

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

**ESTUDO DA POTENCIAL COLAPSIDADE DOS SOLOS ATRAVÉS DE  
INVESTIGAÇÃO EM CAMPO POR PROVAS DE CARGA EM PLACA<sup>1</sup>  
STUDY OF POTENTIAL COLLAPSIIVITY OF SOILS THROUGH RESEARCH  
IN FIELD REALIZED BY MEANS OF LOAD TESTS ON PLATE**

**Thalia Klein Da Silva<sup>2</sup>, Fernanda Maria Jaskulski<sup>3</sup>, Taciane Pedrotti  
Fracaro<sup>4</sup>, Daiana Frank Bruxel Bohrer<sup>5</sup>**

<sup>1</sup> Pesquisa do DCEEng, desenvolvida no grupo PET de Engenharia Civil.

<sup>2</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil, UNIJUI, thalia\_klein@hotmail.com;

<sup>3</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil, UNIJUI, fernadaj18@hotmail.com;

<sup>4</sup> Aluna do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, bolsista PET Engenharia Civil UNIJUI, taci\_fracaro@hotmail.com;

<sup>5</sup> Professora Mestre do Curso de Graduação em Engenharia Civil da UNIJUI, Orientadora, daiana.bruxel@unijui.edu.br.

## **1. INTRODUÇÃO**

Na escolha do melhor modelo de fundação, que proverá maior segurança e estabilidade a dada edificação, deve-se primeiramente conhecer o solo em que a mesma será estruturada, pois, no sistema solo-fundação, a determinação das pressões existentes no contato entre estes são fundamentais para quantificação do esforços internos à fundação e seu dimensionamento estrutural (VELLOSO; LOPES, 2010). Assim, Hachich et al. (1998) declara que os solos respondem de maneira variável, devido às grandes distinções entre si, tornando imperativo a realização de investigações geotécnicas que determinem seus reais comportamentos frente a diferentes condições de carregamento, assim, solos especiais como solos colapsíveis podem ser previamente identificados, o que possibilita na fase de projeto a escolha adequada de técnicas construtivas.

Dentre as características apresentadas por um solo colapsível orienta-se uma especial atenção quanto a sua capacidade de carga, que sofre uma brusca redução, variada na faixa de 40 a 80%, quando inundados, em comparação ao seu estado natural (SOUZA, 2008). A partir disso, para identificar a potencial colapsividade de um solo, indica-se a execução na condição inundada de provas de carga em placa, que consistem em um ensaio de compressão in loco executado sobre a cota de assentamento de fundações, regulamentado pela NBR 6489 (ABNT, 1984).

O seguinte trabalho parte de um projeto de pesquisa desenvolvido pelo grupo PET — Engenharia Civil da UNIJUI que objetiva identificar solos colapsíveis na região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul através da execução de provas de carga em placa. Para tanto, em fase inicial, é proposto no presente, a contextualização e fundamentação teórica tomada à determinação da viabilidade e compreensão da temática aplicada na pesquisa. As análises e conclusões futuramente desenvolvidas tem como razão a contribuição de subsídios aos engenheiros e técnicos para segura escolha e elaboração de projetos de fundação na região.

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

## 2. METODOLOGIA

O presente artigo foi desenvolvido através de uma cuidadosa revisão bibliográfica objetivando a compreensão e apropriação do tema em referência. Destarte, as informações apresentadas possuem como base um referencial teórico compatível de forma a expor metodologias aplicáveis ao estudo de solos colapsíveis.

## 3. EMBASAMENTO TEÓRICO

No presente tópico serão abordados a contextualização de assuntos relevantes ao desenvolvimento do estudo sobre identificação de solos colapsíveis visando a prática de fundações superficiais. Para tanto, primeiramente se desenvolverá a apresentação dos solos colapsíveis e, no segundo momento, apresentará-se o ensaio de placa.

