

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

Análise da colapsibilidade de um solo do município de São Carlos -SP inundado com água e com gasolina

Simone Cristina Jesus de Moraes

Professora, Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, Brasil, simone.jesus@uftm.edu.br

Vinícius de Oliveira Kühn

Professor, Universidade Federal do Oeste da Bahia, Barreiras-Ba, Brasil, vinicius.kuhn@ufob.edu.br

Natália de Souza Correia

Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, Brasil, nat.scorreia@gmail.com

RESUMO: Alguns solos não saturados possuem alteração de sua estrutura ao entrarem em contato com líquidos. Quando vazamento de combustíveis ocorrem sobre solos colapsíveis podem surgir problemas como contaminação do solo e da água subterrânea, além de prejuízos estruturais devido à ocorrência de recalques.. Em São Carlos, SP, a ocorrência de solos colapsíveis já foram demonstrados em outros trabalhos. Sendo assim, buscou-se identificar a colapsibilidade do solo coletado em São Carlos. O solo foi caracterizado fisicamente e submetido a ensaio de adensamento duplo. Foram adensadas amostras indeformadas na umidade natural, inundada com água e inundada com gasolina e amostra compactada na umidade natural, inundada com água. Com base nas características físicas do solo e formulações propostas na literatura, o solo apresentou potencial de colapso. Em relação aos ensaios de adensamento, a ocorrência de colapso foi observada para a amostra indeformada inundada com água para tensões inferiores a 25 kPa. A amostra inundada com gasolina não sofreu colapso e apresentou menor compressibilidade que a amostra inundada com água. O solo compactado e inundado com água durante todo processo de adensamento apresentou o mesmo comportamento da amostra indeformada inundada com gasolina. Deste modo, verificou-se que a técnica de compactação contribuiu para a melhoria do seu comportamento quanto à compressibilidade e colapsividade.

PALAVRAS-CHAVE: Solos Não Saturados, Adensamento, Colapso, Contaminação.

ABSTRACT: Some unsaturated soils change their structure when they have contact with liquids. When there is fuel leaks on collapsible soils, problems such as soil and groundwater contamination can arise, as well as structural damage due to the occurrence of repression. In São Carlos, SP, the occurrence of collapsible soils has already been demonstrated in other studies. However, it was necessary to identify the collapsibility of the soil collected in São Carlos. The soil was physically characterized and subjected to a double densification test. The samples were consolidated undisturbed in natural humidity, flooded with water and flooded with gasoline and compacted in natural humidity, flooded with water. Based on the physical characteristics of the soil and formulations described in the literature, the soil presented potential for collapse. In relation to the densification tests, the occurrence of collapse was observed for the undisturbed sample flooded with water for voltages below 25 kPa. The sample flooded with gasoline did not collapse and presented less compressibility than the sample flooded with water. The compacted soil flooded with water during the entire densification process presented the same behavior as the undisturbed sample flooded with gasoline. Considering this scenario, it was found that the compaction technique contributed to the improvement of its behavior regarding compressibility and collapsibility.

KEYWORDS: Unsaturated soils, Densification, Collapse, Contamination.

1 Introdução



Os solos não saturados estão distribuídos praticamente em todo o globo terrestre, porém em países de clima tropical são muito comuns, como é o caso do Brasil. Alguns desses solos podem ser estruturalmente instáveis e por isso demandam especial atenção quanto ao seu comportamento e identificação.

Um dos diferentes tipos existentes de solos não saturados é o solo colapsível, que caracteriza-se por sofrer elevada deformação ao serem inundados sob carga constante.

Segundo Chagas, Moura e Carneiro (2016) os solos que apresentam colapso, de maneira geral, apresentam uma estrutura chamada de meta estável o que gera instabilidade ao solo e pode afetar a sua capacidade de carga. Essa instabilidade pode originar diversos problemas futuros quando esses solos com potencial de colapso são utilizados como base para construção de edificações. Nesses casos, a alteração do teor de umidade pode trazer efeitos de várias intensidades para as construções, tais como a ocorrência de recalques diferenciais, responsáveis pela formação de fissuras e trincas em alvenarias, rompimento de canos de água e esgoto, desaprumo de janelas, emperramento de portas, inclinação de paredes bem como comprometimento estrutural.

