

ANÁLISE NUMÉRICA DO COMPORTAMENTO DO SOLO DE APOIO DE UM EDIFÍCIO SINTÉTICO UTILIZANDO MODELOS ELÁSTICOS E PLÁSTICOS

NUMERICAL ANALYSIS OF THE BEHAVIOR OF THE SUPPORTING SOIL OF A SYNTHETIC BUILDING USING ELASTIC AND PLASTIC MODELS

Emerson Renildo Silva Santos¹; Islanio Salviano da Cruz²; Lucíolo Victor Magalhães e Silva³

¹ Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil.

² Faculdade de Integração do Sertão, Serra Talhada, Brasil.

³ Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Salgueiro, Brasil.

Resumo

Este trabalho aborda a avaliação geotécnica do solo de apoio de um edifício sintético com estrutura em concreto armado e fundação do tipo radier, modelado utilizando o software CYPECAD-2019. Para análise geotécnica foi empregada a ferramenta MEF (Método dos Elementos Finitos) do software Geo5. Os principais objetivos incluem a comparação do modelo elástico com os seguintes modelos plásticos: Mohr-Coulomb, Mohr-Coulomb modificado e Drucker Prager. A metodologia envolve a análise de distribuições de tensões, deslocamentos e deformações plásticas. Os resultados demonstraram que a escolha do modelo elástico pode ocasionar em um subdimensionamento da estrutura.

Palavras-chave: Fundações. Geotecnia. Método dos elementos finitos.

Abstract

This work addresses the geotechnical evaluation of the supporting soil of a synthetic building with a reinforced concrete structure and a raft foundation, modeled using the CYPECAD-2019 software. For geotechnical analysis, the FEM (Finite Element Method) tool from the Geo5 software was used. The main objectives include comparing the elastic model with the following plastic models: Mohr-Coulomb, modified Mohr-Coulomb and Drucker Prager. The methodology involves the analysis of stress distributions, displacements and plastic deformations. The results demonstrated that the choice of the elastic model can result in an undersizing of the structure.

Keywords: Foundations. Geotechnics. Finite element method..

Introdução

O foco desta pesquisa é investigar a resposta elástica e plástica do solo de assentamento de uma fundação do tipo radier de um edifício sintético proposto pelos autores, destacando os parâmetros não lineares de um caso de solo, assim como suas diferentes respostas obtidas através da aplicação de modelos elasto-plásticos. Para o desenvolvimento deste trabalho foi utilizado a ferramenta de elementos finitos (MEF) do software Geo5 e o CYPECAD.

No contexto desta investigação, serão explorados cinco modelos distintos: Os Modelos Elástico, Elástico Modificado, Mour-Coulomb, Mour-Coulomb Modificado e Drucker Prager. O objetivo é analisar e comparar suas respostas, a fim de avaliar o impacto das não linearidades do solo. Esta pesquisa busca proporcionar uma compreensão mais abrangente das implicações dos modelos elasto-plásticos na análise de distribuições de tensões, deslocamentos e deformações plásticas, fornecendo insights valiosos para a engenharia de fundações e estruturas.

Nos trabalhos de Neves e Tsutsumi (1993), Vendruscolo (1996), Mendonça (2005), Neto e Fonseca (2019) foram realizadas análises elasto-plásticas de solos.

Método

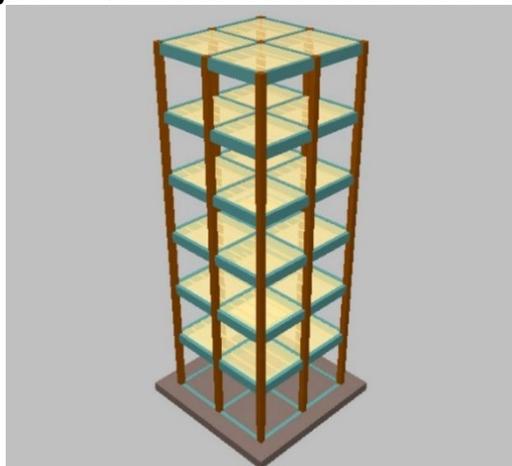
PROCEDIMENTO DE ANÁLISE

Primeiramente, o modelo estrutural do edifício sintético foi construído no software CYPECAD, de onde foram retiradas as condições de contorno para a simulação do comportamento solo. Posteriormente através da ferramenta MEF do software Geo5, foram realizadas as análises geotécnicas utilizando os modelos supracitados. Os resultados foram analisados na seção respectiva.

