

# ESTUDO DE TENSÕES NO SOLO CAUSADAS POR CARREGAMENTO LATERAL EM UMA FUNDAÇÃO DO TIPO TUBULÃO UTILIZANDO FOTOELASTICIDADE.

Fabio Martins Salvador<sup>1</sup>, Kurt André Pereira Amann<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Engenharia Civil, Centro Universitário FEI

<sup>2</sup> Engenharia Civil, Centro Universitário FEI

fabio.salvador95@gmail.com e kpereira@fei.edu.br

**Resumo:** O seguinte trabalho tem como objetivo avaliar a utilização do método da fotoelásticidade, para análises de carregamento lateral em fundações do tipo tubulão e compará-las aos modelos matemáticos. Além disso, visualizar e comparar as franjas de tensões com a reação horizontal do solo, no caso material fotoelástico.

## 1. Introdução

Esse trabalho é baseado nos principais aspectos estudados em mecânica dos solos e suas aplicações; a distribuição de tensões no solo (o que causa as deformações), utilizando material fotoelástico simulando o solo, o que permite a visualização das franjas de tensões no interior do material, e o carregamento nas estruturas de fundações. Colocando esses dois elementos em um mesmo trabalho, pretende-se analisar a relação, distribuição de tensões no solo e resistência ao carregamento lateral do solo x fundação.

A fundação do tipo Tubulão, foi utilizada pois, apresenta distribuições de tensões pelo fuste e direta, pela base, tornando esse estudo ainda mais completo. É possível encontrar na literatura métodos de análise que comprovam isso, como o Método Russo.

Para colocar em prova essas teorias, serão testados dois tipos de protótipos: o primeiro flexível profundo, simulando a deformação de um tubulão e a outra, em material rígido curto, onde, conforme Alonso (2019), aparece maior dissipação de tensões pela base (Figura 1). Todo experimento é realizado simulando as provas de carga de carregamento lateral, como aquelas apresentadas por Kassouf (2012), para que, na medida do possível, os resultados possam ser comparados aos resultados em escala real.

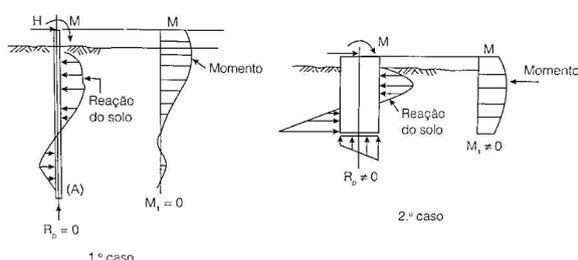


Figura 1 - 1ºCASO) Estaca profunda; 2ºCASO) Estaca curta. Fonte: Alonso, 2019

## 2. Metodologia

O material fotoelástico utilizado no experimento é composto por gelatina, água e glicerina, apresentando comportamento elástico-linear coesivo. Como apresentado por Schiavon (2010), existem estudos com diversos materiais desse tipo, alterando suas proporções, alteram-se suas propriedades.

Nesse estudo foi utilizado as seguintes proporções de materiais, como utilizado por Moraes (2015):

- Volume de água = 0,6Vtotal
- Volume de glicerina = 0,25Vtotal
- Volume de gelatina = 0,15Vtotal

Para a representação do tubulão, foi desenvolvida uma modelagem no software 3D BUILDER, em escalas 1:100 (Figura 2) e executado em impressão 3D (Figura 3).

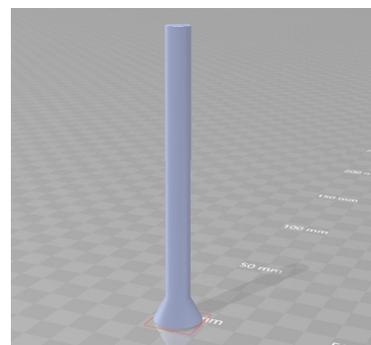


Figura 2 - Tubulão modelado utilizando o software 3DBuilder



Figura 3 - Tubulão em impressão 3D

Para aplicação do carregamento lateral, foi realizada uma adaptação da cédula de carregamento INSTRON 5kN (Figura 4), que permite uma aplicação e leitura de deslocamento, precisas.