No entanto, a ocorrência de solos colapsíveis não está intrinsecamente associada somente ao umedecimento na presença de água, mas também depende do fluido de inundação como por exemplo combustíveis, esgoto, chorume, dentre outros.

De acordo com Cerri et al. (2003), muitos dos postos de abastecimentos de veículos apresentam corrosão em seus tanques subterrâneos de armazenamento após um período de 15 a 20 anos, favorecendo o vazamento de combustíveis para o solo. Uma vez que estes tanques estão na presença de solos colapsíveis ou expansíveis o vazamento pode se agravar.

As adversidades geradas por esses vazamentos não se resumem apenas à ocorrência de colapso em solos, mas também a contaminação do solo e da água subterrânea, riscos de incêndios e explosões e danos à saúde da população.

Camapum de Carvalho et al. (2004) cita que no Distrito Federal geralmente os recalques são muito mais importantes quando da infiltração de águas residuais que quando da infiltração de água potável ou pluvial. Silva (2006) realizou um estudo a fim de analisar a percolação de combustíveis e chorume em um solo colapsível comumente denominado “argila porosa” em Brasília – DF e constatou que a colapsibilidade na presença de combustíveis se dá de forma menos agravante em relação à água. O chorume, contudo, apresentou colapso de quase 50% maior que a água. Monteiro (2005) verificou as características de compressibilidade e colapsibilidade de um arenito pleistocênico da cidade do Recife – PE utilizando água destilada, gasolina comum, hidróxido de sódio e solução aquosa de cloreto de sódio. O autor constatou que o uso de solução aquosa de cloreto de sódio aumenta a compressibilidade significativamente, enquanto a inundação com gasolina comum pouco influenciou as características de compressibilidade e colapsibilidade.

O município de São Carlos - SP está localizado em uma região notável pela ocorrência de solos colapsíveis. Em diversos municípios do interior de São Paulo, como Rio Claro, Araraquara, Ribeirão Preto, e até mesmo em São Carlos, já foi verificada a colapsibilidade em solos. Neste contexto, fica notável a importância da investigação da colapsibilidade solo da cidade de São Carlos quando inundado por gasolina.

2 Identificação de Solos Colapsíveis

A importância na identificação de solos colapsíveis reside na possibilidade de prevenção e não construção em áreas de risco. Foram desenvolvidos parâmetros indiretos com maior simplicidade e, portanto, menos consistentes que podem detectar a presença da colapsividade.

De acordo com Gusmão Filho (2006) “Apesar da complexidade, há uma tendência de se buscar parâmetros simples, de influência indireta, para identificação e quantificação do fenômeno”. O autor afirma que os principais critérios utilizados para esse fim são os de granulometria, limites de consistência e índices físicos. Além disso, existem os parâmetros diretos e quantitativos que consistem nos ensaios de adensamento simples e ensaios in situ.

Motta e Ferreira (2011) define métodos indiretos como aqueles que utilizam índices físicos e limites de consistência, obtidos facilmente por meio de simples ensaios de laboratório ou em campo, tendo caráter orientativo. O autor afirma ainda que esses métodos se diferenciam dos métodos diretos por não oferecerem informações quantitativas, como deformações volumétricas, tensões aplicadas, contato grão a grão, cimentações e constituição do solo.



Os métodos diretos, por sua vez, consistem basicamente na realização de ensaios de adensamento. Estes apresentam informações do potencial de colapsibilidade do solo através da observação das deformações volumétricas e axiais. Para Motta e Ferreira (2011), os ensaios de adensamento para quantificar a magnitude do potencial de colapso do solo podem ser simples ou duplos.