EDIFÍCIO SINTÉTICO

Foi realizado um estudo de uma edificação vertical de 6 pavimentos. As cargas aplicadas incluíram uma sobrecarga de $0,15 \text{ t/m}^2$ e uma carga permanente de $0,1 \text{ t/m}^2$ por pavimento obtidos conforme a NBR 6118/2014. Foi arbitrada, para efeito de cálculo, uma carga permanente linear de $1,00 \text{ t/m}$ nas vigas de todos os pavimentos, que representa alvenarias e revestimentos. Cada pavimento possui 3 metros de altura, com pilares medindo $30\text{cm} \times 30\text{cm}$. As lajes utilizadas são do tipo beta 12, com 8cm de altura de bloco, espessura da camada de compressão de 4cm e peso próprio de $0,2 \text{ t/m}^2$. A fundação foi concebida em laje radier com 50cm de espessura. O coeficiente de recalque foi de 10.000 t/m^3 , e as tensões admissíveis em combinações fundamentais e acidentais foram de $1,6 \text{ kgf/cm}^2$ e $3,0 \text{ kgf/cm}^2$, respectivamente. Na estrutura foi empregado aço CA-50, CA-60 e concreto com f_{ck} de 30MPa .

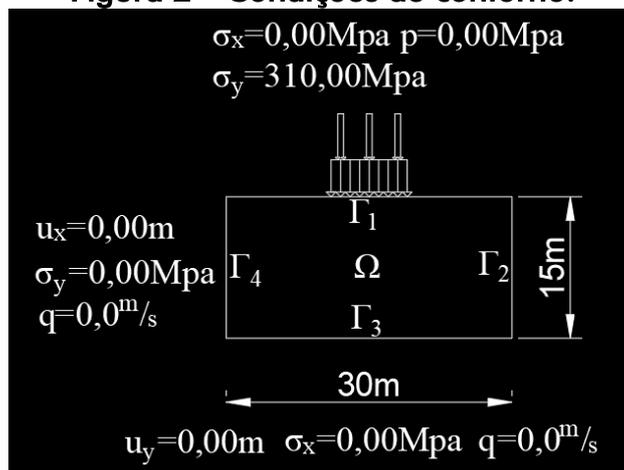
Figura 1 - Modelo estrutural do edifício sintético



ANÁLISE PLÁSTICA EM GEOTECNIA

Para a simulação das deformações do solo, foi estabelecida uma modelo em elementos finitos com um domínio que abrancheu um intervalo de coordenadas no eixo x de -15 m a 15 m, e uma espessura da camada de solo de 15,0 m. Os parâmetros de solo considerados no cálculo apresentam peso específico de 17,7 kN/m³, módulo de elasticidade de 100 MPa, coeficiente de Poisson de 0,25, módulo de descarga/recarga de 100 MPa, ângulo de atrito interno de 34° e coesão do solo de 0. A carga aplicada foi obtida através de um modelo estrutural desenvolvido no software CYPECAD 2019.

