

Avaliação do potencial de colapso de um solo do município de Barbalha-CE

Laís Chaves Guilherme

UFCA, Juazeiro do Norte, Brasil, laiscguilherme@hotmail.com

Ana Patrícia Nunes Bandeira

UFCA, Juazeiro do Norte, Brasil, anabandeira@cariri.ufc.br

Antônio Maciel Moura Chaves

UFCA, Juazeiro do Norte, Brasil, macieloiola01@gmail.com

Higo Tavares Barbosa

UFCA, Juazeiro do Norte, Brasil, higoTB@hotmail.com

RESUMO: A análise do potencial de colapso do solo em estudo se motivou devido à ocorrência de patologias em uma edificação próxima ao local da pesquisa, no caso a Cadeia Pública do município de Barbalha. O trabalho em questão objetiva apresentar os resultados da estimativa do potencial de colapso de um solo areno siltoso para verificação de sua relação com as rachaduras presentes na Cadeia Pública. O estudo do potencial de colapso se deu através do método direto, 'in situ', por meio da utilização do equipamento denominado "Expansocolapsômetro". Este equipamento foi inicialmente desenvolvido por FERREIRA e LACERDA (1993), no qual permite a análise do comportamento de variação de volume do solo em diferentes profundidades de um perfil. O ensaio foi realizado por meio de um furo de sondagem aberto com trado manual, onde foram feitas a limpeza e o nivelamento na profundidade de 1,0 m, sendo esta estimada como sendo a profundidade da fundação da Cadeia Pública. Posteriormente fez-se a instalação do equipamento e o nivelamento do mesmo, seguida por carregamentos em etapas até o alcance da tensão de 100 kPa, tensão esta desejada para análise do colapso, sendo próxima da tensão transmitida pela edificação que vem apresentando patologias. Nesta tensão de 100 kPa o solo foi submetido a uma inundação, sendo a umidade inicial do solo no valor de 11,72% antes da inundação. Os recalques devido ao umedecimento foram então acompanhados até a estabilização e o potencial de colapso foi definido pela relação entre a variação de altura devido à inundação e a espessura inicial da camada de solo comprometida, considerada como sendo 1,25 vezes o diâmetro da sapata, resultando em 125 mm, sendo esta baseada no trabalho de SOUZA NETO (2004). O Potencial de colapso obtido em campo, para uma inundação na tensão de 100 kPa, foi de 4,04%. GUILHERME (2015) encontrou para o mesmo solo um potencial de colapso no valor de 13,30%, obtido por meio de ensaio Edométrico Simples em amostra com umidade inicial de 2,0%. A diferença entre os valores dos potenciais de colapso obtidos em campo e em laboratório tem forte relação com a umidade inicial do solo. Quanto menos úmido estiver o solo, maior a possibilidade de colapso. O potencial de colapso obtido através do Expansocolapsômetro classificou o solo como colapsível, segundo Vargas (1978) e como problema moderado, segundo Jennings & Knight (1975), mostrando ser um método promissor para identificação de solos colapsíveis em campo.

PALAVRAS-CHAVE: Solo, Expansocolapsômetro, Potencial, Colapso, Edométrico.

1 INTRODUÇÃO

Os solos não saturados são aqueles em que a existência de uma pressão negativa na água dos poros, comumente definida como sucção, tende a aumentar a tensão intergranular e, conseqüentemente, a resistência e rigidez dos mesmos. Tais solos possuem características diferenciadas daquelas descritas pela tradicional mecânica dos solos e têm ampla importância de estudo e caracterização, pois o aumento da ocupação dos mais diferenciados espaços faz com que os profissionais da engenharia sejam obrigados a lidar com o comportamento desses solos perante uma possível construção.

Inserido nessa realidade encontramos os solos colapsíveis, fenômeno responsável por danos em várias obras de engenharia como pode ser observado pelo histórico de casos nacionais e internacionais registrados por CINTRA (1998), podendo causar danos aos mais diversos elementos de uma edificação tais como: fundação, elementos estruturais, alvenaria, lajes e coberturas como demonstrado por LOLLO (2008).

O colapso é o termo utilizado para os recalques adicionais de uma fundação devido ao umedecimento de um solo não saturado, normalmente sem aumento nas tensões aplicadas (JENNINGS e KNIGHT, 1975). Tratando-se de um fenômeno físico relacionado à perda de resistência do solo que pode ocorrer em função da perda dos vínculos que mantinham as partículas sólidas unidas ou pela destruição dos efeitos capilares (LOLLO, 2008).

