

INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA  
ESCOLAR SUPERIOR DE TECNOLOGIA E GESTÃO  
MESTRADO EM ENGENHARIA DA CONSTRUÇÃO

JULIO MASSUCATO LOSSIO

**ANÁLISES COMPUTACIONAIS DE MICROESTACAS PARA A VERIFICAÇÃO  
DA SENSIBILIDADE DE TEORIAS SEMI-EMPÍRICAS**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

BRAGANÇA  
2019/2020

JULIO MASSUCATO LOSSIO

**ANÁLISES COMPUTACIONAIS DE MICROESTACAS PARA A VERIFICAÇÃO  
DA SENSIBILIDADE DE TEORIAS SEMI-EMPÍRICAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Engenharia da Construção da Escola Superior de Tecnologia e Gestão – ESTIG, do Instituto Politécnico de Bragança. No âmbito do programa de Dupla Diplomação com a Centro Universitário Christus.

Orientadores: Professor Doutor António Miguel Verdelho Paula, Professor Doutor Manuel Teixeira Braz César e Professor Mestre Bergson da Silva Matias.

BRAGANÇA

2019/2020

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>1</b>
1.1	OBJETIVO GERAL .....	1
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	2
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>3</b>
2.1	SOLOS E SUA COMPOSIÇÃO: .....	3
2.2	MECANICA DOS SOLOS: .....	3
2.3	FUNDAÇÕES .....	4
2.3.1	Tipos de Fundações .....	5
2.3.1.1	Fundações superficiais .....	5
2.3.1.2	Fundações profundas .....	6
2.3.1.3	Fundações mistas: .....	9
2.4	MICROESTACAS .....	9
2.4.1	Aparecimento das microestacas .....	9
2.4.2	Conceito geral .....	10
2.4.3	Tipos de injeção: .....	11
2.4.3.1	Injeção por gravidade .....	11
2.4.3.2	Injeção por alta pressão .....	12
a)	<i>Classificação segunda a AETESS</i> .....	12
•	<i>Injeção Repetitiva e Seletiva</i> .....	12
•	<i>Injeção Global Unitária</i> .....	13
b)	<i>Classificação de acordo com a fundação prevista:</i> .....	14
c)	<i>Classificação de acordo com a fundação prevista:</i> .....	15
2.4.4	Microestacas cravadas .....	17
2.4.4.1	Processos construtivos: .....	17
2.4.5	Aplicações das microestacas .....	18
2.4.5.1	Reforços das fundações: .....	18
2.4.5.2	Recalce de Fundações .....	18
2.4.5.3	Consolidação de maciços .....	18
2.4.6	Vantagens e Desvantagens .....	19
2.4.6.1	Vantagens: .....	19
2.4.6.2	Desvantagens: .....	19
2.5	MÉTODO CONSTRUTIVO .....	20
2.6	ANÁLISE ANALÍTICA .....	22
2.6.1	Verificação de acordo com o Factor de Segurança: .....	23

a)	<i>Estabilidade interna da secção:</i> .....	23
b)	<i>Capacidade de suporte da secção acoplada</i> .....	23
c)	<i>Verificação da raiz</i> .....	24
<b>2.6.2</b>	<b>Verificação de acordo com os Estados Limite</b> .....	<b>24</b>
a)	<i>Verificação da secção transversal (tubo)</i> .....	24
b)	<i>Verificação da raiz</i> .....	25
<b>2.6.3</b>	<b>Verificação do Tubo da Microestaca</b> .....	<b>25</b>
2.6.3.1	<b>Capacidade de Suporte da Secção Acoplada</b> .....	<b>26</b>
2.6.3.2	<b>Vida Útil da Microestaca:</b> .....	<b>26</b>
2.6.3.3	<b>Estabilidade Interna da Secção Acoplada:</b> .....	<b>27</b>
a)	<i>Método geométrico (Euler)</i> .....	27
b)	<i>Teoria de Salas:</i> .....	31
c)	<i>Teoria de Véas-Souche:</i> .....	34
2.6.3.4	<b>Capacidade de Suporte da Secção da Raiz da Microestaca:</b> .....	<b>39</b>
1.	<i>Teoria de Lizzi</i> .....	39
2.	<i>Teoria de Littlejohn e Bruce</i> .....	41
3.	<i>Teoria de Zweck</i> .....	47
4.	<i>Teoria de Bowles</i> .....	48
5.	<i>Teoria de Véas-Souche</i> .....	49
6.	<i>Raiz em rocha</i> .....	52
7.	<i>Bustamentes:</i> .....	54
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b> .....	<b>59</b>
3.1	<b>PARÂMETROS:</b> .....	<b>59</b>
3.2	<b>CARGAS:</b> .....	<b>66</b>
3.3	<b>ATRITO SUPERFICIAL MÉDIO LIMITE (<math>Q_{SAV}</math>)</b> .....	<b>66</b>
3.4	<b>PRESSÃO DE INJETÁVEL MÉDIA (<math>Q_i</math>)</b> .....	<b>67</b>
3.5	<b>PRESSÃO MÉDIA DE INJEÇÃO (<math>Q_i</math>)</b> .....	<b>67</b>
3.6	<b>SPT E PMT:</b> .....	<b>68</b>
3.7	<b>COEFICIENTE DE PONDERAÇÃO:</b> .....	<b>69</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES:</b> .....	<b>69</b>
4.1	<b>VERIFICAÇÃO DA SECÇÃO</b> .....	<b>70</b>
4.1.1	<i>Caso de estudo 1 – Diâmetro da microestaca</i> .....	70
4.1.2	<i>Caso de estudo 2 – Comprimento da microestaca</i> .....	72
4.1.3	<i>Caso de estudo 3 – Cargas</i> .....	74
4.1.4	<i>Caso de estudo 4 – Coesão e Ângulo de atrito</i> .....	76
4.2	<b>VERIFICAÇÃO DA RAIZ</b> .....	<b>77</b>
4.2.1	<i>Caso de estudo 5 – Diâmetro da microestaca</i> .....	77

4.2.2	Caso de estudo 6 – Comprimento da microestaca .....	94
4.2.3	<i>Caso de estudo 7 – Carga na microestaca</i> .....	113
4.2.4	<i>Caso de estudo 8 – Ângulo de Atrito e Coesão</i> .....	113
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	<b>126</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>129</b>
	<b>ANEXO A - ESCALA DE INTEMPERISMO DA RAOCHA (ISRM)</b> .....	<b>135</b>
	<b>ANEXO A - SIMULAÇÕES</b> .....	<b>136</b>

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço, primeiramente, aos meus amados pais, que sempre estiveram me apoiando durante todas as etapas da minha vida, zelando por mim em toda a minha caminhada, sem eles, não seria possível concluir esta etapa da minha vida profissional e acadêmica.

Ao professor orientador deste estudo, Dr. António Miguel Verdelho Paula, por todo o suporte durante desenvolvimento desse trabalho, sempre estando presente e disposto a ajudar.

Aos professores coorientadores Dr. Manuel Teixeira Braz César e Ms. Bergson da Silva Matias, que sempre se fizeram presentes, para contribuírem com o aprimoramento e o desenvolvimento dessa tese.

Agradeço também aos meus amigos, pois sempre que eu precisei, eles estavam ao meu lado, e quando fui para estudar longe da minha família, eles cuidaram de mim.

Por fim, gostaria de agradecer ao Centro Universitário Christus e ao Instituto Politécnico de Bragança, que, por meio de seu programa de dupla diplomação me deu a oportunidade de progredir na carreira acadêmica.

## LISTA DE TABELAS

*Tabela 01 - Coeficiente da influência da corrosão do tubo metálico re [mm] (editada da norma BS EN 14199:2015)*

*Tabela 02 - Constante A que reflete o tipo de apoio na cabeça da microestaca (retirado de Salas et al, 1980)*

*Tabela 03 - Valores para o módulo de reacção do subsolo  $E_p = kh$  [MN/m<sup>3</sup>] (retirado do GEO5)*

*Tabela 04 – Valores referente ao  $E_m$  e  $P_{lim}$  (adaptado de MENARD, 1975)*

*Tabela 05 – Valores para o factor reológico  $q_p$  para várias condições do solo (adaptado de MENARD, 1975)*

*Tabela 06 - Valores de K em função das características do solo (Lizzi) (retirado de Lizzi 1982).*

*Tabela 07 - Valores de I em função do diâmetro nominal da estaca (Lizzi) (retirado de Lizzi 1982).*

*Tabela 08 - Características das barras de aço (retirada de SPRINGER (2006)*

*Tabela 09 - Recomendações para tirantes (retirada de SPRINGER (2006).*

*Tabela 10 - Aderência argamassa-maciço (retirada de SPRINGER, 2006)*

*Tabela 11 – Coeficientes  $F_c$  e  $F_\phi$  (adaptado do Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005)*

*Tabela 12 - Resistência unitária de cálculo na ponta e no fuste, na incorporação com a rocha (adaptado do “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes”, 2005).*

*Tabela 13 - Valores do factor capacidade de carga, para o ensaio de penetração estática (retirado de Santos. 2002).*

*Tabela 14 - Valores do coeficiente  $\alpha_B$ , para as várias técnicas de execução das estacas (retirado de Santos 2002).*

*Tabela 15 - Factor de capacidade resistente  $k$  (retirado de Santos, 2002)*

*Tabela 16 - Seleção de curvas para obtenção de  $q_s$  (retirado de Santos, 2002)*

*Tabela 17 - Resistência lateral unitária  $q_s$  (retirado de Santos, 2002)*

*Tabela 18 – Resistência e deformação característica do betão (retirado da EN 1992-1-1, 2004)*

*Tabela 19 – SPT do caso exemplo.*

*Tabela 20 – Dados geotécnico para dimensionamento das fundações do caso exemplo.*

*Tabela 21 – Características dos solos recomendados pelo GEO5*

*Figura 22 – Valores de atrito superficial médio (Angelin, 2011)*

*Tabela 23 – Coeficientes de ponderação*

*Tabelas 24 – Área da microestaca (diâmetros de 127 mm, 200 mm e 300 mm)*

*Tabela 25 – Valores da tensão no aço por diferentes metodologias (variável diâmetro)*

*Tabela 26 – Valores da tensão no aço por diferentes metodologias (variável comprimento)*

*Tabela 27 – Valores da tensão no aço por diferentes metodologias (variável carga).*

*Tabela 28 – Tensão no aço com a variável do Ângulo de atrito*

*Tabela 29 – Tensão no aço com a variável do Ângulo de atrito*

*Tabela 30 – Variação da capacidade de carga – visão geral.*

*Tabela 31 – Porcentagens da variação da capacidade de carga – visão geral.*

*Tabela 32 - Variação média das teorias*

*Tabela 33 - Variação de acordo com as cargas*

*Tabela 34 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) – Lizzi*

*Tabela 35 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Littlejohn e Bruce*

*Tabela 36 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Bowles*

*Tabela 37 – Porcentagem da variação (Ângulo de atrito e coesão) – Bowles*

*Tabela 38 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) – Zweck*

*Tabela 39 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Véas-Souche*

*Tabela 40 – Porcentagem da variação (Ângulo de atrito e coesão) – Véas-Souche.*

*Tabela 41 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - raiz em rocha*

*Tabela 42 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Bustamante(SPT)\_IRS*

*Tabela 43 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Bustamante (SPT)\_IGU*

*Tabela 44 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Bustamante (PMT)\_IRS*

*Tabela 45 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Bustamante (PMT)\_IGU*

*Tabela 46 – Escala de intemperismo de rochas (sociedade internacional de mecânica de rochas -ISRM) - (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005).*

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Exemplo de microestacas (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005).

Figura 02 – Microestaca tipo IRS (adaptado do Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005).

Figura 03 – Microestaca tipo IGU (apatado do Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005)

Figura 04 – Microestaca tipo IR (adaptado do Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005)

Figura 05 – Classificação pelo método de injeção (retirado de Alatunes, 2012).

Figura 06 – Exemplo de construção de microestacas (retirado de FHWA, 2005)

Figura 07 – Exemplo de microestacas (retirado de Brito, 1999)

Figura 08 – Curva representativa das tensões de flabagem segundo a fórmula de Euler (retirado de Guimarães e Ávila, 2018).

Figura 09 – Mecanismo de transferência de carga de uma estaca convencional (retirado de COSTA, 2001).

Figura 10 – Variação do coeficiente de reacção lateral  $n_h$  em solos argilosos (retirado de Salas, 1980)

Figura 11 – Variação do coeficiente de reacção lateral  $n_h$  em solos arenosos (retirado de Salas, 1980)

Figura 12 - Mecanismos de ruptura de ancoragens (adaptado de Benmokrane, 1986).

Figura 13 – Ancorragem (adaptado de Bowles. 1996)

Figura 14 – Cálculo do que (Retirado de Monteiro, Araújo e Aguiar (2017))

Figura 15 – Metodologia disponibilizada pelo programa

Figura 16 – Geometria da microestaca na qual a os valores de referência foram retirados

Figura 17 – Geometria da microestaca no programa GEO5

Figura 18 – Representação das cargas

Figura 19 - Representação do SPT no programa

Figura 20 – Valores de pressão limite e módulo de Ménard

Figura 21 – Representação do microestaca(vista de cima)

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01 – Valores da Tensão no aço (MPa) no diâmetro de 127 mm, 200 mm e 300 mm.