Vilar et al. (2015) realizou compilação de diversas equações e observações sobre o processo de verificação da colapsibilidade de um solo, quanto aos seus índices físicos e limites de liquidez e plasticidade, que são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Índices físicos e limites de consistência de solos colapsíveis.

Referencia	Expressão	Observações
Denisov (1951)	$k = \frac{e_1}{e_0}$	0,5 < k < 0,75 Solo colapsível
Priklonkij (1952)	$k = \frac{w_1 - w_0}{IP}$	k < 0 Solo colapsível
Feda (1966)	$KI = \frac{w_0/S_{ro} - w_p}{IP}$	Válida para solos com S _{ro} < 60% k < 0,85 Solo colapsível
Prikloonskij (1952) citado por Feda (1966)	$k = \frac{w_1 - w_0}{w_1 - w_p}$	k < 0 altamente colapsível k < 0,5 colapsível k > 1,0 expansível
Gibbs & Bara (1967)	$k = \frac{w_s}{w_1}$	k > 1 solo colapsível
Kassif e Henkin (1967)	$k = \gamma_d \cdot w$	K < 15 solo colapsível
Jennings e Knight (1975)	Cascalho fino	S _r < 6% colapsível S _r > 10% não colapsível
	Areia fina	S _r < 50% colapsível S _r > 60% não colapsível
	Silte argiloso	S _r < 90% colapsível
		S _r > 95% não colapsível
Código de obras da URSS (1977) citado por Resnik (1989)	$CI = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0}$	Ocorre colapso para: 1% ≤ w _p ≤ 10%, CI < 0,1 10% ≤ w _p ≤ 14%, CI < 0,17
	S _r < 80%	14% ≤ w _p ≤ 22%, CI < 0,24

3 Materiais e Métodos

3.1 Área em Estudo

A cidade de São Carlos está localizada no Estado de São Paulo. As formações geológicas preponderantes segundo Perroni (2005) são a Formação Botucatu, composta quase inteiramente por arenitos de granulação fina a média e material inconsolidado, a Formação Serra Geral, cujo solo é essencialmente argiloso e proveniente do intemperismo de rochas ígneas e o Grupo Bauru, de idade cretácica superior, com presença de arenitos mal selecionados de coloração castanho clara, de granulometria média e grossa.

3.2 Materiais

O solo em estudo foi coletado no Campus da Universidade Federal de São Carlos, situado dentro da zona pertencente ao grupo Bauru.



A coleta das amostras deformadas e indeformadas seguiu as prescrições da NBR 9604/86 (ABNT, 1986). As Figuras 1 e 2 mostram o local de coleta da amostra de solo e o bloco de solo retirado, respectivamente.



Figura 1. Local de coleta da amostra do solo.



Figura 2. Amostra do solo indeformado.

As amostras coletadas foram devidamente acondicionadas, referenciadas e transportadas para o Laboratório de Geotecnia (LabGeo) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), onde ficaram armazenadas para posteriormente serem submetidas aos ensaios propostos. A gasolina utilizada foi adquirida em um posto de combustível de São Carlos, SP.

3.3 Caracterização Física

Os ensaios de caracterização física teve como objetivo identificar a amostra de solo coletada qualitativamente quanto seus índices físicos de forma indireta, relacionando a mesma a outros tipos de solos com propriedades colapsíveis, bem como realizar um comparativo com os valores e índices estipulados na literatura.

Tabela 2. Ensaios de caracterização realizados no solo e suas respectivas normas.

Ensaio	Norma
Massa específica dos sólidos	NBR 6508 (ABNT, 1984)
Limite de plasticidade	NBR 7180 (ABNT, 2016b)
Limite de liquidez	NBR 6459 (ABNT, 2017)
Análise granulométrica	NBR 7181(ABNT, 2016c)



A caracterização física incluiu a massa específica dos sólidos, limite de plasticidade, do limite de liquidez e análise granulométrica do solo seguindo os procedimentos descritos pelas normas citadas na Tabela 2.