Tendo-se em conta que obras assentes em solos colapsíveis podem ter vários danos tais como: trincas, rachaduras e desabamentos, que também podem atingir a infraestrutura (rede de água e esgoto, rede elétrica, sistema viário, etc). Nota-se que é imprescindível a prévia caracterização do potencial colapsível do solo de base de uma futura edificação, para que seja possível um correto dimensionamento ou a tomada de medidas paliativas que podem evitar o surgimento de tais danos.

O presente trabalho visou apresentar a continuação dos estudos de caracterização geotécnica do potencial colapsivo feitos em uma amostra retirada de um terreno localizado

na Cadeia da cidade de Barbalha, região metropolitana do Cariri, Ceará.

O trabalho apresenta a continuação dos estudos feitos por GUILHERME et al. (2015), demonstrou o potencial colapsivo do solo através de ensaios laboratoriais motivados pela observação de um histórico de desmoronamento de uma parte da edificação Cadeia Pública um ano após sua inauguração (1877), assim como a observação de rachaduras no atual prédio reformado.

A caracterização feita nesse trabalho visou à classificação do potencial colapsivo do solo por meio de um ensaio feito em campo utilizando-se do equipamento denominado "Expansocolapsômetro" desenvolvido inicialmente por FERREIRA e LACERDA (1993), no qual pode-se obter a análise do comportamento de variação de volume do solo em diferentes profundidades de um perfil.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Localização do Estudo

Barbalha é um município com 569,508 km² localizado no interior do estado do Ceará. Distante 553 km da capital Fortaleza, o mesmo pertence à Região Metropolitana do Cariri, Mesorregião do Sul Cearense.

O município faz divisa ao Norte com as cidades de Crato e Juazeiro do Norte; ao Sul com a cidade de Jardim; ao Leste com Missão Velha; e ao Oeste com o município do Crato. Possuindo de acordo com o censo de 2010 do IBGE 55.323 habitantes o que lhe confere uma densidade demográfica de 97,14 habitantes por km².

A localização da cidade em relação a capital Cearense Fortaleza pode ser conferida na figura 1 abaixo.



Figura 1. Localização da cidade de Barbalha, ao sul do estado do Ceará (Fonte: GOOGLE, Programa Google Earth, 2016).

A Cadeia Pública da cidade localiza-se onde antes funcionavam a Casa de Câmara e Cadeia (Palácio 3 de Outubro), prédio cuja construção data-se de 1877. Essa construção veio a desabar em 2004, em consequência do grande volume de chuvas. Em 2008 foi reinaugurado um novo prédio (figura 2) que, após pouco tempo de funcionamento, pode-se observar a incidência de rachaduras.



Figura 2. Cadeia Pública da Cidade de Barbalha, prédio reinaugurado (Fonte: <http://www.cearaagora.com.br>, 2016).

2.2 Identificação e Classificação de Solos Colapsíveis

O mecanismo de colapso pode ser identificado por meio de métodos indiretos que se utilizam os índices físicos e limites de consistência, ou parâmetros ligados à textura de

simples obtenção em ensaios de laboratório e de campo, para identificar a potencialidade ao colapso estrutural, sendo de informação orientativa (SOUZA NETO, 2004).

No entanto as formas diretas de avaliação do potencial de colapso possuem vantagens por levar em consideração as tensões aplicadas e quantificar o potencial de colapso em variados tipos de solos. Podendo essas serem feitas em Laboratório, através de ensaios endométricos, ou Campo, através da implementação de novos métodos como o “Expansocolapsômetro”.

O “Expansocolapsômetro” foi desenvolvido por FERREIRA e LACERDA (1993), trata-se de um equipamento que pretende avaliar a variação de volume dos solos em campo em diferentes profundidades. O equipamento é assente em uma abertura feita a trado manual na profundidade em que se deseja obter o potencial de colapso em campo. O mesmo é composto por duas partes uma aparenta um ensaio de placa em miniatura e outra é responsável pelo controle de vazão do ensaio.

O carregamento é feito por etapas até que seja conseguida a tensão desejada, onde é feita a inundação. As variações são medidas por extensômetros até que haja a estabilização das mesmas, sendo o potencial de colapso é definido pela expressão:

$$i = \left(\frac{\Delta H}{H} \right) \times 100\% \quad (1)$$

Onde:

PC: potencial de colapso em porcentagem;
 ΔH : é a variação de altura (recalque) devido à inundação;

H: espessura inicial da camada comprometida com o processo do colapso antes da inundação. Sendo calculada por $2,5D$, onde D é o diâmetro da placa (100mm).