Gráfico 02 – Valores da Tensão no aço (MPa) nos comprimentos de 13 m, 15 m e 17 m.

Gráfico 03 – Valores da Tensão no aço (MPa) nos comprimentos de 82,061 kN, 233,19 kN e 257,21 kN

Gráfico 04 – Gráfico da extrapolação para obter o valor da resistência de dimensionamento do aço (156,67 MPa)

Gráfico 05 – Capacidade de carga utilizando o método de Lizzi.

Gráfico 06 – Resistência lateral utilizando o método de Lizzi.

Gráfico 07 – Capacidade de carga utilizando o método de Littlejohn e Bruce.

Gráfico 08 – Resistência lateral utilizando o método de Littlejohn e Bruce.

Gráfico 09 – Capacidade de carga utilizando o método de Bowles.

Gráfico 10 – Resistência lateral utilizando a teoria de Bowles

Gráfico 11 – Capacidade de carga utilizando o método de Zweck.

Gráfico 12 – Resistência lateral utilizando o método de Zweck.

Gráfico 13 – Capacidade de carga utilizando o método de Véas-Souche.

Gráfico 14 – Resistência lateral utilizando o método de Véas-Souche.

Gráfico 15 – Capacidade de carga utilizando o método da Raiz em Rocha.

Gráfico 16 – Resistência lateral utilizando o método da Raiz em Rocha.

Gráfico 17 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (SPT) - IRS

Gráfico 18 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (SPT) - IGU

Gráfico 19 – Resistência Lateral utilizando a teoria de Bustamante (SPT) – IRS

Gráfico 20 – Resistência Lateral utilizando a teoria de Bustamante (SPT) – IGU

Gráfico 21 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (PMT) - IRS

Gráfico 22 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (PMT) - IGU

Gráfico 23 – Resistência Lateral utilizando a teoria de Bustamante (PMT) – IRS

Gráfico 24 – Resistência Lateral utilizando a teoria de Bustamante (PMT) – IGU

Gráfico 25 – Valores da capacidade de carga – diâmetro 127 mm.

Gráfico 26 – Valores da capacidade de carga – diâmetro 200 mm.

Gráfico 27 – Valores da capacidade de carga – diâmetro 300 mm.

Gráfico 28 – Capacidade de carga utilizando o método de Lizzi (comprimento).

Gráfico 29 – Resistência lateral utilizando o método de Lizzi (comprimento).

Gráfico 30 – Capacidade de carga utilizando o método de Littlejohn e Bruce.

Gráfico 31 – Resistência lateral utilizando o método de Littlejohn e Bruce.

Gráfico 32 – Capacidade de carga utilizando o método de Bowles.

Gráfico 33 – Resistência lateral utilizando a teoria de Bowles

Gráfico 34 – Capacidade de carga utilizando o método de Zweck.

Gráfico 35 – Resistência lateral utilizando o método de Zweck.

Gráfico 36 – Capacidade de carga utilizando o método de Véas-Souche.

Gráfico 37 – Resistência lateral utilizando o método de Véas-Souche.

Gráfico 38 – Capacidade de carga utilizando o método da Raiz em Rocha.

Gráfico 39 – Resistência lateral utilizando o método da Raiz em Rocha.

Gráfico 40 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (SPT) - IRS

Gráfico 41 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (SPT) - IGU

Gráfico 42 – Resistência Lateral utilizando a teoria de Bustamante (SPT) – IRS

Gráfico 43 – Resistência Lateral utilizando a teoria de Bustamante (SPT) – IGU

Gráfico 44 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante  
(PMT) - IRS

Gráfico 45 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante  
(PMT) - IGU

Gráfico 46 – Resistência Lateral utilizando a teoria de Bustamante  
(PMT) – IRS

Gráfico 47 – Resistência Lateral utilizando a teoria de Bustamante  
(PMT) – IGU

Gráfico 48 – Valores da capacidade de carga – comprimento 13 m.

Gráfico 49 – Valores da capacidade de carga – comprimento 15 m

Gráfico 50 – Valores da capacidade de carga – comprimento 17 m

Gráfico 51 – Valores da capacidade de carga, coesão constante (7)

Gráfico 52 – Valores da capacidade de carga, coesão constante (4)

## SIMBOLOGIA

$N_{cr}$  - Força Normal Crítica normalizada

$N_{max}$  - Força normal máxima

$SF_f$  - Factor de segurança para a força crítica.

$R_s$  - Resistência do aço normalizada

$\sigma_s$  - Tensão no aço

$SF_s$  - Factor de segurança para a resistência da secção

$Q$  - Resistência do aço normalizada

$SF_s$  - Factor de segurança para a resistência da raiz

$N_{crd}$  - Força normal crítica de dimensionamento

$\gamma_{mf}$  - Coeficiente de redução da força crítica

$Q_{rd}$  - Capacidade de suporte da raiz normalizada

$\gamma_r$  - Coeficiente de redução da resistência da raiz

$D$  - Diâmetro externo do tubo de reforço

$t$  - Espessura do tubo de reforço

$F_{ut}$  - Coeficiente que considera a conexão entre a microestaca e o solo envolvente

$r_e$  - Coeficiente da influência da corrosão do tubo metálico

$w_{(x)} = C_1 \cos(Ax) + C_2 \sin(Ax) + C_3 \cos(Bx) + C_4 \sin(Bx)$  - equação da flexão

$$A = \sqrt{\frac{\alpha^2}{2} + \sqrt{\frac{\alpha^4}{2} - 4 \cdot \beta^4}} \quad \text{- factor A}$$

$$B = \sqrt{\frac{\alpha^2}{2} + \sqrt{\frac{\alpha^4}{2} - 4 \cdot \beta^4}} \quad \text{- factor B}$$

$E_i$  – Módulo de elasticidade da secção transversal ideal

$I_i$  – Momento de inércia da secção transversal ideal

$l_p$  – Comprimento da microestaca

$E_p$  – Módulo de reacção do subsolo

$n$  – Número de meias ondas

$l_{cr}$  – Comprimento de curvatura da secção transversal à compressão

$E_a I_a$  – Rigidez de flexão do tubo de reforço da microestaca

$l$  – Comprimento livre da microestaca

$L_f$  – Comprimento da extremidade fixa fictícia

$A$  – Constante que reflete o tipo de apoio na cabeça da microestaca

$K$  – Modulo de reacção lateral

$n_h$  – Coeficiente de reacção lateral

$\omega$  – Razão entre o comprimento livre da microestaca (a partir do início da base) e o seu comprimento no solo

$E_{rd}$  – Valor de dimensionamento do módulo de reacção horizontal

$E_r$  – Reacção do solo na direcção horizontal

$F_w$  – Coeficiente de redução do valor de  $E_r$

$x$  – Deslocamento da microestaca na direcção do eixo  $x$

$k_h$  – Rigidez da mola de Winkler (módulo de reacção do subsolo  $E_p$ )

$p_h$  – Reacção do solo causada pelo deslocamento da microestaca na direcção do eixo x (solo à compressão)

$E_p$  - Módulo de Reacção do Subsolo

$E_r$  – Reacção do solo na direcção horizontal

$D$  – Diâmetro da microestaca

$k_h$  – Rigidez da mola de Winkler

$E_m$  – Módulo pressiométrico

$\alpha_p$  – Factor reológico do solo

$K$  – Coeficiente da aderência solo-estaca

$l$  – Coeficiente adimensional de forma, depende do diâmetro nominal da estaca.

$S_{min}$  - Secção mínima do tirante;

$P$  : Carga de tracção a ser suportada pelo tirante;

$\sigma_r$  : Tensão de ruptura da barra do tirante.

$K_0$  – Valor da pressão em repouso

$\sigma_z$  – Tensão geostática média na raiz da microestaca

$\varphi$  – Valor do Ângulo de atrito médio na raiz da microestaca

$K$  – Coeficiente do solo, varia entre  $K_a$  e  $K_0$

$\gamma$  – Peso específico da argamassa

$d$  – Profundidade média do comprimento do argamassa

$\delta$  – Valor do Ângulo de atrito médio na raiz da microestaca

$c_a$  – Adesão para a zona de cimento, variando entre 0,7 a 1,0c

$R_{bk}$  – Capacidade de suporte da raiz da microestaca

$R_{sk}$  – Capacidade de suporte da superfície da microestaca

$n$  – Número de camadas atravessadas pela microestaca

$A_{sn}$  – Área da base da microestaca na camada “n”

$q_{sn}$  – Atrito superficial na camada “n”

$z$  – Profundidade

$c$  – Coesão efetiva do solo à profundidade  $z$

$\delta$  – Ângulo de atrito ao longo da interface da raiz microestaca e o solo à profundidade  $z$

$\sigma_h(z)$  - Componente horizontal da tensão geostática à profundidade  $z$

$K_o$  - Coeficiente do empuxo de terra em repouso

$\varphi$  - Ângulo de atrito interno efetivo do solo à profundidade  $z$

$\sigma_v(z)$  - Componente vertical da tensão geostática à profundidade  $z$

$R_{OC}$  – Razão de sobreconsolidação

$p_i$  - Pressão na argamassa para percurso do tipo IR e IRS

$F_c, F_\varphi$  - Coeficientes para o tipo de aplicação da microestaca

$R_{e,d}$  – Resistência de cálculo na incorporação com a rocha

$A_{Le}$  – Área lateral da microestaca na incorporação com a rocha

$f_{e,d}$  – Resistência de cálculo unitária no fuste na incorporação com a rocha

$A_{Pe}$  – Área da secção da ponta na incorporação com a rocha

$q_{pe,d}$  – Resistência unitária de cálculo na ponta na incorporação com a rocha

$q_e$  – Resistência de ponta unitária equivalente, ao nível da base da estaca

$k_c$  – Factor de capacidade

$A_b$  – Área da base da estaca

$q_s$  – Resistência lateral unitária na camada  $i$

$A_s^i$  – Área lateral da estaca em contacto com a camada  $i$

$A_b$  – Área da ponta da estaca

$p_{LM}$  – Valor representativo da pressão limite ao nível da base

$\sigma_v$  – Tensão vertical efetiva

$u$  - Pressão intersticial ao nível do ensaio

$k$  - Factor de capacidade resistente

$P$  – Perímetro da estaca

$q_s^i$  - Resistência lateral unitária da camada  $i$

$z_i$  - Espessura da camada  $i$

## ABREVIACOES

- SPT - Standard Penetration Test
- CPT - Cone Penetration Test
- PMT - Pressuremeter Test
- ELU - Estado Limite ltimo
- ELS - Estado Limite de Serviço
- NBR - Norma Brasileira
- ABNT - Associao Brasileira de Normas Técnicas
- NR - Norma Regulamentadora
- AETESS - Asociación de Empresas de la Tecnología del Suelo y del Subsuelo
- EN - Eurocódigo
- BS - British Standard -
- CEN - European committee for standardization
- IRS – Injeco Repetitiva e Seletiva
- IR – Injeco em Varias Etapas
- IGU - Injeco Global Unitária
- LCPC - Laboratoire Central des Ponts et Chausees

## RESUMO

As microestacas são elementos de fundações profundas. Sua primeira aparição data da década de 50. Foi concebida pelo engenheiro Fernando Lizzi, com o nome de “Plai Radice” ou estaca raiz.

Apesar de originalmente sua concepção tenha sido para recalçamentos de edifícios antigos, foi percebido o grande potencial que elas tinham, pois, mesmo tendo diâmetros de até 300 mm, altos valores de resistência podem ser atingidos.

Para o cálculo da resistência da microestaca, diversas formulações podem ser adotadas, essas dependem de um extenso número de variáveis para seu cálculo e cada teoria utiliza factores específicos.

Essa dissertação pretende entender e discutir a sensibilidade das teorias utilizadas pelo software GEO5 para verificação da secção da microestaca (Euler, Salas, Véas-Souche) e verificação da raiz da micriostaca, (Lizzi, Littlejonh e Bruce, Zweck, Véas-Souche, raiz em rocha e Bustamante (PMT e SPT)).

Dessa maneira, foram realizadas 667 simulações utilizando o software GEO5. Observando quais critérios o programa permite o usuário fazer modificações, foram escolhidos cinco factores: diâmetro e comprimento da microestaca, carga aplicada, Ângulo de atrito e coesão do solo.

Olhando de uma forma geral, conclui-se que os factores do solo, Ângulo de atrito e coesão, possivelmente, não afetam muito a capacidade resistente da microestaca, pois na verificação da secção, foi visto que eles não influenciam, na verificação da raiz, apenas duas teorias tiveram variação no resultado, as de Bowles e Zewck, que variaram em média de 1% e 3%, respetivamente.

Os outros factores tiveram uma variação considerável, tanto na verificação da secção como da raiz, com exceção do comprimento que não afetou os resultados na verificação da secção.

Palavras chaves: Análise computacional de microestacas; Métodos semi-empíricos; Verificação da secção; Verificação da raiz.

## ABSTRACT

Micropiles are elements of deep foundations. Their first appearance dates back to the 1950's. They were conceived by the engineer Fernando Lizzi under the name "Plai Radice" or root pile.