### 3.1 Solos Colapsíveis

Cintra (1998) descreve o solo colapsível como um solo poroso e não-saturado que quando inundado, ou umedecido até certo nível, apresenta uma redução de volume, recalcando de forma abrupta e em grandes proporções. Conforme Regnatto e Ferreiro (1973) os solos colapsíveis dividem-se em duas classificações distintas, sendo elas os solos “verdadeiramente colapsíveis” e os solos “condicionado ao colapso”, os primeiros têm como característica a incapacidade de suportar seu próprio peso quando inundados sofrendo redução de volume sem aplicação de esforços externos, enquanto os pertencentes ao segundo grupo têm seu colapso frente ao nível de tensões a que são submetidos somado ao estado de inundação. Para Gon (2011) o fenômeno de colapso ocorre de forma mais frequente pela combinação do efeito sobrecarga com o acréscimo de umidade, sendo, portanto, raro somente à ação individual de um desses vetores.

Os solos colapsíveis detêm de uma estrutura porosa onde as partículas maiores são interligadas por vínculos que lhe conferem uma resistência adicional temporária atribuída pela sucção e materiais cimentantes como óxidos de ferro e carbonetos (GUTIERREZ, 2005). Soares (2018) descreve que a hipótese mais aceita para o mecanismo gerador de colapso corresponde ao solo em estado natural, com umidade baixa e alto índice de vazios, possui partículas maiores (areias ou siltes) envoltas por partículas menores (silte e argila) e água, gerando uma estrutura estável e de elevada resistência, quando é aumentado o nível de umidade, conjuntamente ou não com acréscimo de tensão, essa configuração se rompe, e os grãos escorregam sob o efeito da tensão de cisalhamento, diminuindo o volume do solo. De forma geral o colapso dependerá dos tipos e combinações de ligações que mantêm a estrutura do solo (GUTIERREZ, 2005). No entanto, em solos colapsíveis os veículos estruturais são em geral suscetíveis à ação da água em adição, provocando sua ruptura com o aumento de sua umidade (CINTRA, 1998).

Segundo Vilar et al (1981) as regiões de clima tropical detêm de condições propícias para desenvolvimento de solos colapsíveis, para o autor, isso ocorre principalmente, devido à lixiviação de finos na superfície, alternância de épocas destoantes, de seca e cheia, e solos deficientes em umidade formados em regiões áridas. Ferreira (2005) complementa que a alternância de estações de chuva configura o cenário da ocorrência de lixiviação dos finos na superfície, o que torna os primeiros horizontes com estrutura porosa e não saturada, características de solos colapsíveis.

No Brasil, conforme Maciel Filho e Nummer (2014) os solos colapsíveis são geralmente coluviões, aluviões e solos residuais submetidos à intensa lixiviação. Segundo Hachich et al (1998) a

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

investigação de solos que apresentam potencial de colapso ocorre em todo o país, em virtude da grande facilidade em que estes são encontrados em território nacional, e da importância da identificação desse fenômeno para fundações de pequenas edificações e obras de canalização.

Os solos potencialmente colapsíveis tem como característica a ocorrência de ruptura com o aumento de umidade, podendo ocorrer após um longo período uma vez que podem resistir à aplicação da carga inicial colapsando bruscamente somente quando condicionado a um estado de saturação. (CHRIST, 2014). Segundo Macacari (2001) a fonte de água responsável pelo encharcamento do solo pode ocorrer de variadas formas, previsíveis ou não, como, por exemplo, devido a rompimento de tubulações hidráulicas, esgoto, infiltração de águas pluviais, trincas em reservatórios subterrâneos, ascensão do lençol freático, entre outros.

Quando o solo colapsível é submetido, de alguma forma, a um acréscimo de saturação ocorre um considerável aumento na deformabilidade deste e conseqüentemente o deslocamento da fundação. Logo em edificações dispostas sob tais solos, quando não identificados previamente através de investigações geotécnicas, correm riscos a segurança, estabilidade e integridade estrutural. Entre os prováveis danos causados pelo colapso do solo aponta-se a formação de trincas e fissuras ou até rupturas que podem levar as edificações a seu parcial, ou completo arrasamento (MENDONÇA, 1990). Cintra (1998) salienta que os danos provocados pelos recalques para as edificações podem variar de trincas a fissuras generalizadas, que exigem reparações custosas que se repetem após cada novo período anual de chuvas.

