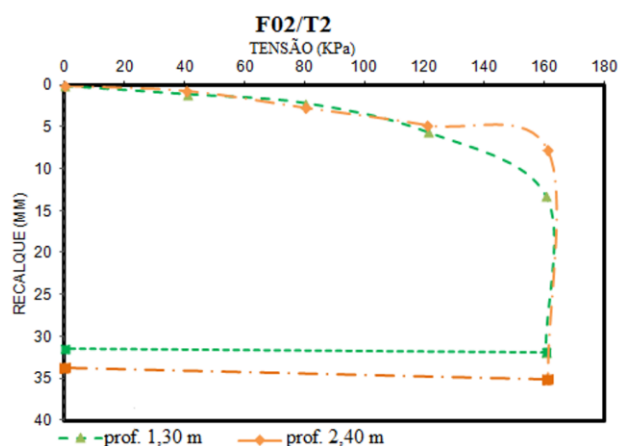


Figura 6 – Resultados do F02/T2.

Na profundidade 1,30 metros do furo F04/T2 o potencial de colapso é de 11,9%, com recalque final de 34,82 mm, considerado colapsível para VARGAS (1973) e colapsível de problema severo por JENNINGS & KNIGHT (1957).

Na profundidade 2,30 metros, o solo no furo F04/T2, obteve potencial de colapso de 7,28% (Figura 7), sendo colapsível por VARGAS (1973) e colapsível problemático para JENNINGS & KNIGHT (1975), e com recalque final de 30,9 mm.

Na profundidade de 3,30 metros do furo F04/T2 o recalque é 36,50 mm e com potencial de colapso de 8,94%, avaliado como colapsível para VARGAS (1973) e colapsível problemático para JENNINGS & KNIGHT (1975).

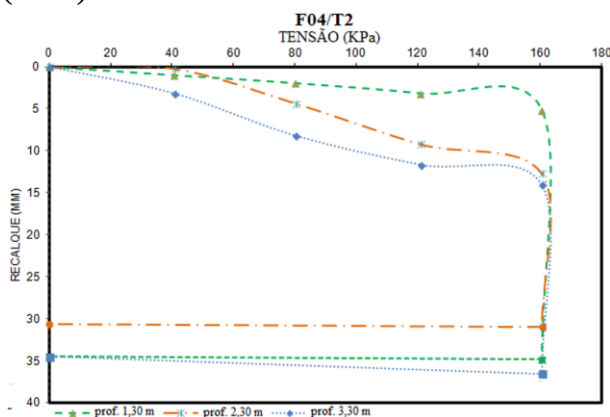


Figura 7 – Resultados do Furo F04/T2.

No furo F02/D5 (Figura 8), na profundidade inicial de 1,30 metros, o recalque final foi de 24,45 mm com potencial de colapso de 6,34%, sendo colapsível para VARGAS (1973) e colapsível problemático para JENNINGS & KNIGHT (1975).

Na profundidade de ensaio de 2,30 metros do furo F02/D5, o potencial de colapso foi de 9,77%, de recalque final de 36,02 mm, conceituado colapsível por VARGAS (1973) e colapsível problemático para JENNINGS & KNIGHT (1975).

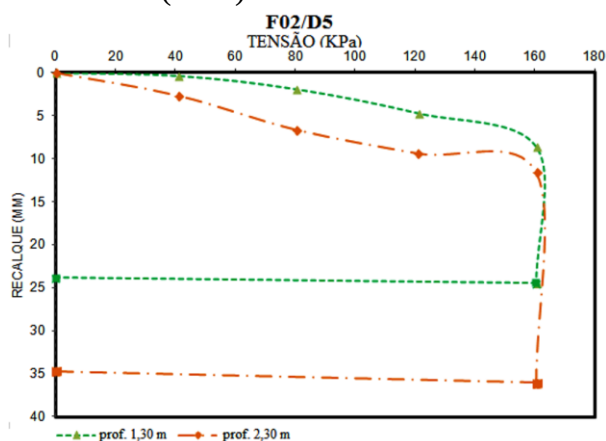


Figura 8 – Resultados do Furo F02/D5.