Although originally their conception was for old building stabilization, it was noticed the great potential they had, because even having diameters of up to 300 mm, high resistance values can be reached.

For the calculation of the micropiles resistance, several formulations can be adopted, these depend on an extensive number of variables for their calculation and each theory uses specific factors.

This thesis aims to understand and discuss the sensitivity of the theories used by the GEO5 software to verify the micropiles section (Euler, Salas, Véas-Souche) and verification of the micropiles root, (Lizzi, Littlejohn and Bruce, Zweck, Véas-Souche, rock root and Bustamante (PMT and SPT)).

Thus, 667 simulations were performed using the GEO5 software. Observing which criteria the program allows the user to make modifications, five factors were chosen: diameter and length of the micropiles, applied load, friction angle and soil cohesion.

In general, it is concluded that the factors of the soil, angle of friction and cohesion, possibly, do not affect very much the resistant capacity of the micropiles, because in the verification of the section, it was seen that they do not influence, in the verification of the root, only two theories had variation in the result, those of Bowles and Zewck, which varied on average of 1% and 3%, respectively.

The other factors had considerable variation in both the section and root verification, with the exception of the length which did not affect the results in the section verification.

Key words: Computational analysis of micropiles; Semi-empirical methods;

Section verification; Root verification.

## 1 INTRODUÇÃO

As microestacas são estacas de pequeno diâmetro, na maioria dos casos, com valores menores que 300 mm. Elas vêm sendo largamente utilizadas nos últimos anos como: reforço de fundações, consolidação de maciços, fundações normais e recalce de fundações.

O uso crescente pode estar relacionado, com a possibilidade que esse método construtivo acaba gerando, ao conseguir atingir altos valores de resistência, mesmo com seu diâmetro reduzido. Dessa maneira, sua utilização gera diversas vantagens como: possibilidade de serem executadas em espaços limitados, gerarem perturbação mínima do terreno, possibilitarem execução em elementos inclinados, com grande resistência a ações horizontais, dentre outras.

Nessa pesquisa, utilizou-se o software GEO5 para verificação da seção e raiz da microestaca, usando-se para tal as teorias de: Euler, Salas, Véas-Souche, Lizzi, Littlejohn e Bruce, Zweck, Véas-Souche, raiz em rocha e Bustamante (PMT e SPT).

Este trabalho pretende, por meio de diversas simulações em microestacas, identificar a sensibilidade das teorias supra citadas e as variações de parâmetros específicos, além disso, fazer uma breve comparação dessas teorias.

### 1.1 Objetivo geral

Esta dissertação foi desenvolvida com o intuito de realizar comparações entre teorias semi-empíricas, por meio de análise computacional de microestacas, para se concluir sobre a sensibilidade das variações, em função do uso de diferentes variáveis como: parâmetros mecânicos dos solos, dimensões da estrutura e cargas envolvidas.

## 1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a influência dos parâmetros geotécnicos do solo no cálculo da tensão no aço, em todas as teorias;
- Avaliar a influência do parâmetro da geometria da microestaca no cálculo da tensão no aço, em todas as teorias;
- Avaliar a influência do parâmetro de carga no cálculo da tensão no aço, em todas as teorias;
- Avaliação da secção e comparação entre as teorias de Euler, Salas e Véas-Souche;
- Avaliar a influência dos parâmetros geotécnicos do solo na capacidade de carga, em todas as teorias;
- Avaliar a influência do parâmetro da geometria da microestaca na capacidade de carga, em todas as teorias;
- Avaliar a influência do parâmetro de carga na capacidade de carga, em todas as teorias;
- Avaliação da raiz e comparação entre as teorias de Lizzi, Littlejohn e Bruce, Zweck, Bowles, Véas-Souche, raiz em rocha e Bustamante SPT e PMT.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Solos e sua composição:

Os solos são matérias proveniente da decomposição das rochas, por meio de intemperismos físicos ou químicos (ABNT, NBR 6502/1993)<sup>(1)</sup>. Sua estrutura é resultante da maneira com que as partículas minerais e orgânicas, se encaixam, formando espaços vazios, chamados de poros. Esses podem ser preenchidos por ar ou água (SCHROEDER, 2017)<sup>(38)</sup>, sendo considerado saturado, quando são preenchido totalmente pela água.

Na construção civil, o solo é utilizado nos mais diferentes projectos, desde materiais de construção, até no próprio suporte das fundações da estrutura. Assim sendo, é imprescindível que o estudo de suas propriedades seja feito pelos engenheiros civis. Dessa forma, factores como origem, distribuição granulométrica, permeabilidade, compressibilidade, cisalhamento, ruptura, dentre outros, são analisados para que as melhores decisões construtivas sejam tomadas. (DAS, 2016)<sup>(17)</sup>

### 2.2 Mecânica dos solos:

Segundo Terzaghi (1943)<sup>(44)</sup>, a mecânica do solo é a aplicação das leis da mecânica e da hidráulica em problemas de engenharia, que lidam com sedimentos e outras acumulações não consolidadas de partículas sólidas, produzidas pela decomposição das rochas, por intemperismos mecânicos e químicos, independentemente, de haver uma mistura com compósitos orgânicos.

Com base nisso, o comportamento físico do solo sobre estresse pode ser previsto por meio de diversas hipóteses, ao fazermos a verificação das propriedades físicas.

## 2.3 FUNDAÇÕES

Segundo Caputo e Caputo (2015)<sup>(15)</sup>, pode-se definir fundações como a parte de uma estrutura que transmite carga ao terreno subjacente.

De acordo com (FALCONI, et al, 2019)<sup>(20)</sup>, a escolha do tipo de fundação será determinada em função de três factores, o técnico, o econômico e o de disponibilidade.

O critério técnico engloba tudo que envolve segurança à ruptura, evitando assim que a estrutura chegue em seu ELU (Estado Limite Último), mantendo assim recalques aceitáveis e também evitando danos às edificações vizinhas. Tudo isso é verificado por diversos ensaios, sendo eles *em situ* como o SPT(Standard Penetration Test), o CPT (Cone Penetration Test) e o PMT (Pressuremeter Test ), dentre outros.

Além disso podem ser aplicados diversos ensaios laboratoriais para ajudar a entender melhor o solo e se haverá necessidade de mudança do tipo de fundação.

Outro projecto observado é o estrutural, pois nesse vamos identificar as cargas a serem distribuídas no solo, para verificando se chegou ao estado limite do solo.

Os critérios econômicos e de disponibilidade acabam estando juntos, pois ambos são tratados após as soluções das fundações escolhidas

Eles irão tratar factores como disponibilidade de materiais, equipamentos, mão de obra qualificada, prazos, custos, transporte, metodologia ou sequência executiva da obra.

Isso junto ao critério técnico implica na adoção de um tipo de fundação

### 2.3.1 Tipos de Fundações

As fundações podem ser classificadas em dois grupos, as superficiais e profundas. Além disso, há uma terceira opção que pode ser considerada, a das fundações mistas, assim denominadas por utilizarem uma junção dos dois grupos.

#### 2.3.1.1 Fundações superficiais

Fundações superficiais, também podem ser chamadas de directas ou rasas (FALCONI, et al, 2018)<sup>(20)</sup>, têm essa denominação por se apoiarem no solo a uma pequena profundidade.

De acordo com a ANBR 6122/1996<sup>(2)</sup>, essa profundidade de assentamento em relação ao terreno adjacente é inferior à duas vezes, a menor dimensão da fundação.

Sobre a forma de aplicação de tensão, observa-se que as fundações provocam apenas recalque, que a construção pode suportar sem causar deformação, pois segundo Das (2016)<sup>(17)</sup>, um dos critérios para se obter um desempenho satisfatório, nesse tipo de fundação, é o controle desses deslocamentos e recalques para que eles não se tornem excessivos.

Além desse aspecto é necessário se manter atento para não acontecer uma ruptura ou escoamento do solo ou da estrutura do elemento da fundação, pois essa também pode levar ao colapso da estrutura. (DIEGO, 2018)<sup>(18)</sup>.

Os principais tipos de fundações superficiais serão discutidos abaixo.

##### i. **Blocos:**

O bloco é dimensionado com o intuito de que as tensões de tracção nele produzidas possam ser resistidas somente pelo concreto, sem necessidade de armadura.

ii. **Sapatas:**

As sapatas são elementos de apoio de concreto armado, com uma altura menor que a dos blocos e que resistem, principalmente, à flexão. Sua forma pode variar entre quadradas, onde comprimento e largura possuem o mesmo tamanho, retangulares, onde o comprimento é até cinco vezes maior que sua largura e corridas, quando seu comprimento supera esse valor.

iii. **Radier:**

Os radiers são lajes de concreto armado, que recebem todas as cargas provenientes dos pilares e paredes da obra, descarregando tudo sobre uma grande área de solo.

iv. **Vigas:**

Vigas são elementos de fundações superficiais comuns a vários pilares, os quais estão alinhados. Usualmente, são chamadas de vigas baldrames.

v. **Grelha:**

Grelha são o conjunto de vigas que se cruzam nos pilares.

### 2.3.1.2 Fundações profundas

Fundações profundas, segundo a ABNT, NBR 6122/1996<sup>(2)</sup>, são elementos que transmitem a carga ao terreno pela base (ponta), pela lateral (fuste) ou pela combinação das duas. Podem ser constituídas de diversos tipos de materiais, variando com o método a ser escolhido, com a profundidade de assentamento superior ao dobro de sua menor dimensão. A norma brasileira ainda especifica um valor de três metros, como sendo o mínimo de profundidade.

Os principais tipos de fundações profundas serão discutidos abaixo.

i. **Estacas:**

Estacas, segundo Guimarães (2014)<sup>(23)</sup>, são elementos de fundação que, com auxílio de equipamentos ou ferramentas, são cravados ou perfurados no solo.

A ABNT, NBR 6122/1996<sup>(2)</sup>, enfatiza bastante que não haja a descida de operários durante a construção, pois é um dos factores que a diferencia dos tubulões. Os materiais utilizados para a construção das estacas podem ser: madeira, concreto pré-moldado, concreto moldado *in situ* ou misto.

Segundo Falconi, *et al* (2019)<sup>(20)</sup>, as estacas podem ser divididas em dois grupos distintos: estacas de deslocamento e escavadas. A primeira é aquela que o elemento, é introduzido no terreno, sem que haja um processo que promova a retirada de solo, nela pode-se enquadrar as estacas pré-moldadas de concreto armado, metálicas, de madeira, do tipo Franki, dentre outras.

O segundo grupo, estacas escavadas, nominadas dessa forma, em função da execução ser feita *in situ*, por meio da perfuração do terreno, por um processo qualquer, com a remoção do solo, com ou sem revestimento e com ou sem um fluido estabilizante, sendo exemplos recorrentes as estacas do tipo broca, hélice, injectadas, dentre outras.

ii. **Tubulões:**

Os tubulões são elementos de fundações profundas que apresentam secção circular e base alargada. De acordo com Diego (2018)<sup>(18)</sup> a transmissão de carga ao subsolo é feita com o contacto da base ao solo de apoio.

Sua característica mais marcante se encontra na sua etapa final, pois nele há a descida de um operário, para que o alargamento da base seja concluído.

Os tubulões, segundo a ABNT, NBR 6122/1996<sup>(2)</sup>, podem ser executados com ou sem revestimento e serem de aço ou de concreto.

Sobre sua classificação, podem se dividido em dois grupos distintos: o

pneumático (sob ar comprimido) e a céu aberto. O primeiro, segundo Diego (2018)<sup>(18)</sup>, é indicado para obras com cargas elevadas. Nele é utilizada uma protecção com o ar comprimido, para que não aconteça a entrada de água no local da escavação.

O segundo tipo é indicado para obras que apresentam cargas elevadas e áreas com dificuldade de uso de técnicas de fundação. Ele não é indicado para locais com níveis de água próximos ao solo.

Por fim, os tubulões estão se tornando uma solução menos utilizada devido ao risco que eles podem causar ao operador.

Segundo Falconi, *et al* (2019)<sup>(20)</sup>, a Comissão de Estudos da revisão da ABNT, NBR 6122/1996<sup>(2)</sup> (norma referente a Projecto e execução de fundações) discutiu a retirada dos tubulões a céu aberto, pois seu uso vai contra as exigências da Norma Regulamentadora intitulada “Condições e Meio ambiente na Indústria da Construção” (NR-18). Essa norma refere-se às medidas técnicas de segurança, para a protecção do trabalhador em escavações, contudo um acordo não foi concluído e o texto permaneceu na norma.

### iii. **Caixões:**

Caixão é elemento de fundação profunda com um formato quadrangular ou rectangular, contendo paredes pré-moldadas, além disso, outra característica a ser ressaltada é que podemos ter uma base alargada.

De acordo com Diego (2018)<sup>(18)</sup> pode ser classificada em três grupos: caixões abertos, fechados e pneumáticos, sendo o primeiro construído em terrenos normais, o segundo em obras marinhas e o último em obras a margem da água ou sobre flutuadores, que são rebocados até o lugar da fundação, onde serão imersos.

### 2.3.1.3 Fundações mistas:

As fundações mistas são a junção entre de algumas características das fundações profundas e rasas.

Abaixo dois exemplos de fundações mistas.