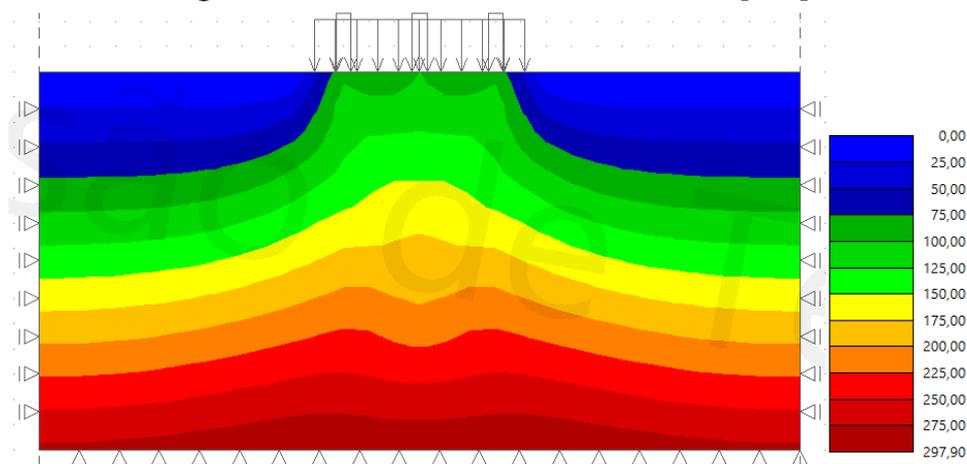
Figura 2 - Condições de contorno.



Resultados e Discussões

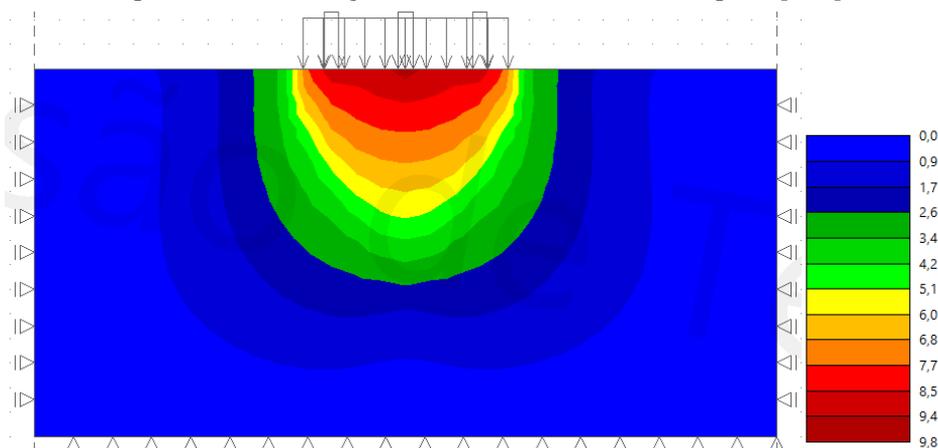
Os resultados obtidos a partir da análise geotécnica do solo utilizando o modelo elástico e os modelos plásticos no módulo do MEF do software Geo5, apresentaram tensão normal vertical $\sigma_{z,eff}$ [kPa], que atingiu máxima de 297,90 kPa para o modelo de análise Mohr-Coulomb, Figura 3.

Figura 3- Tensão normal vertical $\sigma_{z,eff}$ [kPa]