Através da obtenção do potencial de colapso pode-se classificar o solo quanto ao mesmo. SOUZA NETO (2004) cita as seguintes classificações, ABELEV (1948) classifica como solos colapsíveis todo aquele que apresente $i > 2\%$. JENNINGS e KNIGHT (1975), classificam a probabilidade de dano em

5 classes que variam de sem problema a problema muito grave, como pode ser visto na Tabela 1. LUTENEGGER e SABER (1988) classificam os danos em uma obra de leve a alto, a depender o valor de i , proposta resumida na Tabela 2. VARGAS (1978) considera colapsível todo solo que apresente $i > 2\%$, porém para uma tensão de inundação qualquer, o que é um critério mais sensato, uma vez que muitos solos colapsíveis apresentam valores de i superiores a este limite para tensões inferiores a 300 kPa.

Tabela 1. Classificação da colapsibilidade nas obras de engenharia (JENNINGS e KNIGHT, 1975).

(i %)	Gravidade dos Problemas
0 a 1	Sem problema
1 a 5	Problema moderado
5 a 10	Problemático
10 a 20	Problema grave
> 20	Problema muito grave

Tabela 2. Classificação da colapsibilidade em obras de engenharia (LUTENEGGER e SABER, 1988).

(i %)	Gravidade dos Problemas
2	Leve
6	Moderado
10	Grave

2.3 Influência da umidade no potencial de colapso

A umidade inicial do solo em que pretende-se saber o potencial de colapso tem influência inversa no mesmo. A saber, quanto maior a umidade inicial menor o potencial de colapso a ser encontrado e vice-versa.

SOUZA NETO(2004) relata em seu trabalho que ensaios realizados no mesmo solo, em mesma profundidade e sob mesma tensão resultam em maiores potenciais de colapso quando realizados em épocas secas do que quando realizados em períodos chuvosos.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

GUILHERME et al. (2015) obteve como resultado para os ensaios de peneiramento e sedimentação feitos com e sem defloculante a curva granulométrica especificada na figura 3, onde pode-se observar que o solo em estudo apresenta predominância de textura arenosa (63%), sendo 2% de areia grossa, 44% de areia média e 17% de areia fina. O percentual de finos observado foi de 18% de silte e 18% de argila no ensaio com defloculante e de 18% de silte e 4% de argila no ensaio feito sem defloculante, demonstrando que as partículas de argila se encontram em forma de grumos em tamanho superior ao do silte quando em seu estado natural. Também foram encontrados pelos autores os Limites de Atterberg, sendo o Limite de Liquidez e o Limite de Plasticidade 29,6 e 22,1 respectivamente, correspondendo a um Índice de Plasticidade (IP) de 7,5%. Com a análise desses resultados o solo em estudo foi classificado pelo Sistema Unificado (USCS), como SM (areia siltosa), sendo esta classe possível de apresentar comportamento colapsível.

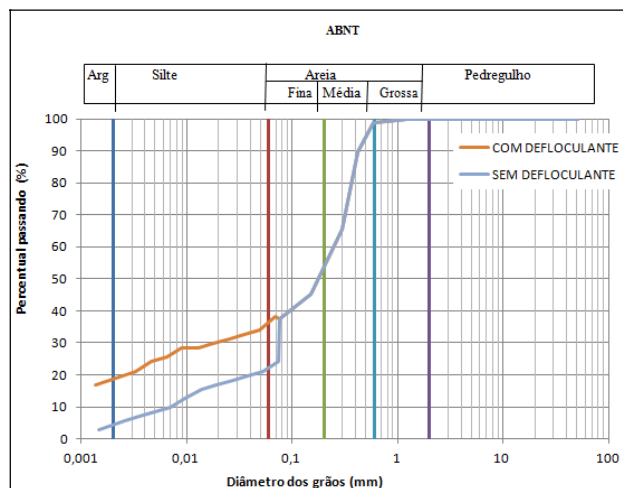


Figura 3. Curva Granulométrica do Solo da Cadeia Pública de Barbalha

GUILHERME et al. (2015) também realizaram ensaios especiais de laboratório para o conhecimento do potencial de colapso do solo, através do ensaio edométrico simples com amostras inundadas sobre tensões de 50 e 100 kPa.