#### i. **Sapatas sobre estacas:**

São a associação de sapatas e estacas. No caso de haver contacto entre as duas chama-se estacas T, e não havendo contato de denominam-se de estacas estapatadas.

#### ii. **Radiers estaqueados:**

São a associação entre estacas ou tubulões e radiers, transfere as cargas, tanto por tensões de contacto em sua base, quanto pela parte por atrito lateral (fuste) e parte pela base (pontas) das estacas.

## 2.4 Microestacas

### 2.4.1 Aparecimento das microestacas

As microestacas foram criadas na Itália no início década de 50 e sua primeira patente data de 1952. Seu responsável foi o engenheiro Fernando Lizzi, nessa época director chefe da companhia Fondedile SpA em Nápoles.

Inicialmente chamada de “Plai Radice” ou estaca raiz, foi criada para atender a necessidade de recalçamento de edifícios antigos e monumentos históricos.

Segundo Nunes (2013)<sup>(33)</sup>, sua concepção foi pensada para que pudessem ser construídas em zonas de baixa altura livre, assim foi criado um sistema de um bloco de solo reforçado, formado por um grupo de microestacas verticais e inclinadas, integradas em uma rede tridimensional.

### 2.4.2 Conceito geral

As microestacas são um tipo de fundação profunda. São estacas com um diâmetro pequeno, cravadas ou moldadas no solo, Figura 01.

Esse diâmetro acaba variando bastante em toda a literatura, sendo para Shong e Chung (2003)<sup>(39)</sup> de um valor entre 100 a 350 mm. Já Rodrigues (2012)<sup>(34)</sup> propõe uma pequena variação do valor mínimo para 75 mm.

Contudo, os mais comuns são os valores mais simplificados como os de Elarabi e Abbas (2014)<sup>(19)</sup> e Nunes (2013)<sup>(33)</sup>, que utilizam como valor de corte, diâmetros menores que 300 mm.

O comprimento, normalmente, varia entre valores de 15 a 30 metros como citado por Nunes (2013)<sup>(33)</sup>.

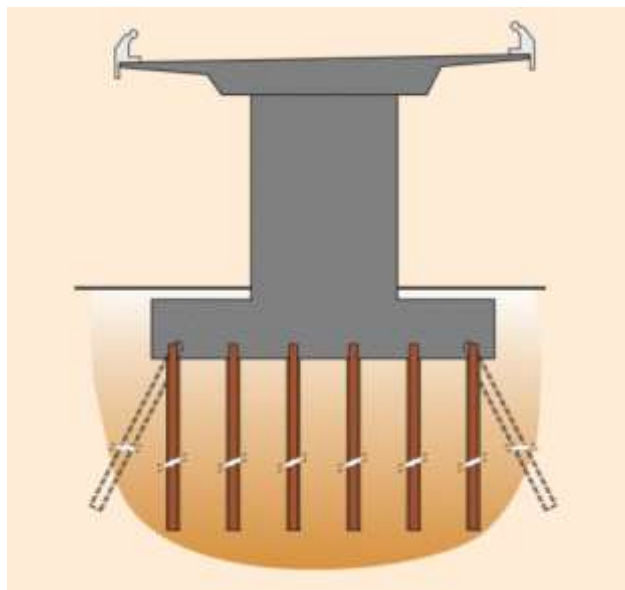


Figura 01 – Exemplo de microestacas (Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005)<sup>(30)</sup>

Sobre sua capacidade de carga, ela acaba variando de acordo com o tipo de terreno e o diâmetro da estrutura. De acordo com Rodrigues (2012)<sup>(34)</sup>, são comuns valores entre 150 kN até 2000 kN. Contudo, os

estudos de Shong e Chung (2003)<sup>(39)</sup> mostram que esses valores podem chegar a 2800 kN.

Essa capacidade se baseia, principalmente, na resistência ao atrito lateral, contudo, segundo Brito (1999)<sup>(8)</sup>, na presença de rocha a resistência de ponta passa a ser significativa.

De acordo com Rodrigues (2012)<sup>(34)</sup> e Brito (1999)<sup>(8)</sup>, as microestacas podem ser utilizadas em qualquer tipo de terreno, podendo até ser utilizados em terrenos de fracas características, pois o aumento do diâmetro da microestaca acentua sua resistência.

As microestacas, em função da forma de execução, podem ser classificada em dois grupos distintos: microestacas cravadas e microestacas moldadas.

As microestacas moldadas podem ser injectadas *in situ* por baixa ou alta pressão.

### **2.4.3 Tipos de injeção:**

Os tipos de injeção podem ser por gravidade ou por alta pressão, suas diferenças, classificação, utilização, construção, dentre outras, serão discutidas na secção abaixo:

#### **2.4.3.1 Injeção por gravidade**

A injeção é a feita por meio da gravidade. A furação é entubada provisoriamente, com uma armadura ou um varão único e junto com a injeção da argamassa é feita a retirada do tubo.

Esse tubo, segundo Falconi *et al* (1998)<sup>(20)</sup> pode ser metálico e possuir duas finalidades, armar a estaca e retirar a necessidade de válvulas para injeção (válvulas manchetes). Com o intuito da redução de custo, o aço pode ser substituído por PVC rígido, contudo as armaduras se fazem necessário devido ao PVC não ter função estrutural.

### 2.4.3.2 Injecção por alta pressão

A injecção por alta pressão foi classificada em três tipos de aplicação: a Injecção repetitiva, a selectiva e a global unitária. As duas primeiras podem ser agrupadas devido às suas similaridades.

A classificação da AETESS (Asociación de Empresas de la Tecnología del Suelo y del Subsuelo), utilizou como base a classificação anteriormente utilizada na França proposta por Bustamante em 1986. Essa classificação, segundo Antunes (2012)<sup>(5)</sup> foi aceita pela maioria da comunidade internacional.

#### a) *Classificação segunda a AETESS*

- *Injecção Repetitiva e Seletiva*

Sobre as IRS (Injecção Repetitiva e Selectiva), Antunes (2012)<sup>(5)</sup> explica que elas são compostas por duas fases. Na primeira, há um processo de injecção por gravidade no exterior da perfuração, esse processo também é conhecido como selagem por gravidade, figura 02.

Várias horas depois dessa selagem, é possível atingir a tensão adequada de atrito entre o bolbo de selagem e o solo de fundação, utilizando-se obturadores duplos colocados selectivamente, em cada uma das válvulas manchetes, com uma pressão entre 2 a 8 MPa, esse processo é repetido até atingir a pressão pretendida.

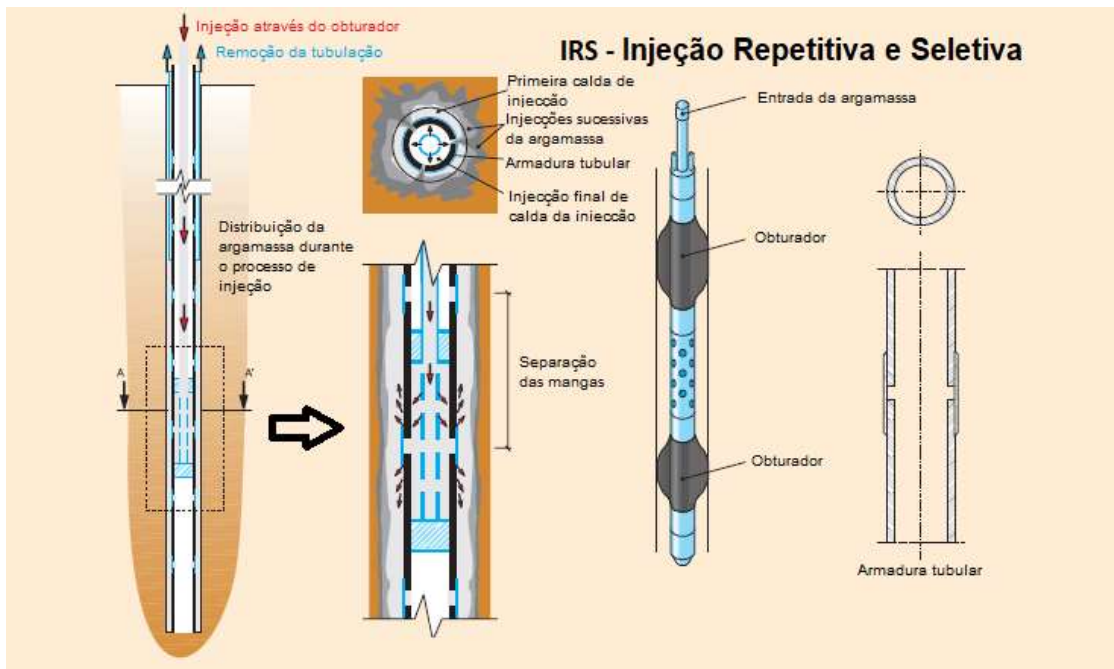


Figura 02 – Microestaca tipo IRS (adaptado do Guia para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005)<sup>(30)</sup>

- *Injecção Global Unitária*

Na Injecção do material para a selagem, realizada ao retirar-se o tubo, a pressão varia de 0,3 a 1 MPa, para evitar a fissuração e impedir que a permeabilidade aumente, figura 03.

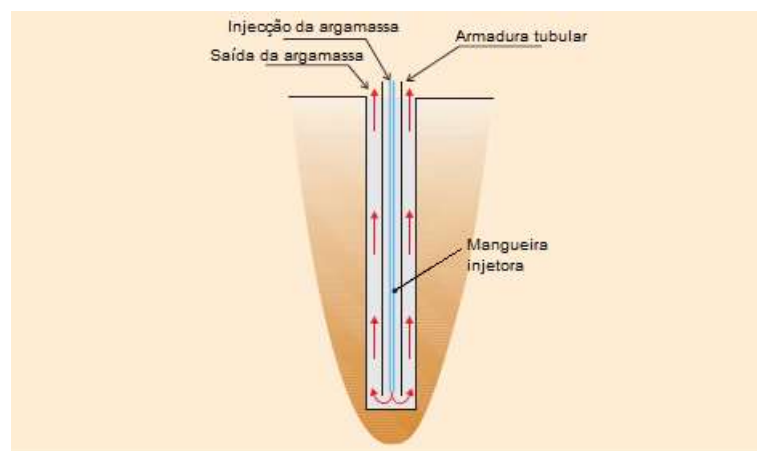


Figura 03 – Microestaca tipo IGU (apatado do Guia para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005)<sup>(30)</sup>

- *Injecção em várias etapas*

Sobre as IR (Injecção em Várias Etapas), também está dividida em 2 etapas. A primeira é igual à da IRS, contudo a segunda etapa é executada após 25 minutos da primeira. A calda de cimento é injectada na boca do tubo com uma pressão de até 1 MPa, figura 04.

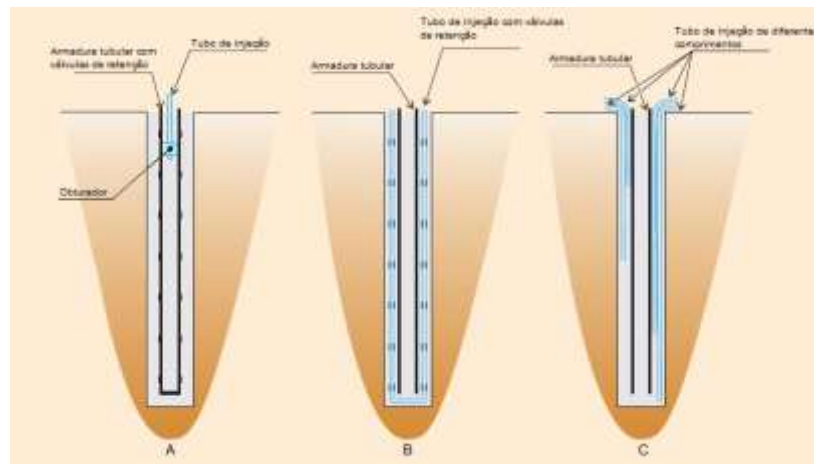


Figura 04 – Microestaca tipo IR (adaptado do Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005)<sup>(30)</sup>

Ambos os métodos são mais eficientes do que o por gravidade e melhoram a qualidade da injeção do material.

Contudo em 1997, Bruce, DiMillo e Juran (1997)<sup>(9)</sup>, concluíram que deveria ser adotado um novo método de classificação. Assim dois critérios foram utilizados como base: o tipo de fundação prevista e o método de injeção.

*b) Classificação de acordo com a fundação prevista:*

Alatunes (2012)<sup>(5)</sup>, classifica nos tipos I e II:

- Tipo I:

Foram criadas para transferir as cargas axiais e laterais ao substrato mais profundo, resistindo directamente a carga da estrutura.

Os esforços aplicados são suportados pelo aço e são transferidos para o solo por meio do atrito solo-cimento

actuando como um substituto de uma estaca tradicional.

- Tipo II

São as microestacas originais de Lizzi, funcionando em grupo numa rede tridimensional, que reforça o solo da fundação.

Assim, elas não são pensadas para apenas suportar a carga, e sim, também reforçam internamente o solo.

c) *Classificação de acordo com a fundação prevista:*

Como citado por Cabral (2019)<sup>(14)</sup>, temos uma classificação para grupo de microestacas moldadas *in situ*. Essa classificação foi proposta por Sabatini (2005)<sup>(35)</sup> e pela EN 1997-2:2007<sup>(45)</sup> e consta do manual de referência do Departamento de Transporte dos Estados Unidos, mais especificamente no Federal Highway Administration (FHWA).