No furo F04/D5 o ensaio não foi realizado pois atingiu o impenetrável ao trado a 0,90 metros, por surgimento de arenito

O potencial de colapso aferido em campo foi entre 0,61 e 11,88%, variando em diferentes profundidades, e estimado colapsível pelo método de VARGAS (1973) e no percentual máximo, JENNINGS & KNIGHT (1975) classificam este solo com problema severo de colapso. No geral, o solo é considerado colapsível, como corrobora o resumo de resultados da Tabela 3 e Tabela 4, que classifica o potencial de colapso por furo e profundidade, nas verificações dos critérios de VARGAS (1973) e de JENNINGS & KNIGHT (1975).

Tabela 3. Resumo dos critérios de avaliação do colapso em cada profundidade dos furos.

em cada profundidade dos furos.			MÉTODO
FURO	COTA (m)	VARGAS (1978)	JENNINGS & KNIGHT (1975)
F01/T2	1,1	Colapsível	Colapsível de problema moderado
F01/T2	2,3		Colapsível Problemático
F01/T2	3,6		Sem problema
F02/T2	1,3	Colapsível	Colapsível Problemático
F02/T2	2,4		Colapsível de Problema Severo
F02/T2	3,1		(Impenetrável por surgimento de arenito.)
F04/T2	1,3	Colapsível	Colapsível de Problema Severo
F04/T2	2,3		Colapsível Problemático
F04/T2	3,3		Colapsível Problemático
F02/D5	1,3	Colapsível	Colapsível Problemático
F02/D5	2,3		Colapsível Problemático
F04/D5	1,3	Não realizado	
(Impenetrável por surgimento de arenito.)			

Para melhor apresentação dos resultados a Tabela de resumo do potencial de colapso foi dividida, derivando assim na Tabela 4.

Tabela 4. Resumo do potencial de colapso em cada profundidade dos furos.

FURO	COTA (m)	RECALQUE (mm)	P _c (%)
F01/T2	1,1	15	4,096 %
F01/T2	2,3	23,50	8 %
F01/T2	3,6	0	0,65 %
F02/T2	1,3	31,8	7,5 %
F02/T2	2,4	35	10,93
F02/T2	3,1	0	0
F04/T2	1,3	34,82	11,88 %
F04/T2	2,3	30,9	7,28 %
F04/T2	3,3	36,50	8,98 %
F02/D5	1,3	24,45	6,34 %
F02/D5	2,3	36,02	9,77 %
F04/D5	1,3	0	-

Essa variabilidade dos resultados no potencial de colapso, se justifica pelas camadas ensaiadas e fator de tensão aplicada, além do fato de que os perfis de solos não são de

características homogêneas, de origens idênticas e de iguais condições climáticas, mesmo na mesma região.

CONCIANI (1997) em sua tese obteve resultados do solo de ROO, a tensão de ruptura das curvas carga-recalque para o solo na condição natural de umidade de 80 KPa com recalques de 100 mm e plastificação de cerca de 40 KPa para cada 10 mm de recalque. Em sua tese, o autor comprova que o solo de ROO é colapsível de problema severo, assim como verificado também na campanha de 2015.

4 CONCLUSÃO

Pode-se concluir que os solos da região rondonopolense, são potencialmente colapsíveis, e, conseqüentemente, se faz necessária à devida precaução para esse fenômeno, tanto na fase de prospecção geotécnica, quanto nas fases de projeto, execução e no monitoramento pós-obra.

O resultados desse estudo comprovam grau potencial de colapsividade e metaestabilidade da estrutura dos solos dessa região, pois logo nas primeiras camadas dos perfis ensaiados, obtiveram recalques expressivos.

Por todas estas razões, conclui-se que a utilização de qualquer estrutura sobre o solo em seu estado natural, não é recomendável, sem estudo prévio do perfil do solo.