Considerando o risco anteriormente apresentado, a NBR 6122 (ABNT, 2010) recomenda que quando realizar fundações dispostas sobre solos porosos ou não saturados deve-se como regra analisar a ocorrência de colapso por encharcamento. Ainda a norma pontua que inicialmente as fundações superficiais devem ser evitadas a menos que se efetue estudos da probabilidade de encharcamento e comportamento do solo inundado frente as tensões aplicadas pela "superestrutura". Acerca do exposto, Freitas (2016) declara que no desenvolvimento de projetos de fundação destinadas a terrenos com solos condicionados ao colapso, opta-se normalmente por fundações profundas, uma vez que o efeito do colapso é mais acentuado nas camadas superficiais o que limita a prática de fundações diretas.

### **3.2 Ensaio de Placa**

A prova de carga em placa constitui um ensaio de compressão realizado sobre a superfície do terreno, ou determinada cota, através de uma placa metálica rígida, o método reproduz o comportamento do sistema solo-fundação frente as solicitações estruturais. (MENEGOTTO, 2004). Conforme Teixeira e Godoy (2016) tal investigação geotécnica em campo pode ser exemplificada como um ensaio que representa um modelo reduzido de sapata em que a aplicação crescente de cargas determina a tensão admissível, recalques e eventuais rupturas do solo para orientação de projetos de fundação. A NBR 6489(ABNT, 1984) destaca que o ensaio de prova de carga tem como resultado uma curva carga-recalque em que são apresentadas as leituras de deformações relativas a cada fase de aplicação de tensões efetuadas.

Ferreira (1998) aponta a realização de provas de carga no solo natural e artificialmente inundado como o modo mais eficiente e confiável de determinar a capacidade de carga e quantificar a influência do colapso em uma fundação apoiada sobre solos colapsíveis. A prova de carga ensaiada sobre o solo colapsível para identificação do potencial colapso pode ser tomada por dois diferentes

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

procedimentos comentados em Cintra (1998). O primeiro método baseá-se em uma prova de carga somente, onde a inundação do solo é desenvolvida durante a ocorrência do ensaio, já o segundo transcreve-se na realização de dois ensaios distintos, um com o solo em seu estado natural de umidade e outro com o solo previamente inundado (CINTRA, 1998).

Segundo Xavier (2018) no ensaio em que a inundação ocorre durante a prova de carga a curva carga x recalque apresenta uma descontinuidade qualificando os recalques adicionais provocados pela ruptura em tensão constante. Na segunda metodologia os ensaios ocorrem normalmente, logo as curvas não apresentam descontinuidades bruscas, de forma que a verificação do colapso dá-se pela visualização de maiores recalques e diminuição da capacidade de carga do ensaio em solo pré-inundado quando comparado aos valores encontrados no ensaio desenvolvido no estado natural de umidade do solo (XAVIER, 2018).

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Em análise as informações anteriormente apresentadas verifica-se a importância de realizar investigações geotécnicas que permitam o conhecimento do comportamento real dos solos para o desenvolvimento de sistemas de fundação seguros. A identificação prévia de solos condicionados ao colapso é justificada pelos inúmeros danos, passíveis de ocorrência, causados por esses ao longo da vida útil de uma edificação.

Os danos estruturais, econômicos e até humanos provocados pela deformação brusca de um solo colapsível responsável por apoiar uma fundação podem ser minimizados ou controlados a partir de medidas tomadas ainda na fase de projeto quando antes desenvolvido o estudo do comportamento deste. Nesse sentido o ensaio de placa constitui uma excelente investigação geotécnica uma vez que fornece valores reais de recalque e capacidade de carga do solo, podendo as perdas visualizadas em diferentes condições de ensaio, como o solo em seu estado natural e inundado, serem facilmente identificadas e quantificadas de modo a fornecer dados necessários a tomada de ações preventivas.

Conclui-se que o presente trabalho auxilia na melhor compreensão de solos colapsíveis demonstrando a problemática desses quando responsáveis pela estabilidade da superestrutura e, justifica-se em apresentar uma forma eficaz de desenvolver a identificação do potencial colapso dos solos. A pesquisa tende a expandir, através do desenvolvimento de ensaios de prova de carga em placa em solo típico da região noroeste do Estado do Rio Grande do Sul de forma a identificar a potencial colapsibilidade dos solos da região e contribuir com o conhecimento técnico do comportamento real desses como subsídio em projetos de fundação.