Está classificada em quatro tipos: A, B, C, D.

Alatunes (2012)<sup>(5)</sup>, propõe um quinto tipo chamado de Tipo E, como irá ser descrito abaixo:

- *Tipo A:*

A injeção é feita por meio da gravidade, como citada anteriormente na secção 2.4.3.1 (injeção por gravidade). Podem ser utilizadas argamassas de cimento-areia ou caldas de cimento puro. Esse método pode ser reforçado com armadura, caso necessário, contudo o uso não é obrigatório.

- *Tipo B:*

A injeção é feita sob pressão, simultaneamente com a extracção do tubo. A pressão utilizada é de 0,3 a 1 MPa. Para evitar a fracturação hidráulica do solo ou injeção excessiva da calda de cimento, as microestacas são

reforçadas com armaduras de reforço, sendo esses varões, perfis metálicos ou tubulares.

- *Tipo C:*  
Utiliza a metodologia do IR, descrita no item “a” da secção 2.4.3.2. Esse processo tem sua utilização presente apenas na França, de acordo com Sabatini (2005)<sup>(34)</sup>.
- *Tipo D:*  
Segue o IRS, como descrito no item “a” da secção 2.4.3.2, esse método é utilizado em toda a Europa e nos Estados Unidos.
- *Tipo E:*  
Esse tipo foi descrito apenas por Alatuens (2012)<sup>(5)</sup>. Consiste na utilização de armaduras auto-perfurantes, com núcleo injectável. Nele acontece a injeção simultânea da calda de cimento durante a furação ou acontece depois dela.  
Ainda de acordo com Alatuens (2012)<sup>(5)</sup>, apesar de ainda não constar na normativa americana, diversas empresas já estão utilizando essa solução, figura 05.

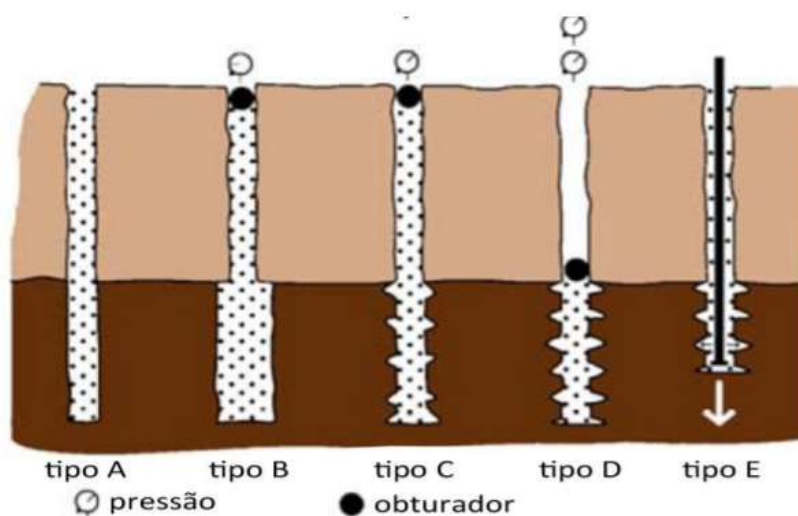


Figura 05 – Classificação pelo método de injeção (retirado de Alatuens, 2012)<sup>(5)</sup>.

## 2.4.4 Microestacas cravadas

Outro grupo que pode ser citado é o das microestacas cravadas. Elas são pré-fabricadas com diâmetros de até 150 mm, como referido na EN 1997-1:2007<sup>(45)</sup> e são introduzidas no solo por vibração, percussão ou prensagem.

Esse método, segundo Antunes (2012)<sup>(5)</sup>, tem uma menor aplicação em relação as anteriores, pois ele promove o deslocamento do solo, onde a microestaca penetra, assim é desaconselhável a utilização nas imediações de edifícios vizinhos.

Dentre as vantagens desse método pode-se citar o controle de qualidade, pois essas são metálicas e não são produzidas *in situ*.

### 2.4.4.1 Processos construtivos:

- *Vibração:*

As microestacas são cravadas, utilizando um martelo vibratório com garras para fixação às estacas, esse método costuma causar muitos ruídos e vibrações, contudo já existem tecnologias que ajudam a reduzir o problema.

- *Percussão:*

Nesse processo as microestacas são cravadas por um bate-estacas ou por um martelo automático. Necessita da protecção da cabeça do elemento, pois os impactos da cravação podem gerar danos na estrutura.

- *Prensagem:*

A microestaca é prensada por um macaco hidráulico acoplado a uma plataforma com sobrecarga. Esse método se diferencia dos demais por não gerar vibrações e barulhos, assim se tornando um método bastante indicado, para locais onde o espaço é limitado e a colocação de um bate-estacas ou um martelo vibratório não é viável ou em áreas onde não são permitido ruídos e vibrações.

## **2.4.5 Aplicações das microestacas**

### **2.4.5.1 Reforços das fundações:**

Esses reforços não se limitam apenas a prédios históricos, pois podem ser aplicados em construções correntes. Segundo Brito (1999)<sup>(8)</sup>, podem ser usados, quando a capacidade de resistência do terreno se torna insuficiente, seja por deficiência, erro de projecto, erro construtivo ou por inexistência de prospecção geotécnica. Isso também acontece, quando se quer aumentar as cargas previstas anteriormente no projecto, como na criação de novos pisos, alteração no tipo de utilização de uma estrutura, dentre outros.

Dessa forma, consegue-se em espaços limitados aplicar o reforço, dispensando a utilização de câmaras de trabalho, além disso, permitem a execução de furos em todas as direcções, Rodrigues (2012)<sup>(34)</sup>.

### **2.4.5.2 Recalce de Fundações**

As microestacas são aplicados nessas situações, pois podem ser executadas em espaço limitados (BRITO,1999)<sup>(8)</sup>. Dessa forma, podem recalçar fundações maiores, sem afectar as construções vizinhas. As microestacas também podem ser utilizadas, para a viabilização da construção de caves (subsolos).

### **2.4.5.3 Consolidação de maciços**

De acordo com Brito (1999)<sup>(8)</sup>, por meio do posicionamento e direccionamento de um grupo de microestaca é possível solidarizar o terreno, fazendo com que este funcione como um todo, ligado pelas microestacas.

A ligação da cabeça das microestacas pode ser feita, por vigas de betão armado, em filas ou em malhas.

Ainda segundo Brito (1999)<sup>(8)</sup>, as microestacas também podem ser utilizadas como alternativa à ancoragem. É possível utiliza-las como uma forma de impedir o levantamento dos edifícios enterrados, devido a fortes subpressões, causadas pela posição relativa do nível freático.

Entre outras vantagens podem evitar a retirada de terra, perda de terreno ou invasão de terrenos alheios.

## **2.4.6 Vantagens e Desvantagens**

### **2.4.6.1 Vantagens:**

Vantagens na utilização desse método:

- Possibilidade de execução em espaços limitados.
- Equipamento de fundação de baixa potência, pouco volumoso e de baixo custo
- Vibrações e ruídos reduzidos
- Não necessita escavação
- Economia de mão-de-obra e tempo
- Perturbação mínima do terreno
- Possibilidade de execução em elementos inclinados, com grande resistência a acções horizontais

### **2.4.6.2 Desvantagens:**

Desvantagens na utilização desse método:

- Mão-de-obra especializada.
- Limitação da capacidade de carga devido aos pequenos diâmetros empregados.
- Reduzida a capacidade de transmitir carga pela ponta, contudo, na presença de rocha a resistência de ponta passa a ser significativa.

## 2.5 Método construtivo

Segundo o “Micropile Design and Construction – Reference Manual” (SABATINI, 2005)<sup>(35)</sup>, as fases de execução da microestaca podem ser divididas em 3 partes: perfuração, colocação da armadura e injeção da argamassa, figura 06.

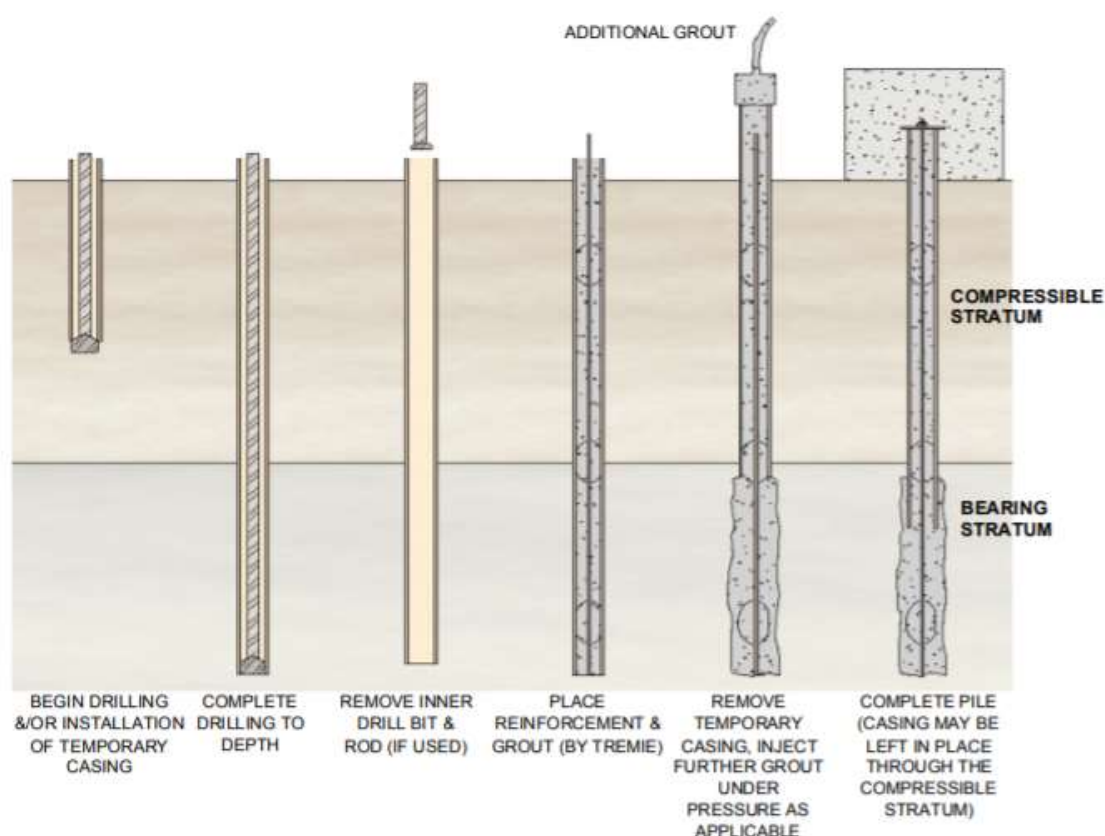


Figura 06 – Exemplo de construção de microestacas (retirado de SABATINI, 2005)<sup>(34)</sup>

### 1) Perfuração.

Segundo Sabatini (2005)<sup>(35)</sup>, a perfuração e escavação são processos que acabam gerando incomodo à área vizinha, dessa forma o contratante tem de escolher o método que cause um nível aceitável de perturbação e forneça o suporte necessário para a microestaca.

Segundo Brito (1999)<sup>(8)</sup>, na operação de perfuração utiliza-se perfuradoras de rotação, as quais podem conter um trado para solos secos. Ainda segundo esse autor<sup>(8)</sup>, para solos não consistentes, usa-se um revestimento provisório e o auxílio de um fluido de circulação.

O “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes” de 2005<sup>(30)</sup>, classifica o sistema de perfuração em 2 tipos:

- *Perfuração por rotação:*

Provoca uma ruptura no solo por meio do atrito gerado pela rotação do funil de perfuração.

Esse método é recomendado para perfurações, que irão atravessar fundações antigas, pois gera menos vibrações do que a rotopercussão.

- *Perfuração por rotopercussão:*

O atrito e a pressão provocam a trituração dos materiais de maneira conjunta, assim eles acabam gerando uma vibração no solo, limitando a sua utilização.

## 2) *Colocação da armadura:*

A quantidade de aço necessária é determinada pela carga que precisa ser suportada pela microestaca e para que o limite de rigidez seja respeitado (SABATINI, 2005)<sup>(35)</sup>.

Segundo Brito (1999)<sup>(8)</sup>, as armaduras podem ser constituídas por um tubo de aço ou varões de aço com aderência melhorada, como exemplificado na figura 07. Em casos de maiores diâmetros, esses varões são cintados formando uma gaiola.

Ainda segundo Brito (1999)<sup>(8)</sup>, por causa da limitação do espaço, devido ao diâmetro curto das microestacas, ou porque os furos têm comprimentos de profundidade elevadas, há necessidade de ter diversos troços de armadura.

No caso de microestacas à compressão ou mediante solda e no caso de microestacas à tracção sua ligação é feita por simples sobreposição.