A realização dos ensaios de caracterização física utilizou-se de amostras deformadas, as quais foram homogeneizadas e quarteadas, seguindo as recomendações da NBR 6457/86 (ABNT, 2016a).

3.4 Ensaio de Compactação

A compactação foi na energia do Proctor Normal, seguindo a NBR 7182/2016 (ABNT, 2016d), tendo como objetivo alcançar a densidade máxima para a umidade de campo. Após a compactação do solo, moldou-se, nessa amostra, um corpo de prova com anel de adensamento, o qual foi levado à prensa de adensamento para análise da sua compressibilidade e colapsibilidade, quando inundado com água.

3.5 Ensaio de Adensamento Duplo

O ensaio de adensamento duplo seguiu o procedimento da NBR 12007/90 (ABNT, 1990). O ensaio partiu-se de um carregamento inicial de 6,25 kPa, dobrando-se sucessivamente até atingir a tensão de 400 kPa, em três amostras indeformadas, sendo uma com umidade natural, outra inundada com água e a última inundada com gasolina, e em uma amostra compactada inundada com água. O procedimento adotado no ensaio assemelhou-se ao proposto por Jennings & Knight (1957).

Os corpos de prova foram ensaiados simultaneamente, passando pelos mesmos estágios de carregamento e as amostras inundadas foram constantemente umedecidas, de modo a manter a saturação.

4 Resultados e Discussões

4.1 Caracterização Física

4.1.1 Índices Físicos

A quantificação dos índices físicos foi realizada através da média aritmética dos índices físicos dos três corpos de prova indeformados moldados para o ensaio de adensamento, com exceção do ensaio de massa específica dos sólidos. Os resultados obtidos estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3. Índices físicos das amostras indeformadas.

Índices físicos	CP01	CP02	CP03	Média
Massa específica natural (g/cm ³)	1,608	1,608	1,478	1,565
Massa específica seca (g/cm ³)	1,356	1,361	1,247	1,320
Massa específica dos sólidos (g/cm ³)	2,646			
Índice de vazios	0,95	0,94	1,12	1,00
Porosidade (%)	48,72	48,45	52,87	50,01
Grau de saturação (%)	51,78	50,84	43,66	48,76
Teor de umidade (%)	18,62	18,14	18,51	18,43



Nota-se que os valores dos índices físicos encontrados se assemelham aos valores apresentados por Rodrigues e Lollo (2008) para solos colapsíveis brasileiros.

Os resultados mostraram altos valores de índice de vazios e porosidade, o que, de acordo com Tominaga; Santoro e Amaral (2009), corresponde a tendência à colapsividade. Segundo Rodrigues e Lollo (2008) o índice de vazios e porosidade para solo colapsível da cidade de São Carlos é 1,17 e 52%, respectivamente.

O grau de saturação e teor de umidade natural assumiram valores baixos. Solos com baixo teor de umidade implicam em maior sucção, sendo assim, apresentam rigidez temporária e, portanto, maior potencial de colapso. De forma genérica, solos potencialmente colapsíveis possuem estrutura com alta porosidade, isto é, elevado índice de vazios e teor de umidade inferior ao necessário para saturação (DUDLEY, 1970; NUÑEZ, 1975 apud SILVA, 2006).

A massa específica aparente seca do solo é outro fator que influencia diretamente no colapso do solo. Basma e Tuncer (1992) ao analisarem o potencial de colapso de solos arenosos, argilosos e siltosos da Jordânia constataram que quanto maior o peso específico aparente seco das amostras de solo, menores foram os potenciais de colapso do solo, uma vez que solos mais densos apresentam menores índices de vazios e, portanto, uma estrutura aparentemente mais estável. Os autores também perceberam que quanto maior o teor de umidade inicial do solo, menos sujeito a sofrer colapso torna-se o solo, já que a umidade reduz as forças metaestáveis.