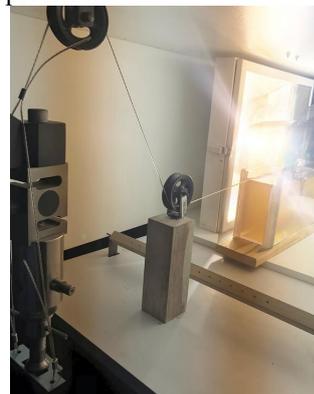


Figura 4 - Sistema de adaptação da INSTRON 5kN

### 3. Resultados

A fim de se estudar o comportamento do material e compará-lo a solos conhecidos, foram realizados ensaios de compressão simples (Figura 5), utilizando a célula de carga INSTRON 5KN.

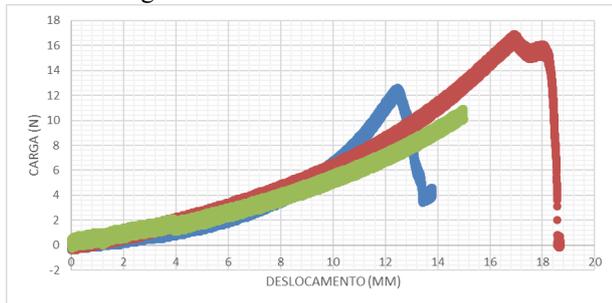


Figura 5 – Carregamento x Deslocamento - Ensaio de compressão simples no material fotoelástico

A diferença de resistência final observada nos resultados foi causada pela recompressão do corpo de prova.

Por aproximação de reta, obtém-se a tangente média das curvas e assim, o módulo de elasticidade do material, de aproximadamente  $67 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ .

O ensaio de carregamento lateral apresentou um formato próximo aos resultados obtidos em provas de carga horizontais (Figura 6).

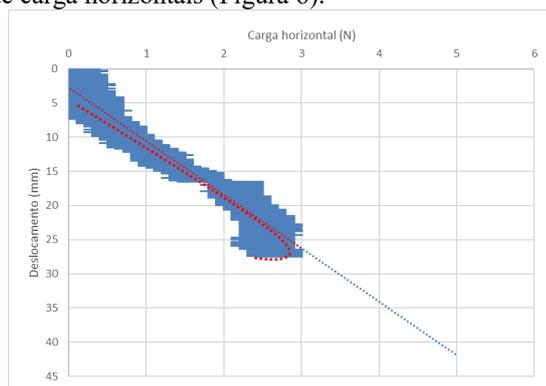


Figura 6 - Deslocamento x Carga Horizontal

Durante o ensaio foi observada as franjas de tensões (Figura 7) e no ensaio destruiu o momento de descolamento do material que, mesmo na ruptura, apresenta toda sua resistência lateral inteiramente situada nos primeiros centímetros de profundidade, deixando clara o comprimeto crítico onde ocorre o engastamento no solo, para estacas profundas.



Figura 7 - Bulbo de tensões na prova de carga horizontal em tubulão profundo

No ensaio com tubulão curto (Figura 8), ou seja, comportamento rígido, não foram analisados os

deslocamentos, porém, é possível observar a distribuição de tensões dissipadas pela base e fuste.



Figura 8 - Bulbo de tensões na prova de carga horizontal em tubulão curto

### 4. Conclusões

Analisando os resultados é possível notar que, a carga é muito baixa e a célula de carregamento muito precisa e por isso, é possível notar as linhas com muita oscilação.

O módulo de elasticidade não saiu próximo ao módulo de elasticidade da argila mole, como era esperado.

Porém, foi possível observar o comportamento do tubulão profundo em meio elástico, muito próximo ao real, e a distribuição de tensões concentradas próximos a superfície, característica principal de uma estaca profunda.

### 5. Referências

- [1] ALONSO, Urbano Rodrigues. **Dimensionamento de Fundações Profundas**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2019.
- [2] KASSOUF, **Análise de prova de carga em tubulão a céu aberto submetido a esforço horizontal em solo não saturado de diabásio da região de Campinas**. Campinas, 2012.
- [3] MORAIS, F. **Estudo da interação dos bulbos de tensões de fundações por sapatas em tanque de material fotoelástico**. 2015. (Iniciação Científica) - Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2015.
- [4] SCHIAVON, J. **Aplicação da técnica da fotoelasticidade na análise de fundações por estacas helicoidais**. 2010. 165 f. Dissertação (Mestrado em geotécnica) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010.

### Agradecimentos

À instituição Centro Universitário FEI por ceder o laboratório de química para a execução do material, o laboratório de engenharia civil para a realização das provas de carga e empréstimo da Instron e demais softwares.

<sup>1</sup> Aluno de IC do Centro Universitário FEI. Projeto com vigência de 08/18 a 08/19.