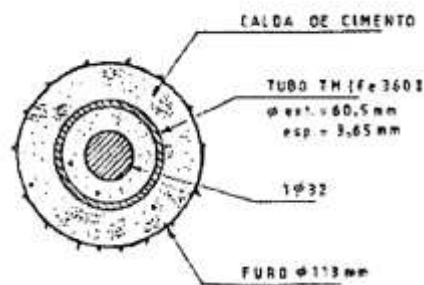


Figura 07 – Exemplo de microestacas (retirado de Brito, 1999)<sup>(8)</sup>

### 3) Injecção da argamassa:

A injecção de argamassa tem um grande impacto na capacidade de carga da microestaca, sua classificação vai depender da maneira que a calda é injectada.

Na secção 2.4.3. foram apresentados os diferentes tipos de injecção, sua classificação e forma que são executadas.

## 2.6 Análise analítica

A análise da fundação é realizada pelo programa GEO5, seguindo as recomendações da EN 1997-2/2005 (Eurocódigo 7)<sup>(46)</sup>, utilizando métodos semi-empíricos.

Esses métodos segundo a ABNT, NBR 6122/1996<sup>(2)</sup>, são aqueles que estimam as propriedades dos materiais, com base em correlações e são usados em teorias de Mecânica dos Solos.

Serão verificados o tubo da microestaca, o estado limite e os factores de segurança. Os diversos métodos estudados têm como objectivo garantir a integridade e capacidade de carga das microestacas.

### 2.6.1 Verificação de acordo com o Factor de Segurança:

Para a verificação da estabilidade, capacidade de suporte da secção acoplada e verificação da raiz são utilizadas as seguintes fórmulas.

a) *Estabilidade interna da secção:*

$$\frac{N_{cr}}{N_{max}} = SF_f \quad (1)$$

Onde:

$N_{cr}$  - Força Normal Crítica normalizada, calculada consoante o método definido.

$N_{max}$  - Força normal máxima

$SF_f$  – Factor de segurança para a força crítica.

b) *Capacidade de suporte da secção acoplada*

$$\frac{R_s}{\sigma_s} = SF_s \quad (2)$$

Onde:

$R_s$  - Resistência do aço normalizada

$\sigma_s$  - Tensão no aço, calculada de acordo com o método de carregamento (secção carregada apenas pela força normal ou pela combinação do momento fletor e da força normal)

$SF_s$  – Factor de segurança para a resistência da secção

c) *Verificação da raiz*

$$\frac{Q}{N_{max}} = SF_r \quad (3)$$

Onde:

Q - Resistência do aço normalizada

$N_{max}$  - Força normal máxima

$SF_s$  – Factor de segurança para a resistência da raiz

## 2.6.2 Verificação de acordo com os Estados Limite

a) *Verificação da secção transversal (tubo)*

Tanto a estabilidade interna da secção como a capacidade de suporte da secção acoplada são verificadas.

- *Estabilidade interna da secção:*

$$N_{max} < N_{crd} \quad (4)$$

Onde:

$N_{max}$  - Força normal máxima

$N_{crd}$  - Força normal crítica de dimensionamento

- *Capacidade de suporte da secção acoplada*

$$N_{crd} = \frac{N_{cr}}{\gamma_{mf}} \quad (5)$$

Onde:

$N_{crd}$  - Força normal crítica de dimensionamento

$N_{cr}$  - Força normal crítica normalizada

$\gamma_{mf}$  - Coeficiente de redução da força crítica

b) *Verificação da raiz*

$$N_{max} < Q_{rd} \quad (6)$$

Onde:

$N_{max}$  - Força normal máxima

$Q_{rd}$  - Capacidade de suporte da raiz normalizada

$$Q_{rd} = \frac{Q}{\gamma_r} \quad (7)$$

Onde:

$Q_{rd}$  - Capacidade de suporte da raiz normalizada

$Q$  - Capacidade de suporte da raiz normalizada

$\gamma_r$  - Coeficiente de redução da resistência da raiz

A capacidade de suporte da raiz será observada na secção 2.7.4, nela iremos tratar os diferentes métodos de cálculo para obtermos o resultado.

### 2.6.3 Verificação do Tubo da Microestaca

Ao calcular a capacidade de suporte do tubo (secção transversal da microestaca), o programa diferencia o carregamento à tracção ou à compressão da microestaca.

No caso do carregamento à tracção, o programa determina a capacidade de suporte da secção acoplada (a resistência da mistura de cimento não é considerada).

No caso do carregamento à compressão, o programa avalia a capacidade de suporte da secção acoplada e a estabilidade interna da secção, dependendo do método definido na secção "Microestacas".

### 2.6.3.1 Capacidade de Suporte da Secção Acoplada

No caso da capacidade de suporte da secção acoplada, o tubo da microestaca é verificado para a ruptura devido à força normal ou à combinação do momento flector e da força normal.

Ao determinar a capacidade de suporte da secção acoplada, é possível considerar a influência do tempo de vida útil da microestaca.

### 2.6.3.2 Vida Útil da Microestaca:

Para calcularmos o tempo de vida útil da microestaca, o programa irá seguir a norma britânica *BS EN 14199:2015*<sup>(10)</sup> "*Execution of special geotechnical works - micropiles.*"

Assim, reduz-se a área do tubo de reforço, por meio do coeficiente de redução da influência da corrosão do tubo metálico ( $r_e$ ) e do coeficiente que considera a conexão entre a microestaca e o solo envolvente ( $F_{ut}$ ).

$$A_a = \frac{\pi}{4} [(D - 2 \cdot r_e)^2 - (D - 2 \cdot t)^2] F_{ut} \quad (8)$$

Onde:

D - Diâmetro externo do tubo de reforço

t - Espessura do tubo de reforço

$F_{ut}$  - Coeficiente que considera a conexão entre a microestaca e o solo envolvente (0,5 -1,0)

$r_e$  - Coeficiente da influência da corrosão do tubo metálico

Para a escolha do  $r_e$  foi utilizada a tabela 01, que contem os valores do coeficiente da influência da corrosão do tubo metálico  $r_e$  em milímetros.

Foi utilizada como referência a norma BS EN 14199:2015<sup>(10)</sup> para os valores.

Tipo de solo	Tempo de vida útil da microestaca [anos]				
	5	25	50	75	100
Solos em deposição natural	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20
Solos em deposição natural contaminada	0.15	0.75	1.50	2.25	3.00
Solos orgânicos	0.20	1.00	1.75	2.50	3.25
Solos soltos	0.18	0.70	1.20	1.70	2.20
Solos especiais (contém sais solúveis)	0.50	2.00	3.25	4.50	5.75

Tabela 01 - Coeficiente da influência da corrosão do tubo metálico re [mm] (editada da norma BS EN 14199:2015)<sup>(10)</sup>

### 2.6.3.3 Estabilidade Interna da Secção Acoplada:

A estabilidade interna das secções verifica a ruptura da microestaca, devido à curvatura no solo. Para obtermos esse valor, um factor crucial é a determinação da estabilidade interna da secção.

O cálculo da força normal ( $N_{cr}$ ), depende do comprimento da microestaca, do solo envolvente e de outros efeitos.

O programa dispõe de 3 metodologias para esse cálculo:

- 1) Método geométrico ou método de Euler
- 2) Teoria de Salas
- 3) Teoria de Véas-Souche

#### **a) Método geométrico (Euler)**

Primeiramente vamos falar sobre o método geométrico ou método de

Euler e explicar o passo a passo. utilizado pelo programa GEO5.

Segundo Buffoni (2004)<sup>(11)</sup>, podemos datar o estudo desse método desde o século XVII, pelo matemático Leonhard Euler. Ele propôs um procedimento, para calcular a carga crítica de flambagem de uma coluna biapoada.

Contudo, existem restrições nesse método, pois esse só é aplicável em peças sujeitas à flambagem no regime elástico. Assim, ela só é acoplada em peças longas ou de grande esbeltez (FRAZÃO E ÁVILA, 2018)<sup>(22)</sup>, figura 08.

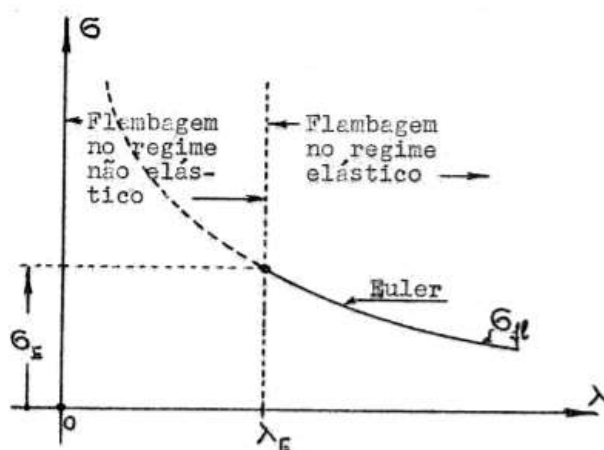


Figura 08 – Curva representativa das tensões de flambagem segundo a fórmula de Euler (retirado de Frazão e Ávila, 2018)<sup>(22)</sup>.

Sobre a aplicação do método pelo programa, os catálogos apresentam os comentários.

Para uma microestaca à compressão, presume-se que ocorra um número variável de meias ondas, como pode ser observado na figura 09, dependendo da geometria e rigidez da estrutura e do solo envolvente. A solução para este caso é obtida através da equação da flexão de uma viga plana.

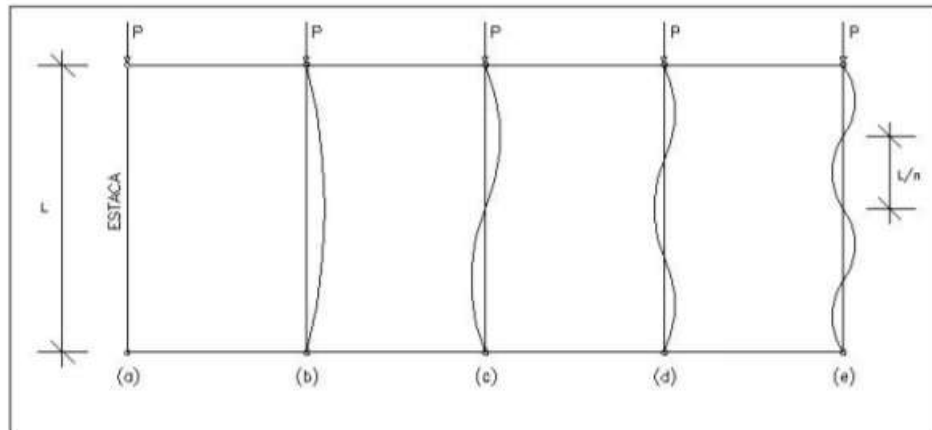


Figura 09 – Mecanismo de transferência de carga de uma estaca convencional (retirado de COSTA, 2016)<sup>(16)</sup>.

Assim temos a seguinte equação:

$$w'' = -\frac{M+N.w}{EI} \quad (9)$$

Fazendo algumas manipulações, reescreve-se a equação da flexão na seguinte forma:

$$w_{(x)} = C_1 \cos(Ax) + C_2 \sen(Ax) + C_3 \cos(Bx) + C_4 \sin(Bx) \quad (10)$$

Onde:

$$A = \sqrt{\frac{\alpha^2}{2} + \sqrt{\frac{\alpha^4}{2} - 4 \cdot \beta^4}} \quad (11)$$

$$B = \sqrt{\frac{\alpha^2}{2} - \sqrt{\frac{\alpha^4}{2} - 4 \cdot \beta^4}} \quad (12)$$

$$\alpha = \sqrt{\frac{N}{E.I}} \quad (13)$$

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k}{4.E.I}} \quad (14)$$

Para a obtenção das constantes de integração, iremos assumir diferentes tipos de apoios e assim termos quatro condições de fronteira.

- Assumindo rótulas em ambas as extremidades:

$$N_{cr} = E_i I_i \frac{\pi^2}{l_p^2} n^2 + E_p \frac{l_p^2}{\pi^2} n^{-2} \quad (15)$$

- Considerando que o número de meias ondas é calculado por:

$$n^2 = \sqrt{\frac{E_p}{E_i I_i}} \cdot \frac{l_p^2}{\pi^2} \quad (16)$$

Onde:

$E_i$  – Módulo de elasticidade da secção transversal ideal

$I_i$  – Momento de inércia da secção transversal ideal

$l_p$  – Comprimento da microestaca

$E_p$  – Módulo de reacção do subsolo

$n$  – Número de meias ondas

- Assumindo uma rótula numa extremidade e um apoio fixo na outra:

$$N_{cr} = E_i I_i \frac{\pi^2}{2l_p^2} n + E_p \frac{4l_p^2}{\pi^2} n^{-2} \quad (17)$$

- Considerando que o número de meias ondas é calculado por:

$$n^2 = \sqrt{\frac{E_p}{E_i I_i}} \cdot \frac{4l_p^2}{\pi^2} \quad (18)$$

Onde:

$E_i$  – Módulo de elasticidade da secção transversal ideal

$I_i$  – Momento de inércia da secção transversal ideal

$l_p$  – Comprimento da microestaca

$E_p$  – Módulo de reacção do subsolo

$n$  – Número de meias ondas

Por fim, para a determinação da força  $N_{cr}$  são feitas diversas interacções utilizando o comprimento da curvatura da secção transversal à compressão ( $l_{cr}$ ) até obtermos o valor que se adequa à  $N_{cr}$ .

$$l_{cr} = \sqrt{\frac{E_i \cdot I_i \pi^2}{N_{cr}}} \quad (19)$$

Onde:

$E_i$  – Módulo de elasticidade da secção transversal ideal

$I_i$  – Momento de inércia da secção transversal ideal

$N_{cr}$  – Força normal crítica

$l_{cr}$  – Comprimento de curvatura da secção transversal à compressão

### **b) Teoria de Salas:**

A segunda teoria é a de Salas. Esse método foi idealizado por Jose Antonio Jimenez Salas e publicado em seu livro “Geotecnia y Cimientos III” em 1980.