4.1.2 Limites de Consistência

O valor obtido para o limite de liquidez foi de 31% e para o limite de plasticidade foi de 18%. Logo, o valor obtido para o índice de plasticidade ($IP = LL - LP$) dessa amostra de solo foi de 13%, o que o classifica como medianamente plástico.

Os valores observados na literatura para solos colapsíveis demonstraram uma variação ampla para o LP, sendo de não plástico (NP) a $13\% \leq LP \leq 38\%$, e para o LL de $17\% \leq LL \leq 51\%$ (RODRIGUES E LOLLO, 2008). Os valores encontrados estão dentro das variações apresentadas.

4.1.3 Análise Granulométrica

Análise granulométrica do solo identificou 26% de argila, 4% de silte, 70% de areia e 0% de pedregulho, sendo que da fração de areia era de 20%, 45% e 5%, respectivamente de areias fina, média e grossa.

O solo apresentou grande quantidade de areia seguida por quantidade apreciável de argila o que indica uma susceptibilidade para a ocorrência de colapso. Esse resultado sugere que as ligações do solo podem ser temporárias e estabelecidas a partir de vínculos de argila, os quais conferem resistência temporária para a estrutura do solo.

4.2 Adensamento do Solo

Os ensaios de adensamento foram executados simultaneamente em diferentes células, sendo CP01 referente ao corpo de prova inundado com água, CP02 ao corpo de prova inundado com gasolina, CP03 corpo de prova na umidade natural, sem inundação, e CP04 corpo de prova compactado na umidade natural, inundado com   gua. Na Tabela 3, apresentada anteriormente, encontra-se a média dos valores físicos dos três corpos de prova indeformados (CP01, CP02 e CP03). Na Tabela 4 encontram-se os dados do corpo de prova compactado (CP04).

Nota-se que a compacta  o do solo, mantendo o teor de umidade da amostra coletada, provocou uma redu  o de 40% no   ndice de vazios e 67% de aumento na saturac  o. Comportamento esperado já que o processo de compacta  o consiste em aproximar as partículas, diminuindo os espaços entre elas, aumentando a densidade do solo.



Tabela 4. Índices físicos do solo compactado .

Índices físicos	
Massa específica natural (g/cm^3)	1,959
Massa específica seca (g/cm^3)	1,652
Massa específica dos sólidos	2,646
Índice de vazios	0,60
Porosidade (%)	37,50
Grau de saturação (%)	82,02
Teor de umidade (%)	18,60

4.2.1 Adensamento Duplo

Uma vez que os corpos de prova apresentaram diferentes índices de vazios inicial durante a moldagem, torna-se praxe efetuar a translação da curva referente ao corpo de prova natural, respeitando a variação de índice de vazios sofrida durante o carregamento. Segundo Rodrigues e Lollo (2008), as curvas de compressão de adensamento devem ser sobrepostas e ajustadas, transladando-se verticalmente a curva da amostra não saturada até os pontos com coordenadas e_{ov} ; e o da amostra saturada. Os resultados obtidos através da translação da curva referente ao CP01, CP02, CP03 e CP04 estão representados no gráfico da Figura 3.

A partir da análise conjunta da curva referente ao corpo de prova CP01 (solo inundado com água) e da translação da curva referente ao corpo de prova CP03 (solo com umidade natural) foi possível inferir que a amostra sofre colapso para tensões inferiores a 25 kPa. Essa verificação é possível uma vez que houve uma queda de índice de vazios do corpo de prova saturado com água em relação ao corpo de prova com umidade natural, representado pelo distanciamento entre as curvas. A partir da tensão de 25 kPa, o colapso deixa de ocorrer, uma vez que as partículas do solo entram em um estado mais comprimido devido à diminuição do índice de vazios, provocando um aumento de resistência. Além disso, para as tensões acima de 25 kPa, a compressibilidade do solo inundado com água diminui comparando o mesmo com o que se encontra em estado natural, isto deve ocorrer porque a água atuar como lubrificante, melhorando a acomodação das partículas e ocupando os espaços vazios.