5 SUGESTÕES

Como sugestão técnica, deve-se estudar não somente o potencial de colapso e a curva tensão x recalque, como também deve-se verificar a curva de compactação ótima, pois com essa informação, haverá maior cuidado no processo de preparação e compactação do solo, proporcionando assim maior interação entre os grãos dos solos, diminuindo conseqüentemente o índice de vazios (porosidade), resultando na minimização da sucção, e portanto o potencial de colapso, aumentando por sua vez a capacidade de carga do solo.

Para futuros trabalhos, a sugestão é definir a curva de retenção solo, realizar estudos comparativos de colapso de solo indeformado

versus solo compactado, e equacionar numericamente a precisão do colapso para essa região, introduzindo assim o conhecimento da Mecânica dos Solos Não Saturados na prática da Engenharia.

AGRADECIMENTOS

À Deus, por sua misericórdia e graça. Aos meus pais Rosária & Elson Louro (*in memoriam*) e meu irmão Eng. Kaleb Ferraz Louro, pelo incentivo. Ao Prof. Ilçó Ribeiro Junior e a Prof^a. Karyn Antunes Ferreira, pelo constante interesse, por suas valiosas sugestões, pelas críticas e valiosa orientação. Às empresas *Nacon Sondagens*, *Sírius Soluções em Engenharia*, *Odebrecht Engenharia & Construção* e *Rota Oeste*, na pessoa do Eng. Civil Frederico Tavares Soares, por fornecer os dados dos levantamentos pedológicos da BR 163 em Rondonópolis-MT.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, S. F. (2004). *Contribuição à cartografia geotécnica: sistema de informações geográficas dos Solos Expansíveis e Colapsíveis do Estado de Pernambuco (SIGSEC - PE)*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, CTG Engenharia Civil, Recife.
- CAMAPUM CARVALHO, J., SALES, M. M., SOUZA, N. M., & MELO, M. T. (2006). Processos Erosivos no Centro-Oeste Brasileiro. *Universidade de Brasília*, 464 P. Brasília: FINATEC.
- CAMAPUM, J. d., GITIRANA JR., G. d., MACHADO, S. L., MASCARENHA, M. M., & FILHO, F. C. (2015). *Solos não saturados no contexto geotécnico*. São Paulo: Associação Brasileira de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica.
- CAVALCANTE, E. H., CAVALCANTI JR., D. d., SANTOS, W. J., & SOUZA NETO, J. B. (2006). *Propriedades geotécnicas de um solo expansivo de Sergipe*. ABMS. Nova Friburgo: II GeoJovem.
- CEZANO, M. T. (2012). *Aplicação de modelo constitutivo para solos não saturados: Análise hidromecânica acoplada*. Monografia, Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Caruaru.
- Ciência & Meio Ambiente. (de julho de 10 de 1998). *Expansocolapsômetro: Aparelho da UPPE que faz ensaio dos terrenos*. Acesso em 14 de Março de 2016, disponível em JC Online: http://www2.uol.com.br/JC/_1998/1007/cm1007c.htm