Segundo Salas *et al* (1980)<sup>(36)</sup>, para evitar o uso de soluções complicadas, como programas de diferenças finitas e fórmulas em quadratura, e estimar deformações e tensões em estacas isoladas em serviço, foram

desenvolvidos vários procedimentos simplificados, que unem a estaca a um suporte equivalente, com características mecânicas similares, sujeito apenas a forças externas, onde a acção do solo é transformada em um encaixe estrutural fictício.

Assim, o programas utiliza o seguinte passo a passo:

Primeiramente, a força crítica ( $N_{cr}$ ) para as condições básicas de apoio na cabeça da microestaca, é dada por:

$$N_{cr} = \pi^2 \frac{E_a I_a}{(l+l_p)^2} A \quad (20)$$

Onde:

$E_a I_a$  – Rigidez de flexão do tubo de reforço da microestaca

$l$  – Comprimento livre da microestaca

$l_f$  – Comprimento da extremidade fixa fictícia

$A$  – Constante que reflete o tipo de apoio na cabeça da microestaca

Para obtermos o valor de  $A$ , utilizaremos a tabela 02, que contem os valores indicados por Salas et al (1980)<sup>(36)</sup>:

Tipo de apoio na cabeça da microestaca	$A$
Rótula	2.045
Livre	0.25
Fixo	4.0
Móvel na direcção horizontal	1.0

Tabela 02 - Constante  $A$  que reflete o tipo de apoio na cabeça da microestaca (retirado de Salas et al, 1980)<sup>(36)</sup>

Para o cálculo do  $l_f$ , utilizaremos as seguintes formulas para solos argilosos e arenosos, respetivamente:

$$\text{Argilosos: } L_f = 1,2 \cdot \sqrt[4]{\frac{E_p \cdot I_p}{K \cdot b}} \quad (21)$$

$$\text{Arenosos: } L_f = 1,8 \cdot \sqrt[5]{\frac{E_p \cdot I_p}{n_h}} \quad (22)$$

Onde:

$K$  – Modulo de reacção lateral

$n_h$  – Coeficiente de reacção lateral, esse valore é retirado das figuras 10 e 11

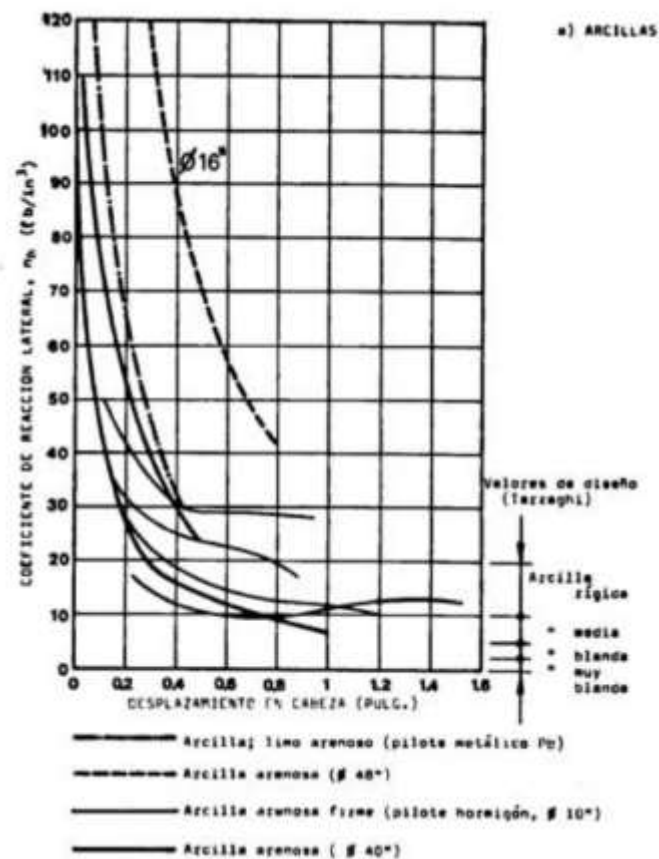


Figura 10 – Variação do coeficiente de reacção lateral  $n_h$  em solos argilosos (retirado de Salas, 1980)<sup>(36)</sup>

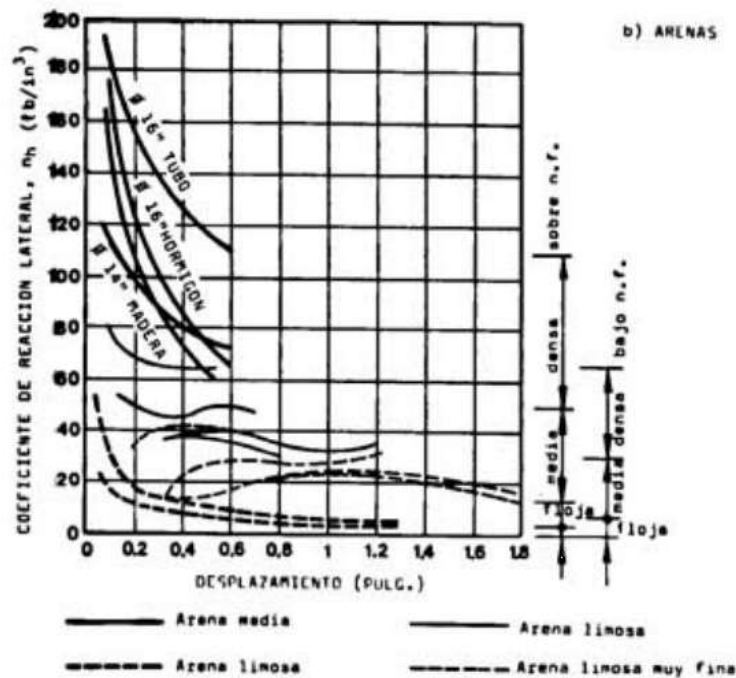


Figura 11 – Variação do coeficiente de reação lateral  $n_h$  em solos arenosos (retirado de Salas, 1980)<sup>(36)</sup>

### c) Teoria de Véas-Souche:

Para finalizar, a última metodologia a ser estudada é a Teoria de Véas-Souche. Foi proposta por Souche no livro "Étude du flabement de pieux partiellernent immergés dans offrant latéralement une réaction élastique pure" de 1984

Nessa metodologia, segundo o programa, a força  $N_c$  é calculada a partir dos gráficos propostos por Véas e Souche.

Os gráficos para a determinação da força normal crítica ( $N_{cr}$ ) estão desenhados para parâmetros adimensionais  $\omega, m$ , assim pode-se usar a seguinte formula:

$$\frac{N_{cr} I_p^2}{\pi^2 E_a I_a}, \omega, m = \frac{1}{\pi} \sqrt[4]{\frac{E_{rd}}{E_a I_a}} \quad (23)$$

Onde:

$E_a I_a$  – Rigidez de flexão do tubo de reforço da microestaca

$\omega$  – Razão entre o comprimento livre da microestaca (a partir do início da base) e o seu comprimento no solo

$l_p$  – Comprimento da microestaca

$E_{rd}$  – Valor de dimensionamento do módulo de reacção horizontal

Para obtermos o valor de dimensionamento do módulo de reacção horizontal utilizamos a seguinte formula:

$$E_{rd} = \frac{E_r}{F_w} \quad (24)$$

Onde,

$E_r$  – Reacção do solo na direcção horizontal

$F_w$  – Coeficiente de redução do valor de  $E_r$ , sendo esse valor igual a 1.25

Ainda, segundo o programa, alguns passos são necessário para obtermos o  $E_r$ . Primeiramente, o solo que envolve a microestaca irá ser representado por molas horizontais ao longo do elemento, caracterizadas pela rigidez da mola de Winkler ( $k_h$ ).

Dessa forma, para a curvatura da microestaca no solo, na direcção do eixo x, pode ser considerada a seguinte equação:

$$p_h = k_h \cdot x = E_p \cdot x \quad (25)$$

Onde:

$x$  – Deslocamento da microestaca na direcção do eixo x

$k_h$  – Rigidez da mola de Winkler (módulo de reacção do subsolo  $E_p$ )

$p_h$  – Reacção do solo causada pelo deslocamento da microestaca na direcção do eixo x (solo à compressão)

Sobre os valores para o Módulo de Reacção do Subsolo  $E_p$  podemos encontrar o seguinte a tabela 03:

Solo	$E_p$ Min/Max [MN/m <sup>3</sup> ]	Valor médio $k_h = E_p$ [MN/m <sup>3</sup> ]
argila mole	2 - 5	3.5
argila rígida	3 - 8	5.5
argila sólida	6 - 16	11
areia naturalmente molhada solta	6 - 13	9.5
areia naturalmente molhada mediamente densa	20 - 40	30
areia naturalmente molhada densa	45 - 90	67.5
areia aquífera solta	4 - 8	6
areia aquífera mediamente densa	10 - 20	15
areia aquífera densa	30 - 60	45
argila arenosa mole	3 - 6	4.5
argila arenosa rígida	5 - 9	7
argila arenosa sólida	8 - 17	12.5
areia argilosa molhada solta	4 - 9	6.5
areia argilosa molhada mediamente densa	12 - 32	22
areia argilosa molhada densa	24 - 44	34
areia argilosa aquífera solta	3.5 - 6.5	5
areia argilosa aquífera mediamente densa	7 - 11	9
areia argilosa aquífera densa	11.5 - 13.5	12.5

Tabela 03 - Valores para o módulo de reacção do subsolo  $E_p = k_h$  [MN/m<sup>3</sup>] (retirado do GEO5)

Caso considere-se a reacção do solo à prensagem da microestaca, por metro do percurso do elemento, têm-se a seguinte fórmula para a reacção do subsolo, devido ao deslocamento da microestaca na direcção do eixo x por metro de desenvolvimento

$$p_h = E_r \cdot x \quad (26)$$

Onde:

$x$  – Deslocamento da microestaca na direcção do eixo  $x$

$E_r$  – Reacção do solo na direcção horizontal

$p_h$  – Reacção do solo causada pelo deslocamento da microestaca na direcção do eixo  $x$  (solo à compressão)

Assim, podemos chegar a uma relação entre abas equações:

$$E_r = k_h \cdot D = E_p \cdot D \quad (27)$$

Onde:

$D$  – Diâmetro da microestaca

$k_h$  – Rigidez da mola de Winkler (módulo de reacção do subsolo  $E_p$ ), tabela 03.

Para o cálculo da reacção do solo na direcção horizontal ( $E_r$ ), é utilizado como base o módulo pressiométrico (Menard) ( $E_m$ ), esse é obtido pelo ensaio pressiométrico (PMT) e depende do tipo de bainha da sonda.

O ensaio pressiométrico (PMT), segundo ANGELIM (2011)<sup>(4)</sup>, consiste na inserção da sonda, em um furo de sondagem na cota desejada, depois, expande-se por meio da aplicação de uma pressão controlada.

Assim, utilizando esses princípios chegamos a seguinte formula:

$$E_r = E_m \frac{6}{\frac{4}{3}(2,65)^{\alpha_p + \alpha_p}} \quad (28)$$

Onde:

$E_m$  – Módulo pressiométrico (Menard) [MPa]

$\alpha_p$  – Factor reológico do solo

Os valores de  $E_m$  e  $\alpha_p$  podem ser relacionados com as seguintes tabelas 04 e 05:

Solos		$E_m$ [Mpa]	$P_{lim}$ [MPa]
Não Coesivos	solto	0 - 3.5	0 - 0.5
	mediamente denso	3.5 - 12	0.5 - 1.5
	denso	12 - 22.5	0.5 - 2.5
	muito denso	> 22.5	> 2.5
Coesivos	lama	0 - 2.5	0 - 0.2
	mole	2.5 - 5	0.2 - 0.4
	rígida	5 - 12	0.4 - 0.8
	sólida	12 - 25	0.8 - 1.6
	dura	> 25	> 16

Tabela 04 – Valores referente ao  $E_m$  e  $P_{lim}$  (adaptado de MENARD, 1975)<sup>(29)</sup>

Material	Turfa		Argila		Silte		Areia		Areia e pedregulho	
	E/ $P_L$	$\alpha$	E/ $P_L$	$\alpha$	E/ $P_L$	$\alpha$	E/ $P_L$	$\alpha$	E/ $P_L$	$\alpha$
<b>pré-adensada</b>		1	> 16	1	> 14	2/3	> 12	1/2	> 10	1/3
<b>normalmente adensada</b>		1	9 - 16	2/3	8 - 14	1/2	7 - 12	1/3	6 - 10	1/4
<b>alterada e/ou remoldada</b>		1	7 - 9	1/2		1/2		1/3		1/4

Rochas extensivamente fraturadas,  $\alpha = 1/3$ ;

Rocha normal,  $\alpha = 1/2$ ;

Rocha levemente fraturada,  $\alpha = 2/3$ .