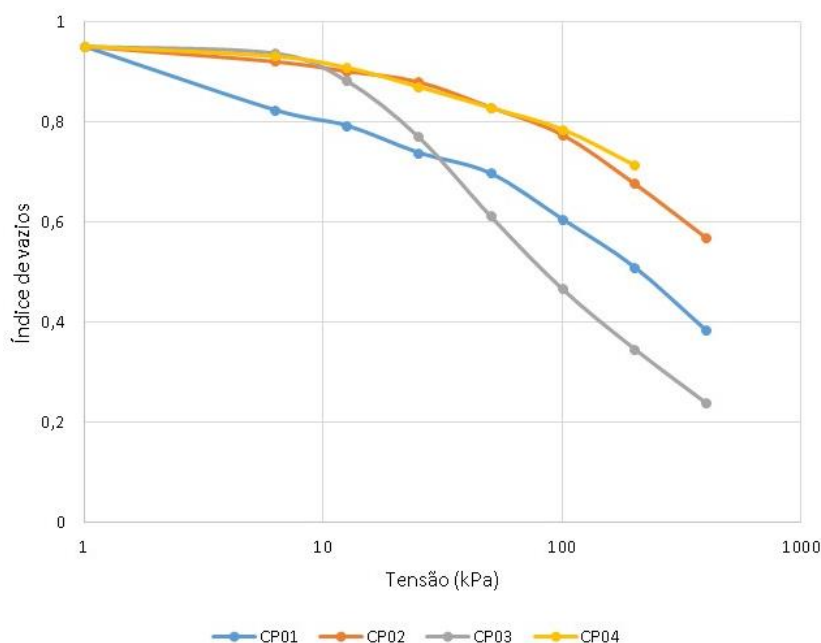


Figura 3. Curvas de adensamento duplo: CP01- inundada com água; CP02 - inundada com gasolina; CP03 – umidade natural e CP04 – compactada e inundada com água.



A análise conjunta das curvas dos corpos de prova na umidade natural (CP03) e inundado com gasolina (CP02), leva ao entendimento de que não ocorreu colapso na presença de gasolina, e que a variação entre as duas curvas não foi representativa. Além disso, nota-se que a percolação da gasolina diminuiu as características de compressibilidade da amostra, quando se compara com a amostra inundada com água. Esse resultado deve estar relacionado com as interações solo-líquido e as propriedades físico-químicas da gasolina, como pH, condutividade elétrica, tensão superficial, e outras. Segundo Mariz e Castro (1994), baixos valores de condutividade elétrica e tensão superficial implicam em uma interação solo-líquido de forma mais lenta, sendo que as bolhas de ar presentes sejam expelidas vagarosamente, proporcionando menor quebra de vínculos do solo. Nenhuma caracterização química ou físico-química foi realizada nas amostras, para verificar a influência direta desses parâmetros.

Analisando o comportamento das amostras CP01, CP03 e CP04, foi possível observar que, a amostra compactada (CP04), mesmo sendo inundada, não sofreu colapso, sendo que sua curva de adensamento mostrou que ocorreram pequenas variações de índices de vazios. Outra observação é que a amostra CP04 apresentou o mesmo comportamento que a amostra inundada com gasolina (CP02). Tanto a amostra CP02 quanto a amostra CP04 obtiveram compressibilidade menores ou iguais para todas as tensões submetidas durante o processo de adensamento, em relação às amostras CP01 e CP03. Sendo assim, verifica-se que de fato a técnica de compactação contribuiu para a melhoria do comportamento do solo em relação a compressibilidade e colapsividade e que a gasolina provoca o mesmo comportamento no solo que o processo de compactação.

Embora o estudo não tenha mostrado colapsibilidade do solo quando inundado com gasolina, deve-se considerar o prejuízo ambiental que pode ser causado pelo derramamento de combustíveis mesmo que em pequenas quantidades.