O procedimento para obtenção do potencial de colapso em campo realizou-se com a utilização do “Expansocolapsômetro” desenvolvido por FERREIRA e LACERDA (1993), entretanto o equipamento utilizado é uma versão aprimorada do mesmo, proposta por SOUZA NETO (2004) em sua tese de doutorado. O ensaio consiste em um furo de sondagem aberto com trado manual, onde foram feitas a limpeza e o nivelamento na profundidade de 1,0 m, sendo esta estimada como sendo a profundidade da fundação da Cadeia Pública.

Posteriormente fez-se a instalação do equipamento e o nivelamento do mesmo, a figura 4 mostra o equipamento nivelado em campo.



Figura 4. Equipamento Expansocolapsômetro.

Em seguida efetua-se o carregamento por etapas (5, 10, 20, 40, 80, 100 kPa) até o alcance da tensão de 100 kPa, tensão esta desejada para análise do colapso, sendo próxima da tensão transmitida pela edificação que vem apresentando patologias. Nesta tensão de 100 kPa o solo foi submetido a uma inundação, sendo a umidade inicial do solo no valor de 11,72% antes da inundação. Os recalques devido ao umedecimento foram então acompanhados até a estabilização e o potencial

de colapso foi definido pela relação entre a variação de altura devido à inundação e a espessura inicial da camada de solo comprometida, considerada como sendo 1,25 vezes o diâmetro da sapata, resultando em 125 mm, sendo esta baseada no trabalho de SOUZA NETO (2004).

O Potencial de colapso obtido em campo, para uma inundação na tensão de 100 kPa, foi de 4,04%. GUILHERME (2015) encontrou para o mesmo solo um potencial de colapso no valor de 13,30%, obtido por meio de ensaio Edométrico Simples em amostra com umidade inicial de 2,0%.

A diferença entre os valores dos potenciais de colapso obtidos em campo e em laboratório tem forte relação com a umidade inicial do solo. Quanto menos úmido estiver o solo, maior a possibilidade de colapso.

O potencial de colapso obtido através do Expansocolapsômetro classificou o solo como colapsível, segundo ABELEV (1948), como problema moderado, segundo Jennings & Knight (1975), como moderado segundo LUTENEGGER e SABER (1988) e como colapsível segundo Vargas (1978). Portanto o método de ensaio “in situ” usado mostrou-se promissor para identificação de solos colapsíveis em campo.

4 CONCLUSÕES

A realização de ensaios “in situ” pode facilitar a identificação do potencial de colapso, podendo futuramente ser uma forma mais rápida, menos invasiva ao perfil geotécnico e menos onerosa de avaliação direta do potencial de colapso de perfil de solo estudado.

No trabalho em questão o “Expansocolapsômetro” mostrou-se capaz de identificar a capacidade de colapso do solo em estudo. No entanto, nota-se a necessidade de maiores cuidados com as características iniciais as quais o solo estudado está inserido, com ênfase na umidade inicial, por vista que a modificação das mesma podem ser responsáveis por alterações representativas nos resultados obtidos.

AGRADECIMENTOS

Expressamos nossos agradecimentos à Universidade Federal do Cariri-UFCA Pró-Reitoria de Graduação da Universidade Federal do Ceará e ao MEC, pelas bolsas concedidas a autora. Também ao Laboratório de Mecânica dos Solos da UFC/Cariri, pelo apoio através da infra-estrutura necessária a realização dos ensaios.

REFERÊNCIAS

- FERREIRA, S. R. M. & LACERDA, W. A. *Variações de Volume em Solo Colapsível Medidas Através de Ensaio de Laboratório e de Campo*. 1993. Revista Solos e Rochas.
- CINTRA, J.C.A. *Fundações em Solos Colapsíveis*. 1998. Escola de Engenharia de São Carlos – SP
- SOUZA NETO, João Barbosa . *Comportamento de um solo colapsível avaliado a partir de ensaios de laboratório e campo, e previsão de recalques devidos à inundação (colapso)*. 2004. Tese – COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2004.
- LOLLO, José Augusto de. *Solos Colapsíveis Identificação, comportamento, impactos, riscos e soluções tecnológicas*. 2008. São Paulo : Cultura Acadêmica : Universidade Estadual Paulista, Pró Reitoria de Graduação.
- GUILHERME, Laís Chaves. *Avaliação do potencial de colapso do solo de Barbalha*. 2015. Artigo – UFCA EBOOK, Universidade Federal do Cariri, Juazeiro do Norte, 2015.
- GOOGLE, Programa Google Earth, 2016.