**Palavras-chave:** Identificação. Solos Colapsíveis. Ensaio de Placa.

**Keywords:** Identification. Collapsible Soils. Plate Load Test;

#### **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos ao MEC-SESu por participar do Programa de Educação Tutorial (PET).

#### **REFERÊNCIAS**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2010.

**Evento:** XXVII Seminário de Iniciação Científica - BOLSISTAS DE GRADUAÇÃO UNIJUI

- \_\_\_\_\_. NBR 6489: Prova de Carga Direta sobre Terreno de Fundação. Rio de Janeiro, 1984.
- CINTRA, J.C.A. Fundações em solos colapsíveis. Ed. Rima, São Carlos - SP. 1998.
- CHRIST, C.E. Mapemaneto de áreas suscetíveis ao colapso na bacia hidrográfica da lagoa da conceição. Dissertação (Mestrado). UFSC. Florianópolis. 2014.
- FERREIRA, C.V. Efeito da inundação do solo no comportamento de estacas moldadas in loco, instrumentadas em campo experimental de bauru-SP. EESC-USP. São Carlos. 1998.
- FERREIRA, S.R.M. Solos colapsíveis do Nordeste. Geotecnia no Nordeste. Editora Universitária. UFPE. Recife. 2005.
- FREITAS, M. C. Avaliação de técnica de melhoria de solos colapsíveis por meio de colunas de solo laterítico compactado. Dissertação (Mestrado). EESC-USP, São Carlos. 2016.
- GON. F.S. Caracterização geotécnica através de ensaios de laboratório de um solo de diabásio da região de Campinas/SP. Dissertação (Mestrado). UNICAMP. Campinas. 2011.
- GUTIERREZ, N.H.M. Influências de aspectos estruturais no colapso de solos do norte do Paraná. São Carlos - SP: Tese (Doutorado). EESC-USP, São Carlos. 2005.
- HACHICH, Waldemar et al. Fundações: teoria e prática. 2 ed. São Paulo. Ed. Pini, 1998.
- MACACARI, M.F. Variação da capacidade de carga com a sucção e profundidade em ensaios de placa em solo colapsível. Dissertação (Mestrado). EESC-USP, São Carlos. 2001.
- MACIEL FILHO, C. L.; NUMMER, A. V. Geologia de Engenharia. 5 ed. UFSM. 2014.
- MENDONÇA, M.B. Comportamento de solos colapsíveis da região de Bom Jesus da Lapa. Dissertação (Mestrado), COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro. 1990.
- MENEGOTTO, M.L. Previsão da curva tensão-recalque de ensaios de placa em solo não saturado. Tese (Doutorado). EESC-USP, São Carlos. 2004.
- PINTO, C.S. Curso básico de mecânica dos solos: 16 aulas. 3. Ed. São Paulo, 2006.
- REGINATTO A.R. & FERRERO, J.C. Collapse potential of soils and soil-water chemistry, In: International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, 8, Moscow, 2.v. 1973.
- SOARES Fábio. V. P. Pprevisão de recalques por colapso de sapatas assentes em solo natural e compactado. Dissertação (Mestrado). UNESP. Bauru. 2018.
- SOUZA, A. In: LOLLO, José Augusto de. (Org.). Solos Colapsíveis: Identificação, comportamento, impactos, riscos e soluções tecnológicas. Cultura Acadêmica. São Paulo. 2008.
- TEIXEIRA, A.H.; GODOY, N.S. Análise, projeto e execução de fundações rasas. In: FALCONI, Frederico (Org.) et al. Fundações: teoria e prática. 3. Ed. São Paulo: Pini, 2016.
- VELLOSO, D.A.; LOPES, F.R. Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais e fundações profundas. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.
- VILAR, O.M.; RODRIGUES, J.E & NOGEUEIRA, J.B. Solos colapsíveis: Um problema para a engenharia de solo tropicais. In: Simpósio Brasileiro de Solos Tropicais em Engenharia. Rio de Janeiro. 1981.
- XAVIER, J.M. Estudo do comportamento geotécnico de um solo colapsível voltado para fundações superficiais. Dissertação (Mestrado). UFPE. Recife. 2018.