4.3 Identificação do Colapso por Análise Qualitativa

A análise qualitativa do potencial de colapso do solo utilizando os índices físicos e limites de consistência baseou-se nas equações apresentadas na Tabela 1. Os resultados da análise qualitativa estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5. Análise qualitativa do potencial de colapso.

Avaliação qualitativa		
Critério	Cte. de colapsibilidade	Colapso
Prikonskij (1952)	1,067743696	Não
Feda (1966)	-1,474770823	Não
Gibbs & Bara (1967)	1,008821144	Sim
Kassif e Henkin (1967)	2,585229729	Sim
Jennings e Knight (1975)	Sr < 60%	Sim

Analisando os dados da Tabela 5, apenas dois critérios não acusaram colapsibilidade do solo, sendo eles o critério de Prikonskij (1952), que considera em sua formulação limites de consistência, e o critério de Feda (1966), que se baseia na umidade inicial, grau de saturação e limites de consistência.

Os demais critérios estabelecidos por Gibbs & Bara (1967), Kassif e Henkin (1967) e Jennings e Knight (1975) apontaram para a possibilidade de ocorrência de colapso. Esses critérios consideram em suas formulações principalmente o teor de umidade inicial e o grau de saturação.

Vale ressaltar que estes critérios são de caráter apenas orientativos e não consideram as deformações sofridas pelo solo.



5 Conclusão

A granulometria indicou a predominância da fração Areia, com 70%, sendo 26% argila e 4% silte. A granulometria encontrada representa características de solos com potencial de colapso.

A caracterização física das amostras indeformada indicou alto índice de vazios, baixo teor de umidade natural, baixo grau de saturação e baixa plasticidade.

Com base nos índices físicos e nas formulações propostas por Gibbs e Bara (1967), Kassif e Henkin (1967) e Jennings e Knight (1975) o solo se mostrou suscetível a colapsibilidade.

Os ensaios de adensamento mostraram que quando o solo é inundado com água ocorre colapso para tensões menores que 25 kPa.

Quando o solo é inundado com gasolina, ocorre menor variação nos índices de vazios, evitando a ocorrência de colapso e de compressibilidades significativas.

O processo de compactação contribuiu para a melhoria do comportamento do solo em relação à compressibilidade e à colapsividade.

A gasolina provocou o mesmo comportamento no solo que o processo de compactação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao LabGEO/UFSCar pela disponibilização do equipamento de adensamento para a realização desta pesquisa.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6508 – *Solo: Determinação da massa específica dos solos*. Rio de Janeiro, 1984. 8p.
- _____. NBR 9604 – *Abertura de Poço e Trincheira de Inspeção em Solo, com Retirada de Amostra Deformada e Indeformada*. Rio de Janeiro, 1986. 9p.
- _____. NBR 12007 - *Solo: Ensaio de adensamento unidimensional*. Rio de Janeiro, 1990. 15p.
- _____. NBR 6457 - *Amostras de solo: Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização*. Rio de Janeiro, 2016a, 8p.
- _____. NBR 7180 - *Solo: Determinação do Limite de Plasticidade*. Rio de Janeiro, 2016b. 3p.
- _____. NBR 7181 - *Solo: Análise Granulométrica por Peneiramento*. Rio de Janeiro, 2016c. 13p.
- _____. NBR 7182 - *Solo: Ensaio de compactação*. Rio de Janeiro, 2016d. 10p.
- _____. NBR 6459 – *Solo: Determinação do Limite de Liquidez*. Rio de Janeiro, 2016, versão corrigida: 2017. 6p.
- Basma, A.A.; tuncer, E.R. (1992). Evaluation and Control of Collapsible Soils. *Journal of Geotechnical Engineering Division*, ASCE, Vol. 118, nº 10, october, pp.1491-1504.
- Camapum de Carvalho, J.; Pereira, J.H.F.; Guimarães, R.C.; Abreu, P.S.B. (2001). Análise da influência da sucção nos resultados de SPT e SPT-T em solos porosos colapsíveis. In: 4º Simpósio Brasileiro sobre Solos Não Saturados, Porto Alegre. *Proceedings...* p.509-520.
- Cerri, L.E.S., Zaine, J.E. Nóbrega, C.A., Gibotti Junior, M. (2003). Estudo GeológicoGeotécnico em Área de Instalação de Posto de Combustível em Rio Claro (SP). *Revista Geociências*, UNESP, N. Especial, p. 105-116.
- Chagas, G. S.; Moura, A. S.; Carneiro, A. A. (2016.). *Utilização da compactação para redução do potencial de colapso/ expansão de um solo silto argiloso de massapê da cidade de Icó – CE*. Revista Eletrônica de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, v. 13, n. 1, p.1-12.
- Gusmão Filho, J. (2006) *Desempenho de obras geotécnicas*. Recife: Editora Universitária.
- Jennings, J.E. & Knight, K. (1957). The additional settlement of foundations due to a collapse of structure of sandy subsoils on wetting. In: IV International Conference on Soil Mechanic and Foundation Engineering. Londres. *Proceedings...* Vol. 1, p.316-319.
- Jennings, J.E. & Knight, K. (1975). A guide to construction on or with materials exhibiting additional settlement due to “collapse” of grain structure. In: Regional Conference for Africa on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 7, Durban. *Proceedings...* v. 1, p.99-105..

XX Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica
 IX Simpósio Brasileiro de Mecânica das Rochas
 IX Simpósio Brasileiro de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 VI Conferência Sul Americana de Engenheiros Geotécnicos Jovens
 XI Congresso Luso Brasileiro de Geotecnia
 23 a 26 de Agosto de 2022 – Campinas – SP



COBRAMSEG 2022
 23 A 26 DE AGOSTO | CAMPINAS | SP | BRASIL
 COBRAMSEG | SBMR | GEOJOVEM | CLBG

- Mariz, D.F.; Castro, F.J.C.O. (1994). Análise de Alguns Aspectos no Mecanismo de Colapso de Solos do Planalto Central. In: X Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Fundações, Foz de Iguaçu, november. *Proceedings...* Vol. 4, pp. 91-101.
- Monteiro, P.C.L. (2005). *Estudo da Influência da Interação Solo-Líquido nas Características de Compressibilidade e Colapso de um Arenito Pleistocênico*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, PE. 97p.
- Motta, E.Q.; Ferreira, S.R.M. (2011). Variações da compressibilidade e do potencial de colapso de um solo perante diferentes líquidos de inundação. *Revista de Estudos Ambientais*, São Paulo, n. 28, p.28-41.
- Perroni, J.C.A. (2005). *Avaliação de consumo de energia elétrica para produção de água subterrânea- o caso do abastecimento público de São Carlos - SP*. Dissertação de Mestrado em Geologia, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP. 127p.
- Rodrigues, R.A. Lollo, J.A. de. (2008). Características dos Solos.Colapsíveis. In: LOLLLO, J. A. (Org.). Solos colapsíveis: identificação, comportamento, impactos, riscos e soluções tecnológicas. 1ª ed. São Paulo: Cultura Acadêmica.
- Silva, J. D. da (2006). *Estudo da colapsividade da argila porosa de Brasília pelo fluxo de contaminantes*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF. 141 p.
- Tominaga, L.K.; Santoro, J.; Amaral, R. (Orgs). (2009). Desastres naturais: conhecer para prevenir. São Paulo: Instituto Geológico.196 p.
- Villar, L. F. S.; Guimarães, R. C.; Rodrigues, J. K. G.; Azevedo, R. F.; Carvalho, J. C. (2015). Solos colapsíveis e expansivos In: Carvalho et al. *Solos Não Saturados no Contexto Geotécnico*. 1ª ed. ABMS. São Paulo – SP. Cap. 11, p. 257-296.