- CONCIANI, W. (1997). *Estudo do colapso do solo através de ensaios de placa monitorados com tensiômetros e tomografia computadorizada*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, Departamento de Geotecnia, São Carlos.
- CONCIANI, W. (2006). *Fundações para Construção de Habitação de Interesse Social no Estado de Mato Grosso*. Centro Federal de Educação Tecnológica de Mato Grosso - CEFET, Departamento de Área da Construção Civil. Cuiabá: HABITARE.
- CONCIANI, W., BURGOS, P. C., & BEZERRA, R. L. (2015). Origem e formação dos Solos, perfis de intemperismo. In: J. d. CAMAPUM, G. d. GITIRANA JUNIOR, S. L. MACHADO, M. M. MASCARENHA, & F. C. SILVA FILHO, *Solos não saturados no Contexto Geotécnico* (p. 759 p.). São Paulo: ABMS.
- COUTINHO, R. Q., CASTRO, B. P., & DOURADO, K. C. (2010). Análise de fundação profunda em solo colapsível da Penitenciária regional de Eunápolis - BA. 1-8. Gramado.
- CUTRIM, A. O., & REBOUÇAS, A. d. (2005). Aplicação de sondagem elétrica vertical na estimativa do topo e da espessura de unidades geológicas da bacia do Paraná na cidade de Rondonópolis-MT. *Revista Brasileira de Geofísica*, 23, pp 89-98.
- FERREIRA, S. R. (1995). *Colapso e expansão em solos naturais não saturados devido à inundação*. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Rio de Janeiro.
- FERREIRA, S. R., FUCALÉ, S. P., AMORIM, S. F., & LACERDA, W. A. (2014). Comportamento de variação de volume em solo colapsível da cidade de Palmas - Tocantis. *COBRAMSEG* (p. 7 p.). Goiânia: ABMS.
- FEUERHARMEL, C. (2003). *Aspectos do Comportamento Não Saturado de Dois Solos Coluvionares – Gasoduto Bolívia-Brasil*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.
- FONTES, M. P., CAMARGO, O. A., & SPOSITO, G. (Setembro de 2001). *Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados*. Acesso em 14 de Março de 2016, disponível em Scielo: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162001000300029&lng=en&nrm=iso
- FONTES, M. P., CAMARGO, O. A., & SPOSITO, G. (Setembro de 2001). *Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intemperizados*. Acesso em 14 de Março de 2016, disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-90162001000300029&lng=en&nrm=iso
- Geological Society of London. (1997). *Manuales Profesionales de la Sociedad Geológica: Suelos Residuales Tropicales* (1ª Edición ed.). (P. G. FOOKES, M. EDDLESTON, Eds., & F. H. PATIÑO, Trad.) London, UK: The Geological Society.
- GERSCOVICH, D. M. (2011). *Resistência ao Cisalhamento de Solos Não Saturados*. Denise M. S. Gerscovich, Departamento de Estruturas e Fundações. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro - FEURJ.
- GON, F. d. (2011). *Caracterização geotécnica através de ensaios de laboratório de um solo de diabásio da região de Campinas/SP (Dissertação: Mestrado)*. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas.
- HOMERO, V. (26 de 02 de 2010). *Deslizamento de encostas: um problema que exige prevenção*. Acesso em 14 de 03 de 2016, disponível em Faculdade Batista do Estado do Rio de Janeiro: <http://www.faperj.br/?id=1653.2.0>
- JENNINGS, J. E., & KNIGHT, K. (September de 1975). A guide to construction on or with materials exhibiting additional settlement due to collapse of grain structure. *Proc. 6th Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, p. 99-105.
- MAHLER, C. F. (1994). *Análise de obras assentes em solos colapsíveis e expansivos*. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: COPPE.
- MELO, C. E., & BANDEIRA, A. P. (9 a 13 de Setembro de 2014). Estudo do Colapso dos Solos para Dimensionamento de Fundações Superficiais. *COBRAMSEG*, 6 p.
- MILITITSKY, J., CONSOLI, N. C., & SHNAID, F. (2015). *Patologia das Fundações* (2ª edição ed.). São Paulo: Oficina de Textos.
- OLIVEIRA, C. M. (2002). *Carta de risco de colapso de solos para a área urbana do*. Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira: UNESP.
- PEREIRA, Á. (2006). *Resistência ao cisalhamento de solos não saturados: análise experimental e teórica*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre.
- RIBEIRO JR., I. (2015). *Consideração técnica sobre as diferenças entre sondagens do tipo SPT em campanhas em ROO*. Laudo Técnico, Sírius - Soluções em Engenharia, Cuiabá.
- RIBEIRO, K. F., & RIBEIRO JR., I. (15 a 18 de Setembro de 2012). Estudo da Influência da Expansão do Solo nos Parâmetros Obtidos com a Curva de Compactação. *Anais*, 1-7. Porto de Galinha, PE, Brasil: ABMS.
- Serviço Geológico do Paraná. (2010). *Acidentes Geológicos Urbanos* (1ª Edição ed.). Curitiba: Mineropar.
- SOTO, M. A. (2004). *Comparação entre os métodos de imposição e controle de Sucção em ensaios com Solos Não Saturados*. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos.
- VARGAS, M. (1973). Structurally unstable soils in Southern Brazil. *Proceedings*, Vol. 2, 239 - 246. Moscow: 8th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering.