

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3



ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

COLEÇÃO
DESAFIOS
DAS
ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3



ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Atena
Editora
Ano 2021

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Diagramação: Maria Alice Pinheiro
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Gabriel Motomu Teshima
Revisão: Os autores
Organizador: Armando Dias Duarte

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

D812 Coleção desafios das engenharias: engenharia civil 3 /
Organizador Armando Dias Duarte. - Ponta Grossa -
PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-639-0

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.390212610>

1. Engenharia civil. I. Duarte, Armando Dias. II. Título.
CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos - CRB-8/9166

Atena Editora

Ponta Grossa - Paraná - Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

www.atenaeditora.com.br

contato@atenaeditora.com.br

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, desta forma não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Civil 3” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de trabalhos diversos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que através dos resultados, possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no desenvolvimento profissional.

Os estudos apresentados, foram desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa do país e também um caso internacional. Em todos esses trabalhos foram apresentadas diversas problemáticas a respeito do estudo de interação solo-estrutura, orçamento de obras, desempenho de materiais, aditivos para materiais da construção civil, análises através da ferramenta Building Information Modelling (BIM), gestão de resíduos **sólidos**, entre outros. Os estudos presentes nos trazem à tona, temas interdisciplinares através da segurança de obras civis, aspectos econômicos, sociais e ambientais.

Os temas discutidos nesta obra, possuem a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, com temáticas atuais e que são apresentadas como desafios enfrentados pelos profissionais e acadêmicos, deste modo a obra “Coleção desafios das engenharias: Engenharia Civil 3”, apresenta uma teoria fundamentada nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que desenvolveram seus trabalhos e pesquisas, os quais serão apresentados de maneira concisa e didática.

A divulgação científica é de suma importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, sendo a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulguem seus resultados.

Armando Dias Duarte

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

ANÁLISE DA INTERAÇÃO SOLO-ESTRUTURA EM EDIFICAÇÕES DE CONCRETO ARMADO SOBRE FUNDAÇÕES SUPERFICIAIS

Mateus Lima Barros

Vinicius Costa Correia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126101>

CAPÍTULO 2..... 13

ANÁLISE DE HASTES DELGADAS EM GRELHAS HIPERESTÁTICAS

Antônio Luís Alves da Cunha

Luiz Carlos Mendes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126102>

CAPÍTULO 3..... 28

ANÁLISE DE SÓLIDOS INELÁSTICOS SOB DEFORMAÇÃO FINITA USANDO ELEMENTOS BIARTICULADOS 2D E 3D

William Taylor Matias Silva

Sebastião Simão da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126103>

CAPÍTULO 4..... 46

APLICAÇÃO DA NORMA ABNT NBR 16747 (2020) – INSPEÇÃO PREDIAL EM EMPREENDIMENTOS RURAIS – ESTUDO DE CASO

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126104>

CAPÍTULO 5..... 58

APLICAÇÃO DE CURSO EXTENSÃO DE ORÇAMENTO DE OBRAS EM BIM COMPARANDO COM A METODOLOGIA ATUAL DA DISCIPLINA DE ORÇAMENTO DE OBRAS DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DO INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE – CAMPUS ESTÂNCIA

Anna Cristina Araujo de Jesus Cruz

José Carlos de Anunciação Cardoso Júnior

Mariana Silveira Araujo

Natália Ramos dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126105>

CAPÍTULO 6..... 67

CORROSÃO NA ARMADURA EM ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO DEVIDO AO ATAQUE DE SULFATOS

Henrique Resende dos Santos

Adriano de Paula e Silva

Eduardo Chahud
Cristiane Machado Parisi Jonov

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126106>

CAPÍTULO 7..... 78

DANOS PÓS INCÊNDIO NA ESTRUTURA DE UMA SUBESTAÇÃO ELÉTRICA. UM ESTUDO DE CASO NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Rodolpho Medeiros Frossard
Anna Luiza Macachero Victor Rodrigues
Lara Sandrini
Matheus Carreiro Zani
Warribe Lima de Siqueira
Geilma Lima Vieira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126107>

CAPÍTULO 8..... 90

DEGRADAÇÃO TÉRMICA DE CONCRETOS CONVENCIONAIS SUBMETIDOS A ALTAS TEMPERATURAS E RESFRIAMENTO LENTO

Moacyr Salles Neto
Flávio Roldão de Carvalho Lelis

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126108>

CAPÍTULO 9..... 103

DESEMPENHO DE EDIFICAÇÕES HOSPITALARES VIA DIMENSÕES MORFOLÓGICAS

Alyria Donegá
João da Costa Pantoja

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3902126109>

CAPÍTULO 10..... 115

DIFICULDADE DOS DISCENTES DE ENGENHARIA CIVIL NA MATÉRIA DE MECÂNICA VETORIAL COMPARANDO OS PARÂMETROS DO ENSINO PRESENCIAL E DO ENSINO REMOTO

Alessandro Leonardo da Silva
Emanuela dos Santos Gonzaga
Gustavo Neves Quintão Gonzales
Marcelo Robert Fonseca Gontijo
Thais Prado Vasconcelos Silva
Rodrigo Silva Fonseca
Heron Viterbre Debique Sousa
Ícaro Viterbre Debique Sousa

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261010>

CAPÍTULO 11..... 125

EFEITO DO TEOR e TIPO de CIMENTO NO MÓDULO DE RESILIÊNCIA DE SOLO ARENOSO ESTABILIZADO QUIMICAMENTE

José Wilson dos Santos Ferreira
Michéle Dal Toé Casagrande

Raquel Souza Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261011>

CAPÍTULO 12..... 136

ESTUDIOS DE PELIGRO SÍSMICO EN EL MUNICIPIO DE IXHUACÁN DE LOS REYES, VERACRUZ

Gilbert Francisco Torres Morales

Ignacio Mora González

Saúl Castillo Aguilar

René Álvarez Lima

Raymundo Dávalos Sotelo

José Alberto Aguilar Cobos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261012>

CAPÍTULO 13..... 150

ESTUDO DA APLICAÇÃO DO LÁTEX DA SERINGUEIRA AMAZÔNICA (*HEVEA BRASILIENSIS*) COMO ADITIVO EM ARGAMASSA COM CIMENTO PORTLAND PARA MELHORA DE COMPORTAMENTO MECÂNICO

José Costa Feitoza

Natália da Mata Batista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261013>

CAPÍTULO 14..... 160

ESTUDO DE UMA CONTENÇÃO UTILIZANDO FERRAMENTA NUMÉRICA E MÉTODOS APROXIMADOS DE DIMENSIONAMENTO DE TIRANTES

Renathielly Fernanda da Silva Brunetta

Isabela Grossi da Silva

Leandro Canezin Guideli

Vitor Pereira Faro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261014>

CAPÍTULO 15..... 173

AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DO TRATAMENTO TÉRMICO NO GNAISSE MILONÍTICO

Kelly de Oliveira Borges da Costa

Afonso Rangel Garcez de Azevedo

Carlos Maurício Fontes Vieira

Elaine Aparecida Santos Carvalho Costa

Geovana Carla Girondi Delaqua

Gustavo de Castro Xavier

Letícia Borges da Costa

Vinícius Alves Polinicola

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261015>

CAPÍTULO 16..... 183

VIGAS DE GRAN ALTURA DE HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRAS. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL CORTE

Viviana Carolina Rougier

Miqueas Ceferino Denardi

Dario Orestes Vercesi

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261016>

CAPÍTULO 17..... 195

GESTÃO E OPERAÇÃO DE SISTEMAS DE AR CONDICIONADO: UMA NOVA ABORDAGEM USANDO MODELAGEM 6D

João Bosco Pinheiro Dantas Filho

Guilherme Bruno de Souza Ribeiro

Pedro Holanda

Bruna Vital Roque

Rodrigo G. Ribeiro

Artur de Almeida Evangelista

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261017>

CAPÍTULO 18..... 206

GRANULOMETRIA DOS AGREGADOS GRAÚDOS COMERCIALIZADOS NOS MUNICÍPIOS DA CHAPADA DO APODI/RN – ANÁLISE COMPARATIVA COM A NORMA NBR 7211/2009

Renata Samyla Matias Nogueira

Clélio Rodrigo Paiva Rafael

Edna Lucia da Rocha Linhares

Ronald Assis Fonseca

Rokátia Lorrany Nogueira Marinho

Ligia Raquel Rodrigues Santos

Jaiana de Araújo Pinheiro

Carlos Eduardo Carvalho Oliveira

Edyelly Cristtian Galdino Fernandes

Francisco Felinto de Lima Neto

Luzianne Galvão Pimenta

Géssica de Moura Ribeiro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261018>

CAPÍTULO 19..... 221

INSPEÇÃO PREDIAL EM EMPREENDIMENTOS RURAIS APLICABILIDADE DA NBR 16747

Camilla Cristina Cunha Menezes

Marcos de Paulo Ramos

Thiago Pena Bortone

Rachel Jardim Martini

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261019>

CAPÍTULO 20..... 232

GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS SÓLIDOS

Wallace Ribeiro Nunes Neto

Camila Moraes Silva

Pedro Paulo Barbosa Nunes Sobrinho

Carlos Augusto Rocha de Moraes Rego
Louryval Coelho Paixão
Marcio Mendes Cerqueira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261020>

CAPÍTULO 21..... 241

LOCUS SAECULARIS: MATERIAIS QUE CONSTRÍRAM UMA TRADIÇÃO

João Hermem Fagundes Tozatto
Crystian André Montozo Botelho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261021>

CAPÍTULO 22..... 253

MODELAGEM NUMÉRICA DE PAREDE DIAFRAGMA ATIRANTADA EM ÁREA URBANA

Isabela Grossi da Silva
Renathielly Fernanda da Silva Brunetta
Leandro Canezin Guideli
Vitor Pereira Faro

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261022>

CAPÍTULO 23..... 266

NOVA TECNOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DE TORRES EÓLICAS

Ilo Borba

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261023>

CAPÍTULO 24..... 273

O CORREDOR BIOCEÂNICO: REESTRUTURAÇÃO TERRITORIAL DE NOVAS HINTERLÂNDIAS

Carlos Andrés Hernández Arriagada
Teo Felipe Bruder Gouveia

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261024>

CAPÍTULO 25..... 287

O MAPA DE DANOS COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO E RESTAURO DE EDIFICAÇÕES: UMA REVISÃO LITERÁRIA

Lucas Rodrigues Cavalcanti
Eliana Cristina Barreto Monteiro
Carlos Fernando Gomes do Nascimento
Catharina Silveira Rodrigues
Fabrício Fernando de Souza Lima
Amanda de Moraes Alves Figueira
José Maria de Moura Júnior
Sabrina Santiago Oliveira
Roberto Revoredo de Almeida Filho
Flávio Matheus de Moraes Cavalcante

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261025>

CAPÍTULO 26	302
TREINAMENTO DE REDES NEURAIS ARTIFICIAIS PARA O DIMENSIONAMENTO À FLEXÃO DE VIGAS DE CONCRETO ARMADO	
João Victor Fernandes Masalkas	
Emerson Felipe Felix	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261026	
CAPÍTULO 27	316
UMA FORMULAÇÃO ANALÍTICA PARA DETECÇÃO DE PONTOS LIMITES E DE BIFURCAÇÃO	
William Taylor Matias Silva	
Sebastião Simão da Silva	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261027	
CAPÍTULO 28	333
UTILIZAÇÃO DO CARVÃO OBTIDO A PARTIR DA PIRÓLISE DA CASCA DE ARROZ PARA ADSORÇÃO DE AZUL DE METILENO	
Camila Ribeiro Rodrigues	
Marcelo Mendes Pedroza	
Mayara Shelly Miranda Bequimam	
David Barbosa Dourado	
Danielma Silva Maia	
Marcel Sousa Marques	
Hellen Dayany Barboza Barros	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.39021261028	
SOBRE O ORGANIZADOR	338
ÍNDICE REMISSIVO	339

ESTUDO DE UMA CONTENÇÃO UTILIZANDO FERRAMENTA NUMÉRICA E MÉTODOS APROXIMADOS DE DIMENSIONAMENTO DE TIRANTES

Data de aceite: 01/10/2021

Data de submissão: 28/08/2021

Renathielly Fernanda da Silva Brunetta

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil
Curitiba - Paraná
<http://lattes.cnpq.br/7806001111513392>

Isabela Grossi da Silva

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil
Curitiba - Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4528242094549105>

Leandro Canezin Guideli

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil
Curitiba - Paraná
<http://lattes.cnpq.br/0990136426184216>