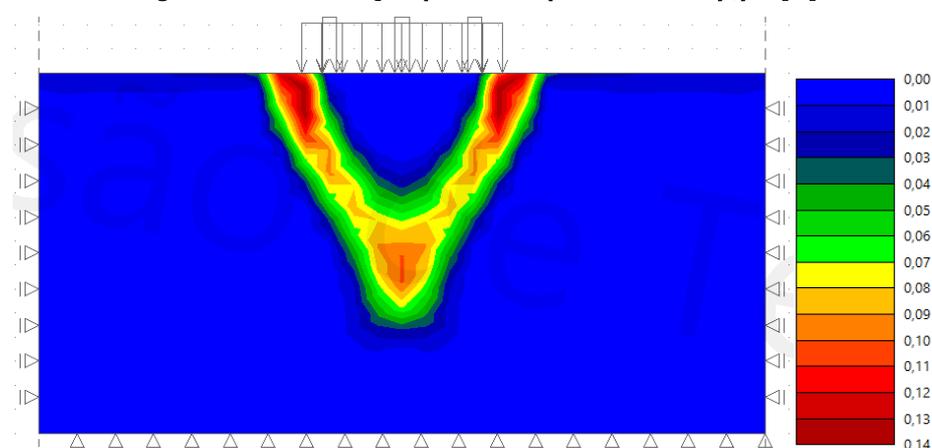


Para a deformação vertical devido à sua sobrecarga dz [mm], apresentou deformação máxima de 9,8mm, Figura 4.

Figura 4 - Deformação vertical devido à sobrecarga dz[mm]



Enquanto a deformação plástica equivalente $\epsilon_{eq.,pl.}[\%]$ foi 0,14%, Figura 5.

Figura 5 - Deformação plástica equivalente $\epsilon_{eq.,pl.} [\%]$ 

A Tabela 1 apresenta os resultados do deslocamento dz [mm], deformação plástica $\epsilon_{eq.,pl.} [\%]$ e tensão normal vertical $\sigma_{z,eff} [kPa]$ para o mesmo problema, mas utilizando os diferentes modelos materiais disponíveis no programa GEO5 MEF. É importante ressaltar que os deslocamentos foram medidos tanto na superfície como no centro do modelo.

Tabela 1- Resultados

Modelo material / programa	d z [mm]	$\epsilon_{eq.,pl.} [\%]$	$\sigma_{z,eff} [kPa]$
Elástico	8,3	-	303,25
Elástico Mod.	8,3	-	303,25
Drucker-Prager	11,2	0,150	294,11
Mohr-Coulomb	9,8	0,140	297,90
Mohr-Coulomb Mod.	9,0	0,068	301,21

Os modelos analisados apresentaram resultados distintos, no entanto para este caso em específico o modelo elástico apresenta-se subdimensionado visto que o solo se encontra em condição de plasticidade.

Para este caso específico, o modelo de Drucker-Prager demonstrou ser mais apropriado do que os modelos de Mohr-Coulomb ou Mohr-Coulomb Modificado. Ele resultou em um deslocamento de 11,2mm e uma deformação plástica de 0,15%, em contraste com os outros modelos, que apresentaram deslocamentos de 9,8mm e 9,0mm, juntamente com deformações plásticas de 0,14% e 0,068%, respectivamente.

Portanto, a seleção adequada do modelo é fundamental para projetos de engenharia geotécnica, particularmente em situações de carregamento que plastifiquem o solo. Essas

conclusões têm implicações importantes para a prática da engenharia, enfatizando a necessidade de levar em conta as características específicas do solo ao escolher modelos para análise de recalques e dimensionamento de fundações em estruturas, com o objetivo de assegurar a segurança e confiabilidade das construções.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**. Projeto de estruturas de concreto: Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

CYPE. Cypecad. Disponível em: <https://info.cype.com/br/software/cypecad/>. Acesso em: 13 out. 2023.

Geo5. Disponível em: <https://geo5.com.br/>. Acesso em: 13 out. 2023.

MENDONÇA, Hélio Mazzilli Xavier de. **Sobre a modelagem de problemas de engenharia geotécnica pelo método dos elementos finitos**. 2005. 157 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia, Engenharia de Estruturas e Fundações, Escola Politécnica, São Paulo, 2005.

NETO, Mattos; FONSECA, Iwar. **Análise da escolha dos parâmetros geotécnicos em obras de barragens**. 2019.

NEVES, Marilza das; TSUTSUMI, Mitsuo. **Análise elastoplástica pelo método dos elementos finitos de estacas escavadas**. 1993.

VENDRUSCOLO, Marcio Antonio. **Análise numérica e experimental do comportamento de fundações superficiais assentes em solo melhorado**. 1996.

Recebido: 10/10/2023

Aprovado: 20/10/2023