Vitor Pereira Faro

Universidade Federal do Paraná, Departamento de Construção Civil
Curitiba - Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4930854532345524>

RESUMO: O trabalho apresenta uma situação de escavação em área urbana com solo estratificado contida por parede diafragma atirantada. Existem restrições severas quanto à deformação desta parede devido à existência de tubulação, edificação com fundação direta e rodovia nas proximidades da contenção. Visando a análise das deformações e obtenção das

tensões atuantes no bulbo dos tirantes modelou-se o cenário em um *software* de análise tensão *versus* deformação que utiliza o Método dos Elementos Finitos. Compararam-se as cargas atuantes na parede, obtidas com os métodos de capacidade de carga usuais apresentados na literatura. Visando ainda a análise da influência dos parâmetros, realizou-se uma análise paramétrica com variação dos valores de coesão, ângulo de atrito e módulo de elasticidade do solo. Como conclusão analisa-se o desempenho da contenção e a coerência entre os métodos de dimensionamento aproximados e as simulações.

PALAVRAS - CHAVE: Parede atirantada, análise tensão *versus* deformação, contenções.

STUDY OF A ANCHORED WALL USING NUMERICAL TOOLS AND APPROXIMATE SIZING METHODS

ABSTRACT: This work presents an urban area excavation situation in a stratified soil with an anchored diaphragm wall solution. In the present project, there are expressive restrictions in the allowable deformation, due to proximity to roadway, residential building and buried water supply pipeline. A finite element approach was used in order to obtain and analyze the maximum deformation, as well as the stress and loads acting in the anchors. The results from this analysis were then compared with classic analytical design methods from the literature. In addition, in order to check the influence of each of the soils mechanical properties into the deformation and load in the anchors, a parametric analysis was performed, with the variation of the cohesion, friction angle, and young modulus. Finally, the

structure performance was analyzed, together with the consistency of the results obtained from the two methods, analytical and numerical.

KEYWORDS: Anchored wall, strain-stress analysis, retaining structures.

1 | INTRODUÇÃO

Em situações de projeto de obras envolvendo grandes escavações utilizam-se métodos de equilíbrio-limite, métodos usando simulação de viga com apoio elástico e métodos de elementos finitos para análise, sendo que este último possibilita uma análise ampla do problema e a determinação de solicitações, deslocamentos e esforços nos elementos estruturais. O método de elementos finitos ainda possibilita a modelagem da interação solo *versus* estrutura na sequência construtiva (MILITITSKY, 2016). Entretanto estas ferramentas nem sempre estiveram disponíveis e nestas ocasiões os métodos de dimensionamento aproximados podem ajudar em estimativas iniciais de projeto.

Ressalta-se que independentemente do método de análise, para a eficácia do estudo, os ensaios de campo e laboratório são importantes para que os parâmetros do solo sejam representativos da realidade. Desta forma este trabalho além aplicar métodos de dimensionamento aproximados também realiza uma análise paramétrica da variação de parâmetros do solo no *software* de elementos finitos.

2 | MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO APROXIMADO

Os métodos teóricos apresentados a seguir são utilizados para auxiliar na tomada de decisão quanto ao dimensionamento do trecho ancorado dos tirantes a serem construídos. No entanto, é inegável que ainda há muito empirismo no dimensionamento de estruturas atirantadas.

2.1 Método de ostermayer (1975)

Este método consiste em gráficos que foram elaborados através de resultados empíricos de, aproximadamente, 300 ensaios em tirantes realizados na Alemanha. O autor apresenta gráficos que relacionam o comprimento do bulbo de ancoragem com a resistência ao cisalhamento fornecida pelo tirante, sendo que há correlação gráfica para solos granulares e coesivos.

No caso de solos granulares, a relação entre o comprimento do bulbo necessário para determinada resistência última da ancoragem não há diferenciação entre o procedimento de injeção da calda de cimento. Quando o problema em questão se encontra em solo coesivo, o método faz diferenciação entre o uso de uma ou mais reinjeção de calda de cimento. Estes gráficos podem ser observados em Santos (2013).

2.2 Método de Bustamante e Doix (1985)

Bustamante e Doix (1985) através da realização de 120 provas de carga realizadas na França criaram um método de dimensionamento de ancoragens que considera as diferentes técnicas de injeção, a pressão de injeção e o volume de calda de cimento injetada. Dessa forma, a capacidade de carga limite da ancoragem T_{\max} é determinada conforme exposto na Equação (1).

$$T_{\max} = \pi * D_e * L_b * q_s \quad (1)$$

Sendo D_e o diâmetro médio adotado para o trecho ancorado calculado conforme a Equação (2), L_b comprimento do trecho ancorado e q_s resistência ao cisalhamento.

$$D_e = \beta * D_p \quad (2)$$

Onde D_p é o diâmetro perfurado do trecho ancorado e β o coeficiente de majoração do diâmetro do bulbo devido à injeção. Os valores de β são maiores para a técnica de reinjeção, fornecendo um diâmetro médio maior e podem ser consultados em More (2003).

Como pode ser visto no trabalho de More (2003) neste método os autores propõem gráficos que indicam o valor do coeficiente q_s . É apresentada diferenciação quanto a técnica de injeção utilizada e tipo de solo. Estes resultados foram obtidos de maneira empírica e nos gráficos o valor do coeficiente q_s esta relacionado com a pressão limite do ensaio pressiométrico (P_l) e com o número N correspondente ao ensaio SPT (*Standart Penetration Test*).

2.3 Método de Costa Nunes (1987)

Costa Nunes (1987) apresentou um método semelhante ao do Bustamante e Doix (1985), diferenciando-se pela influência da pressão de injeção, a qual pode ser analisada quantitativamente, e não apenas qualitativamente como o método no qual foi baseado. Assim, o cálculo da capacidade de carga máxima (T_{\max}) é apresentada na Equação (3)

$$T_{\max} = \pi * D_e * n_d * L_b * n_l * \tau \quad (3)$$

Sendo que D_e é o diâmetro médio do bulbo, n_d é o coeficiente de aumento do diâmetro pela pressão de injeção, L_b comprimento do bulbo, n_l o coeficiente de redução do comprimento do bulbo devido à pressão não uniforme sobre o mesmo, importante considerar $n_l = 1$ para comprimentos razoável de até 8 m e τ a resistência ao cisalhamento na interface bulbo-solo.

A resistência ao cisalhamento na interface solo-bulbo é calculado conforme e Equação (4) e considera uma pressão residual de injeção σ'_r , estimada em 50% da pressão de injeção aplicada.

$$\tau = c + (\sigma' + \sigma'_r) * \text{tg}\phi \quad (4)$$

Sendo c a aderência entre a calda de cimento e o solo, podendo ser usada igual à coesão do solo e \varnothing o ângulo de atrito do solo. A tensão normal (σ) é calculada como mostrado na Equação (5) que considera o peso específico do solo na profundidade do bulbo de ancoragem (γ_c), a profundidade do centro do bulbo de ancoragem (h) e o fator de redução da profundidade (n_h) quando esta é superior a 9 m.

$$\sigma' = \gamma_c * h * n_h \quad (5)$$

2.4 Método da ABNT NBR 5629:2006

O método de cálculo da resistência à tração ($T_{máx}$) de uma ancoragem exposto pela NBR 5639:2006 não considera o efeito da injeção, por isso é considerado conservador e traz formulações diferentes para solo granular e coesivo, conforme apresentado na Equação (6) (solo granular) e Equação (7) (solo coesivo). A norma afirma que a determinação do comprimento e da seção transversal deve ser feita experimentalmente e que as expressões apresentadas servem para uma avaliação inicial.

$$T_{máx} = \sigma'_z * U * L_b * K_f \quad (6)$$

$$T_{máx} = \alpha * U * L_b * S_u \quad (7)$$

Onde σ_z é a tensão vertical efetiva no ponto médio da ancoragem, U é o perímetro médio da seção transversal do bulbo de ancoragem, L_b é o comprimento do bulbo de ancoragem, K_f é o coeficiente de ancoragem que depende do tipo de solo e pode ser consultado na NBR 5629 (ABNT, 2006), α é o coeficiente redutor da resistência ao cisalhamento não drenada S_u . O coeficiente redutor tem o valor de $\alpha = 0,75$ para $S_u \leq 40$ kPa, $\alpha = 0,35$ para $S_u \geq 100$ kPa e para valores de resistência não drenada intermediários aos apresentados deve-se interpolar linearmente.

2.5 Porto (2015)

O método apresentado na tese de Porto (2015) utiliza as mesmas equações (1) e (2) de Bustamente e Doix (1975) diferenciando os valores do coeficiente de majoração do diâmetro do bulbo devido à injeção (β) e a forma com que a resistência ao cisalhamento (q_s) é determinada. A resistência ao cisalhamento (q_s , em kN/m²) é determinada como mostrado na Equação (8) e os valores de k (coeficiente de ancoragem) e β podem ser obtidos em seu trabalho.

$$q_s = 10 * k \left(\frac{N_{SPT}}{3} + 1 \right) \quad (8)$$

2.6 D'Hyppolito (2017)

Assim como Porto (2015), D'Hyppolito (2017) sugere outras formas de se determinar a resistência ao cisalhamento (q_s). Esta autora apresenta em sua tese expressões de limite superior, inferior e de valores médios referente ao banco de dados obtido para o trabalho. Além disso, as equações se diferenciam pelo tipo de solo, argiloso ou arenoso e a quantidade de injeções utilizadas nos tirantes. Para o presente trabalho foi utilizada a Equação (9) referente a solo argiloso com uso de uma injeção de calda de cimento. Este método não sugere valores de coeficiente de majoração do diâmetro do bulbo devido à injeção (β) e a autora informa que foi utilizado $\beta = 2$ para todos os tipos de solo.

$$q_s = 46,3 * \ln(N_{SPT}) - 13,8 \quad (9)$$

3 | PROBLEMA EM ESTUDO

A contenção idealizada se encontra em uma área urbana, e possui altura de 12 m e extensão de 30 m. Cinco metros a montante da estrutura existe uma rodovia com largura de 8 m e logo após localiza-se uma edificação de 4 andares em fundação superficial. Além disso, sob o passeio da rodovia, a 2 m de profundidade passa um duto de abastecimento de água, como exposto na Figura 1. Trata-se de um problema clássico de obra em área urbana com densa ocupação, no qual devem ser evitados barulhos, vibrações e deslocamento do solo para que regiões vizinhas não sejam afetadas para que esses requisitos fossem atendidos adotou-se uma estrutura do tipo parede diafragma atirantada.

Através de sondagens à percussão do tipo SPT (*Standard Penetration Test*) verificou-se que o nível freático se encontra a 3 m de profundidade e sua estratigrafia composta por três camadas: um aterro com material variado, uma camada de argila com presença de material granular e uma camada de silte profunda em que os valores médios de N_{SPT} das camadas foram respectivamente 6, 9 e 16.

O perfil do solo na seção transversal à parede diafragma é mostrado na Figura 1. Os parâmetros apresentados foram selecionados de acordo com Joppert (2007) utilizando o N_{SPT} médio na camada por

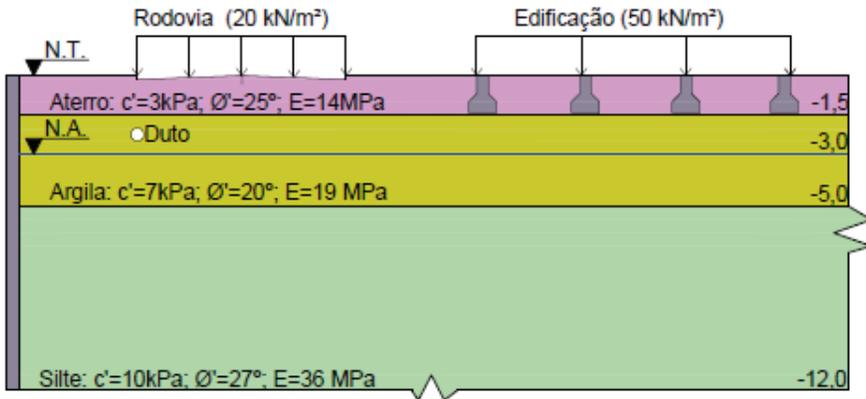


Figura 1. Configuração da área próxima à contenção.

3.1 Concepção do Modelo Numérico

O modelo numérico foi concebido em um *software* que permite simular as etapas construtivas. O modelo constitutivo adotado foi o de Mohr-Coulomb. A malha utilizada foi a de densidade média disponível no programa, sendo refinada manualmente na região de ancoragem e próximo a tubulação. As cargas inseridas foram do tipo distribuída e estática.

Os tirantes foram simulados pela união de duas partes, o comprimento ancorado e o comprimento livre. O bulbo foi modelado como um corpo envolto em calda de cimento informando a rigidez axial e o comportamento do tipo do material como elástico. O comprimento livre há a entrada dos mesmos parâmetros e adicionalmente o valor do espaçamento horizontal entre tirantes. Para que os resultados fossem mais acurados nas regiões ancoradas, por serem locais de interesse da modelagem, realizou-se refinamento da malha. Hipóteses de simulação similares foram utilizadas por Conceição (2015) e Reffatti (2002) mostrando-se satisfatórias.

Em relação a geometria, a parede diafragma tem espessura de 0,50 m e, para atender aos empuxos existentes, foram adicionadas quatro linhas de tirante e todas com o comprimento livre de 12 m e de ancoragem de 6 m. A primeira linha de tirantes dista 1,50 m da superfície e os tirantes são espaçados verticalmente entre si com 2,50 m e horizontalmente de 1,50 m como apresentado na Figura 2.

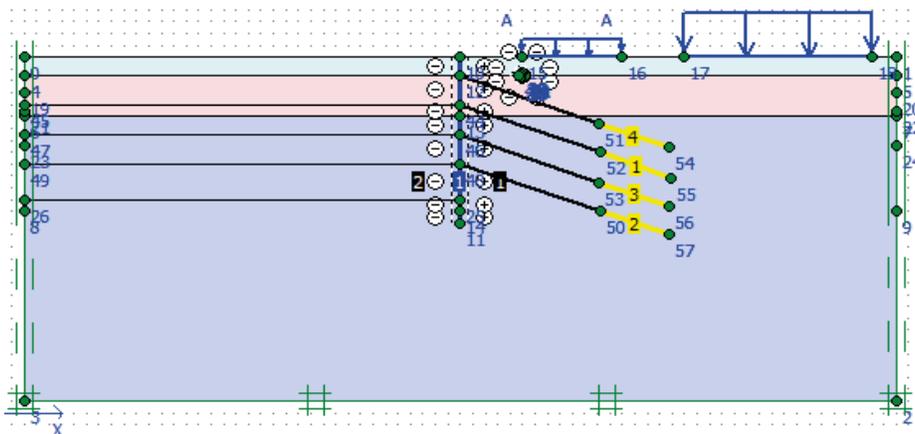


Figura 2. Configuração do modelo numérico.

3.2 Análise Paramétrica

Com intuito de verificar a sensibilidade deste tipo de estruturas quanto à variação dos parâmetros geotécnicos, durante a modelagem numérica, foi realizada uma análise paramétrica para o solo argila e também para o solo silte. Nesta análise, os parâmetros variados foram a coesão, ângulo de atrito e módulo de elasticidade, cujos valores constam na Tabela 1.

Coesão (kPa)		Ângulo de atrito (graus)		Módulo de elasticidade (MPa)	
Argila	Silte	Argila	Silte	Argila	Silte
1	4	14	21	4	21
4	7	17	24	9	26
7*	10*	20*	27*	14	31
10	13	23	30	20*	36*
13	16	26	33	24	41
--	--	--	--	29	46
--	--	--	--	34	51

* - valor adotado no modelo inicial

Tabela 1. Variáveis e valores utilizados na análise paramétrica

Foram realizadas ao total 29 simulações, sendo 1 para os valores iniciais e para as demais fixava-se os parâmetros do problema em estudo e se realizava a simulação alterando apenas 1 parâmetro de cada camada. Essa análise é extremamente interessante no sentido de fornecer informações da influência nos aspectos de dimensionamento (tensão nos tirantes e deformação máxima da estrutura) de cada um dos parâmetros.

4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Aplicação dos Métodos de Dimensionamento Aproximado

Primeiramente, realizou-se o dimensionamento de capacidade de carga última dos tirantes utilizando métodos de cálculo aproximado anteriormente apresentados. A Tabela 2 apresenta os valores de capacidade de carga última obtida por esses métodos para cada linha de tirante e a carga atuante retirada do *software* de análise numérica. O método da NBR 5629:2006 e Costa Nunes (1987) consideram a tensão confinante no cálculo, desta forma, a capacidade de carga última aumenta com a profundidade de execução do tirante, os demais métodos consideram apenas os parâmetros do solo e, assim, a capacidade última do elemento é constante entre as linhas de execução.

Em contrapartida, a carga atuante obtida pela modelagem numérica diminui com a profundidade devido à presença das maiores deformações do sistema se localizarem no topo, o bulbo de tensões das sobrecargas diminuirão com o aumento da profundidade e pelo menor confinamento dos tirantes mais superficiais. A carga atuante apresentada na Tabela 2 refere-se ao esforço obtido na última etapa da modelagem, ou seja, a última escavação.

Método	Capacidade de carga última (kN)			
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4
Bustamante e Doix (1985)	497,63	497,63	497,63	497,63
Ostermayer (1975)	848,23	848,23	848,23	848,23
Costa Nunes (1987)	219,30	291,34	363,37	435,40
NBR 5629:2006	245,05	308,67	372,29	435,91
Porto (2015)	469,02	469,02	469,02	469,02
D'hypolitto (2017)	323,94	323,94	323,94	323,94
Númérico (carga atuante)	247,27	204,51	195,75	140,85

Tabela 2. Valores da capacidade de carga última para cada linha de tirante pelos métodos teóricos e da carga atuante para o método numérico.

Dividindo a capacidade de carga última obtida por cada método pela carga atuante apontada pelo método numérico obtêm-se os fatores de segurança apontados na Tabela 3.

Método	Fator de segurança			
	Linha 1	Linha 2	Linha 3	Linha 4
Bustamante e Doix (1985)	2,01	2,01	2,01	2,01
Ostermayer (1975)	3,43	3,43	3,43	3,43

Costa Nunes (1987)	0,89	1,18	1,47	1,76
NBR (2006)	0,99	1,25	1,51	1,76
Porto (2015)	1,90	1,90	1,90	1,90
D'hypolitto (2017)	1,31	1,31	1,31	1,31

Tabela 3. Fatores de segurança dos métodos aproximados.

Os valores destacados na Tabela 3 são menores que 1,50, fator considerado satisfatório para uma obra de contenção permanente. Consta-se que os métodos que consideram a tensão confinante são mais conservadores, bem como o método de D'hypolitto (2017). Caso estes métodos fossem utilizados para o dimensionamento a parede de contenção deveria ser reformulada.

Vale lembrar que métodos existentes na literatura são de grande valia para uma estimativa de capacidade de carga, porém algumas considerações não são feitas como a sobrecarga e nível de água, desta forma os ensaios de arrancamento são necessários.

4.2 Análise Paramétrica

Os gráficos mostrados a seguir são referentes à análise paramétrica realizada de acordo como exposto no item 3.4. Ao variar os parâmetros (coesão, ângulo de atrito e módulo de elasticidade) da camada de silte (Figura 3b a Figura 5b) notou-se uma maior diferença da carga atuante quando comparado com a mudança do parâmetro na camada de argila (Figura 3a a Figura 5a), isso se deve pela localização dos bulbos de ancoragem dos tirantes estarem na camada siltosa.

Observa-se na Figura 3b que a carga atuante pouco varia quando a coesão da camada siltosa ultrapassa o valor de 10 kPa, ao passo que anteriormente a esse valor verificou-se uma variação significativa. Já para o ângulo de atrito constata-se que para o valor de 27° a variação da carga atuante se torna menos expressiva, como retratado pela Figura 4b. Por fim, para o módulo de elasticidade, verificou-se que para aumento dos valores considerados, houve uma tendência de queda contínua da carga atuante nos tirantes, conforme apontado na Figura 5.

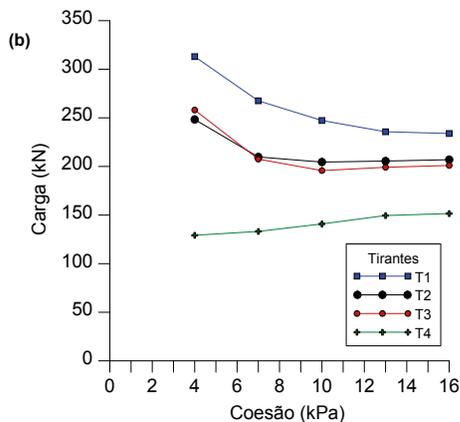
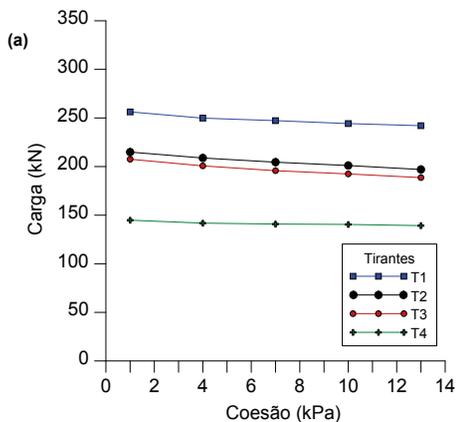


Figura 3. Carga atuante nos tirantes de acordo com a coesão do solo: (a) argila e (b) silte.

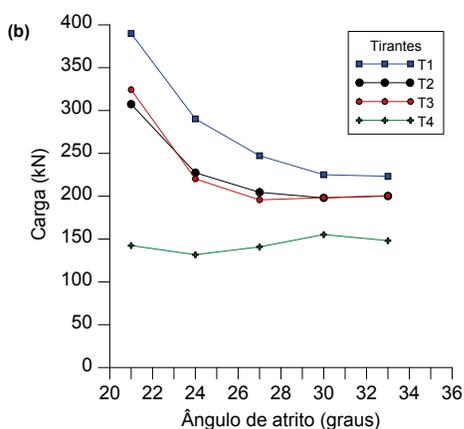
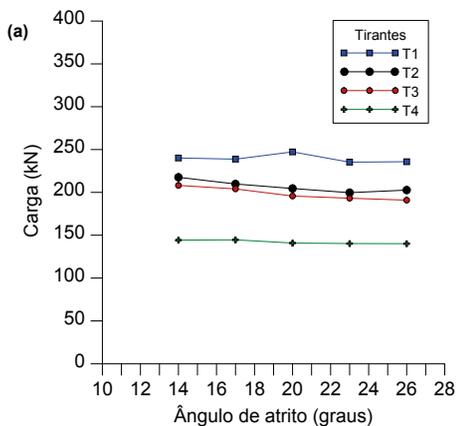


Figura 4. Carga atuante nos tirantes de acordo com o ângulo de atrito do solo: (a) argila e (b) silte

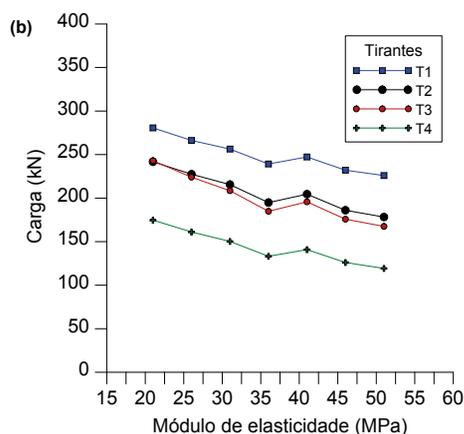
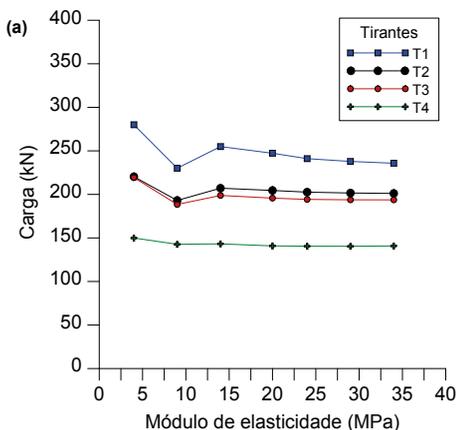


Figura 5. Carga atuante nos tirantes de acordo com o módulo de elasticidade do solo: (a) argila e (b) silte

A deformação da parede decorrente da análise paramétrica é apresentada na Figura 6. Para fins de comparação, a deformação do modelo inicial foi de 36,92 mm, valor o qual é ilustrado na Figura 6 pela reta horizontal vermelha.

De maneira semelhante ao que foi verificado para a variação da carga atuante, a maior variação na deformação foi constatada quando se alteram os parâmetros da camada siltosa. Comparando para este solo as três variáveis consideradas, a mais expressiva mudança na deformação ocorre quando alterado o valor da coesão. Além disso, não foi verificado valor de coesão para o qual houve uma constância na deformação máxima verificada no sistema, o mesmo ocorreu para quando se analisou a variação do ângulo de atrito. Por outro lado, para o módulo de elasticidade, constatou-se que o aumento desse valor resulta, de uma maneira geral, numa diminuição da carga nos tirantes.

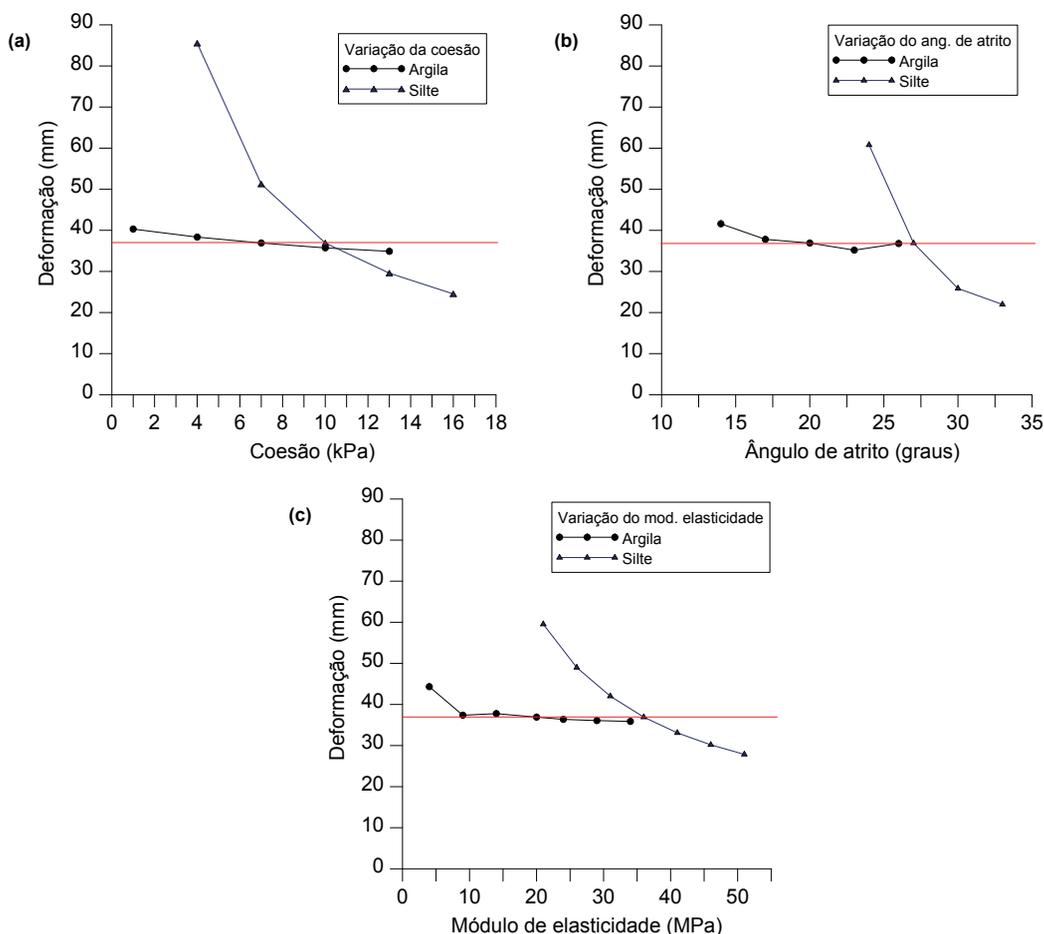


Figura 6. Deformação máxima verificada na estrutura de acordo com variação dos parâmetros: (a) coesão, (b) ângulo de atrito e (c) módulo de elasticidade; a linha vermelha indica a deformação do modelo inicial.

Vale salientar que para a análise paramétrica do ângulo de atrito, com o valor mínimo considerado de 21° para a camada siltosa, não foi possível obter a deformação final do sistema, pois se constatou colapso do maciço do solo na simulação numérica.

5 | CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o dimensionamento de uma estrutura atirantada com uso de método de dimensionamento aproximado, bem como com o emprego de ferramenta de análise numérica. Realizou-se uma comparação dos valores de capacidade de carga última obtidos pelos métodos tradicionais e de carga atuante nos tirantes provinda pela análise numérica por elementos finitos e constatou-se uma grande variação nos fatores de segurança obtidos confirmando a necessidade de estudos mais profundos na determinação da capacidade de carga e também na determinação das cargas atuantes por procedimentos numéricos.

Foi ainda efetuada uma análise paramétrica com utilização da ferramenta numérica, variando os parâmetros de coesão, ângulo de atrito e módulo de elasticidade dos solos presentes no maciço da estrutura. Foi possível, então, avaliar a sensibilidade de variação destes parâmetros com respeito à deformação máxima da estrutura, bem como da carga atuante nas linhas de tirantes. Com isto, constatou-se que o parâmetro ao qual a deformação máxima é mais sensível para mudança na deformação máxima da estrutura é a coesão, enquanto para a carga máxima atuante nos tirantes, o ângulo de atrito teve um maior impacto.

Por fim, conforme era esperado, verificou-se que a variação dos parâmetros na camada em que os tirantes se encontram ancorados tem um impacto mais significativo do que quando se variam os parâmetros da camada em que não há a ancoragem.

Os resultados da análise paramétrica ressaltam a importância do refinamento dos parâmetros geotécnicos utilizados no dimensionamento, em especial para o solo no qual haverá a ancoragem dos tirantes, uma vez que tais valores impactam diretamente na solução de engenharia a ser adotada, impactando em custos e desempenho da obra.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil da Universidade Federal do Paraná (PPGECC-UFPR) e a Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior (Capes) por possibilitar tal estudo.

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5629**: Execução de Tirantes Ancorados no Terreno. Rio de Janeiro, 2006.

BUSTAMANTE, M. & DOIX, B. **Une Méhode Pour le Calcul des Tirants et Micropieux Injectées**. Bulletin des Liaison des Laboratoires des Ponts et Chaussées, nº 140. 1985.

CHAPRA, S. C.; CANALE, R. P. **Métodos numéricos para engenharia**, 5ª ed., McGraw-Hill, São Paulo, SP, BR, 825 p. 2008.

CONCEIÇÃO, C. M. A. **Análise dos métodos para dimensionamento do bulbo de ancoragem de tirantes metálicos em solos**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Fluminense, Niterói/RJ, Brasil, 145 p. 2015.

COSTA NUNES, A. J. **“Ground Prestressing – First Casagrande Lecture”**. VIII CPAMSEF, Cartagena, Colombia. 1987.

D'HYPPOLITO, L. C. B. **Relações empíricas para estimativa da resistência ao arrancamento de ancoragens**. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, COPPE. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2017.

JOPPERT, I. **Fundações e Contensões de Edifícios: qualidade total na gestão do projeto e execução**. 1.ed. São Paulo, Pini. 2007.

MILITITSKY, J. **Grandes escavações em perímetro urbano**. São Paulo: Oficina de textos. 2016. 144 p.

MORE, J. Z. P. **Análise numérica do comportamento de cortinas atirantadas em solos**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Engenharia Civil, Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2003.

OSTERMAYER, M. **Construction Carrying Behavior and Creep Characteristics of Ground Anchor**. Conference on Diaphragm Wall and Anchorages, Institution of Civil Engineers of London, p 141-151, 1974.

PORTO, T. B. **Ancoragens em solos–comportamento geotécnico e metodologia via web para previsão e controle**. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geotecnia, Núcleo de geotecnia da Universidade Federal de Ouro Preto. 2015.

REFFATTI, M. E. **Análise numérica de uma escavação de grande porte em Porto Alegre/ RS; Caso de obra**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre/RS, Brasil, 124 p, 2002.

SANTOS, F. A. **Avaliação do desempenho de uma cortina de estacas espaçadas, atirantada em areia**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal/RN, Brasil, 163 p, 2013.

SOUSA, A.M.D; COSTA, Y.D.J; SANTOS, F.A.; FLORÊNCIO, L.A.S. **Distribuição de Cargas Durante Ensaio de Recebimento em Tirantes de Cortina de Estacas Espaçadas em Areia**. In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica, COBRAMSEG, ABMS, Belo Horizonte, v. 18, 2016.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Altas Temperaturas 78, 79, 87, 88, 90, 91, 102, 173, 174, 175, 180

Análise Estrutural 115, 119, 122, 124, 255

Argamassa 83, 92, 150, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 244, 249, 295, 300

Arquitetura Hospitalar 103, 107, 112

Avaliação de Desempenho 103, 104, 106, 107, 112, 113

B

Bim 3, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202, 203, 204, 205

BIM 5D 58, 59, 61, 65

C

Cimento 67, 71, 73, 79, 80, 84, 90, 91, 92, 94, 95, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 150, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 162, 163, 164, 165, 207, 245, 254, 258, 304

Concreto 1, 2, 5, 12, 46, 57, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 101, 112, 114, 152, 153, 158, 159, 175, 192, 207, 220, 245, 246, 251, 254, 259, 266, 267, 271, 272, 299, 300, 302, 303, 304, 305, 307, 308, 309, 312, 313, 314

Concreto Armado 1, 2, 5, 46, 67, 68, 69, 70, 71, 75, 76, 78, 80, 82, 83, 88, 245, 246, 254, 266, 267, 271, 272, 302, 303, 304, 307, 308, 312, 313

Contenções 160, 172, 253, 255, 265

Corrosão das armaduras 67, 68, 69, 72, 75, 80, 82

D

Decreto 58, 60, 61, 65, 66, 290, 299

Deep Beams 183, 193, 194

Degradação 48, 76, 80, 87, 90, 91, 92, 102, 105, 177, 289, 294, 295, 297, 300, 337

Disseminação 58, 60, 61, 66

Durabilidade 52, 56, 69, 75, 76, 78, 80, 88, 108, 113, 126, 173, 174, 175, 181, 207, 297, 298

E

Elementos de barra biarticulados 29, 44, 317

Ementa 58, 60, 62

Empreendimentos Rurais 46, 47, 49, 55, 56

Engenharia Civil 3, 1, 12, 28, 48, 58, 60, 62, 63, 88, 90, 113, 115, 116, 117, 125, 134, 135, 150, 172, 195, 220, 265, 266, 291, 292, 303, 304, 316, 338

Engenharia Diagnóstica 78, 80

F

Fundações Superficiais 1, 2, 3, 4, 12, 265

G

Gnaisse 173, 174, 175, 176, 179, 180

Grelhas Hiperestáticas 13, 14, 26

H

Hastes de Paredes Delgadas 14, 27

Hospital Architecture 103

I

Incêndio 51, 78, 79, 80, 83, 84, 85, 87, 90, 92, 97, 101, 108, 110, 111, 112, 175

Inspeção Predial 46, 47, 48, 49, 52, 55, 56, 57, 103, 109

Interação Solo-Estrutura 3, 1, 2, 3, 5, 11, 12, 254, 255, 265

Íons Sulfatos 67, 69, 72, 73, 75

L

Látex da seringueira 150, 151, 157

M

Máquinas de ar condicionado 195, 196, 198, 199, 201, 202, 203

Mecânica Vetorial 115, 116, 117, 118, 119

Metodologia Empírico-Mecanística 125, 134

Microzonificación, Peligro, Vulnerabilidad, Riesgo 136

Modelagem 6D 195

Módulo de Resiliência 125, 126, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135

P

Patologias 47, 48, 56, 57, 76, 115, 291, 296, 298, 300

Pavimentação 125, 129, 134, 135, 239

Performance Evaluation 103

R

Recalque 1, 3, 4, 263

S

SAP2000 1, 2, 3, 5

SFRC 183, 193

Shear Strength 183, 193

Solo-Cimento 125, 126, 128, 131, 133, 134, 135

T

Tensão de bimomento 13, 24, 26

Tensão de flexão 13, 26, 27

Tratamento Térmico 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181

Treliça 28, 29, 40, 116, 119, 120, 316, 317, 322, 323, 324, 325, 326, 327, 328, 330, 331

COLEÇÃO DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3

- 
-  www.atenaeditora.com.br
 -  contato@atenaeditora.com.br
 -  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 -  www.facebook.com/atenaeditora.com.br

COLEÇÃO

DESAFIOS DAS ENGENHARIAS:

ENGENHARIA CIVIL 3

-  www.atenaeditora.com.br
-  contato@atenaeditora.com.br
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  www.facebook.com/atenaeditora.com.br