Tabela 05 – Valores para o factor reológico  $\alpha_p$  para várias condições do solo (retirado de MENARD, 1963)<sup>(28)</sup>

#### **2.6.3.4 Capacidade de Suporte da Secção da Raiz da Microestaca:**

Nessa secção iremos observar as metodologias utilizadas pelo programa GEO5 para o cálculo do atrito lateral.

Segundo Matias (2018)<sup>(27)</sup>, a resistência por atrito lateral é dada pela soma das resistências por camadas, a cada metro de espessura do perfil do solo.

Essas metodologias podem ser aplicadas para a previsão da capacidade de carga em estacas, e segundo Moura, Júnior e Aguiar (2011)<sup>(32)</sup> e Amann (2000)<sup>(3)</sup>. Normalmente utilizam valores provenientes de ensaios como CPT (Cone Penetration Test) e SPT (Standard Penetration Test).

O programa dispõe de 7 metodologias para esse cálculo:

1. Teoria de Lizzi
2. Teoria de Littlejohn e Bruce
3. Teoria de Zwerck
4. Teoria de Bowles
5. Teoria de Véas
6. Raiz em rocha
7. Bustamante

Todas as metodologias serão descritas na secção abaixo:

##### **1. Teoria de Lizzi**

A primeira metodologia trata da teoria de Lizzi, criada em 1982. Esse método, segundo Moura, Júnior e Aguiar (2011)<sup>(32)</sup>, despreza a parcela de resistência da ponta, ao considerar que toda a capacidade de carga é proveniente do atrito lateral.

Dessa forma, é expressa a capacidade de carga pela seguinte equação:

$$Q = \pi \cdot d \cdot L \cdot K \cdot I \quad (29)$$

Onde:

$d$  – Diâmetro da raiz

$L$  – Comprimento da raiz

$K$  – Coeficiente da aderência solo-estaca

$I$  – Coeficiente adimensional de forma, depende do diâmetro nominal da estaca.

Para obter os valores de  $K$  e  $I$ , utiliza-se as tabelas 06 e 07 respectivamente:

Características do solo	kPa
Mole	50
Solto	100
Medianamente compacto	150
Muito compacto (Pedregulho e areia)	200

Tabela 06 - Valores de  $K$  em função das características do solo (Lizzi) (retirado de Lizzi, (1982))<sup>(26)</sup>.

Diâmetro nominal da estaca (mm)	$l$
100	1
150	0,9
200	0,85
250	0,8

Tabela 07 - Valores de  $l$  em função do diâmetro nominal da estaca (Lizzi) (retirado de Lizzi,(1982))<sup>(26)</sup>.

## 2. Teoria de Littlejohn e Bruce

A segunda teoria a ser abordada é a de Littlejohn e Bruce, tendo sua publicação ocorrido em 1975 no livro "Rock Anchors - State of the Art. Part 1. Design".

Essa metodologia pode ser dividida pelo modo de ruptura de uma ancoragem em: ruptura da barra do tirante, ruptura no contacto argamassa-tirante e ruptura no contacto argamassa-maciço, figura 12.

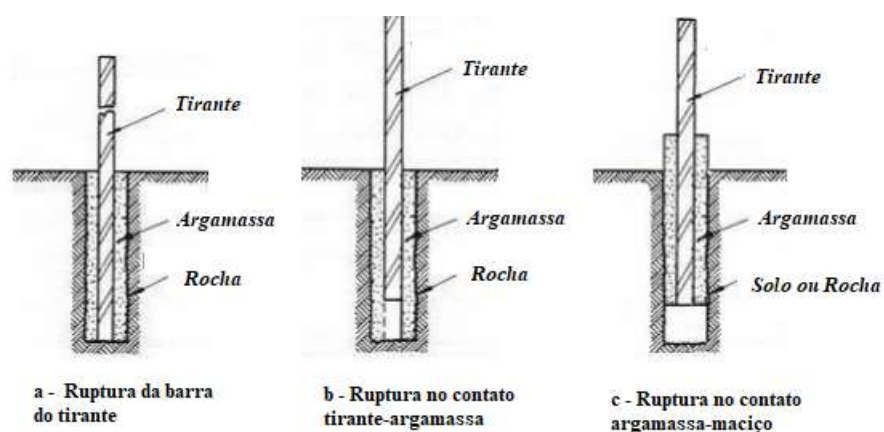


Figura 12 - Mecanismos de ruptura de ancoragens (adaptado de Benmokrane, 1986)<sup>(6)</sup>.

- *Ruptura da barra do tirante:*

SPRINGER (2006)<sup>(43)</sup>, verifica se a tensão actuante é inferior ao valor da tensão de ruptura do aço. Para isso, utiliza a seguinte formula para o cálculo da secção mínima de aço:

$$S_{mín} = \frac{P}{\sigma_r} \quad (30)$$

Onde:

$S_{min}$  - Secção mínima do tirante;

$P$  : Carga de tracção a ser suportada pelo tirante;

$\sigma_r$  : Tensão de ruptura da barra do tirante.

Para o cálculo da tensão, serão utilizadas as tabelas 08 e 09, essas são originalmente de Littlejohn e Bruce (1975)<sup>(25)</sup>, contudo será utilizada a adaptação feita por Springer (2006)<sup>(41)</sup>.

<b>Barra</b>	$\sigma_t$ (% $\sigma_{\text{últ}}$ )	$\sigma_{\text{ensaio}}$ (% $\sigma_{\text{últ}}$ )	$FS_{\text{medido}}$	$FS_{\text{últ}}$	<b>Referência</b>
Lee Macalloy d = 28 mm	70	-	-	1,43	Banks (1955)
Macalloy d = 32 mm	56	84	1,50	1,79	Jackson (1970)
Creuse d = 32 mm	54	64	1,20	1,85	Nordim (1968)
d = 35 mm	50	75	1,50	2,00	Drossel (1970)
d = 22 mm	41	52	1,10	2,10	Koziakin (1970)
Bauer d = 35 mm	44	54	1,20	2,27	Larson e outros (1972)
Dywidag d = 27 mm	55	58	1,06	1,82	Min. Const. (1964)
$\sigma_t$ : tensão de trabalho $\sigma_{\text{ensaio}}$ : tensão de ensaio $\sigma_{\text{últ}}$ : tensão última $FS_{\text{medido}}$ : Fator de segurança medido $FS_{\text{últ}}$ : Fator de segurança último d: Diâmetro					

Tabela 08 - Características das barras de aço (retirada de SPRINGER (2006)<sup>(43)</sup>).

$\sigma_t$ (%)	$\sigma_{ensaio}$ (%)	FS <sub>medido</sub>	FS <sub>últ</sub>	Condição Crítica	Fonte
50	75	1,50	2,00	resistência à tração	Littlejohn (1973)
50	70	1,50	2,00	resistência à tração	Mitchell (1974)
50	75 a 80	1,50-1,60	2,00	resistência à tração	Ground anchor Ltd. (1974)
60	>90	1,50	1,75	resistência ao escoamento	DIN 4125 (1972)
70	17	1,10	1,43		Descoedres (1969)
69	≤90	1,30	1,45	resistência ao escoamento	Draf recommendation (1972)
70	<95	1,36	1,43	deformação residual	Fargeot (1972)
60	-	-	-	limite elástico	Adams (1972)
53-66	80	1,20-1,50	1,50-1,90	resistência à tração última	Fenoux e outros (1972)
60	-	1,30	2,00	limite elástico	Bureau Securitas (1972)
-	-	-	1,50-2,00	limite elástico	Mascardi (1973)
65	-	-	1,54	resistência à tração última	Laurikainen (1972)
85	-	-		limite elástico	
59	-	-	1,69	resistência à tração última	Voves (1972)
57	<69	1,20	1,75	resistência à tração última	Draft (1972)
60	80	1,33	1,67	resistência à tração última	Golber Brawner (1973)
50	75	2,00	1,50	resistência à tração última	White (1973)
50 a 60	-	1,10	1,70-1,90	resistência à tração última	Costa Nunes (1977)
90	-	-	-	limite elástico	
65	-	1,10	1,54	resistência à tração última	Parry Davies (1968)
				resistência ao escoamento	
-	75	-	-	resistência à tração última	Koch (1972)
50	80	1,60	2,00	resistência à tração última	Irwin (1972)
$\sigma_t$ : tensão de trabalho $\sigma_{ensaio}$ : tensão de ensaio $\sigma_{ult}$ : tensão última FS <sub>medido</sub> : Fator de segurança medido FS <sub>últ</sub> : Fator de segurança último d: Diâmetro					

Tabela 09 - Recomendações para tirantes (retirada de SPRINGER (2006)<sup>(43)</sup>).

- *Ruptura do contacto tirante-argamassa:*

Esse método se preocupa com o comprimento de ancoragem, para que não ocorra falha da ligação argamassa/barra.

SPRINGER (2006)<sup>(43)</sup>, admite a hipótese que a distribuição de tensões por cisalhamento é uniforme. Dessa forma, podemos utilizar a seguinte equação para a obtenção da carga de arrancamento (P):

$$P = \pi \cdot d \cdot L_A \cdot \tau_{barra-argamassa} \quad (31)$$

Onde:

$d$  – Diâmetro da barra de aço

$L_A$  – Comprimento de ancoragem ou do bulbo de ancorado

$\tau_{barra-argamassa}$  – Tensão de aderência barra-argamassação, função do tipo de argamassa e das características de superfície da barra;

Para o cálculo da tensão de aderência, SPRINGER (2006)<sup>(43)</sup> utiliza as seguintes formulas:

$$\text{Barras lisas:} \quad \tau_{\acute{u}lt} = 0,17\sqrt{C_o} \quad (32)$$

$$\text{Barras nervuradas:} \quad \tau_{\acute{u}lt} = 0,96\sqrt{C_o} \quad (33)$$

Onde:

$C_o$  – Resistência à compressão uniaxial da argamassa

- *Ruptura do contacto argamassa-maciço*

Esse método é mais utilizado para tirantes ancorados em maciços rochosos.

Nessa metodologia utiliza-se a hipótese de que as distribuições das tensões de cisalhamento são uniformes, ao longo do comprimento da ancoragem.

Usa-se a seguinte equação para a obtenção da carga de arrancamento (P):

$$P = \pi \cdot D \cdot L_A \cdot \tau_{argamassa-maciço} \quad (34)$$

Onde:

$P$  – Carga de arrancamento

$D$  – Diâmetro do furo de sondagem

$L_A$  – Comprimento de ancoragem

$\tau_{barra-argamassa}$  – Tensão de aderência no contacto argamassa-maciço

A tensão de aderência irá depender do tipo de argamassa, das características de superfície do furo de sondagem e do tipo de maciço. Para obter-se o valor usa-se a tabela 10, originalmente de Littlejohn e Bruce (1975)<sup>(25)</sup>, contudo será utilizada a adaptação feita por SPRINGER (2006)<sup>(43)</sup>.

Classificação		Aderência (MPa)		Fator de segurança	Fonte
		$\tau_1$	$\tau_{ult}$		
Ígneas	basalto de dureza média	-	5,73	3,0 - 4,0	Rao (1964)
	basalto	1,21 - 1,38	3,86	2,8 - 3,2	Wycliffe-Jones (1974)
	granito	1,38 - 1,55	4,83	3,1 - 3,5	
	serpentinito	0,45 - 0,59	1,55	2,6 - 3,5	
	granito e basalto	-	1,72 - 3,10	1,5 - 2,5	PCI (1974)
Metamórficas	xisto de Manhattan	0,70	2,80	4,0	White (1973)
	folhelho duro e estratificado	-	0,83 - 1,38	2,5 - 2,5	PCI (1974)
Sedimentares	calcáreo	1,00	2,83	2,8	Losinger (1966)
	calcáreo brando	-	1,03 - 1,52	1,5 - 2,5	PCI (1974)
	calcáreo dolomítico	-	1,38 - 2,07	1,5 - 2,5	
	arenito	2,45	-	1,75	Coates (1970)
	arenito intemperizado	-	0,69 - 0,85	3,0	Irwin (1971)
	arenito duro de grãos finos	0,69 - 0,83	2,24	2,7 - 3,3	Wycliffe-Jones (1974)
Diversos	rocha fraca	0,35 - 0,70	-	-	Koch (1972)
	rocha média	0,70 - 1,05	-	-	
	rocha competente	1,05 - 1,40	-	-	
	rocha competente ( $C_0 > 20$ MPa)	$C_0/30$	$C_0/10$	3,0	Littlejohn (1972)
	concreto	-	1,38 - 2,76	1,5 - 2,5	PCI (1974)

Tabela 10 - Aderência argamassa-maciço (retirada de SPRINGER, 2006)<sup>(43)</sup>.

### 3. Teoria de Zweck

O terceiro método estudado será a Teoria de Zweck, segundo o programa GEO5, foi desenvolvido para análise da raiz de ancoragem, dependendo da tensão geostática na zona da raiz.

Contudo, NÃO foi encontrada nenhuma literatura apoiando o método citado, além disso, o programa não disponibilizou nenhuma bibliografia de referência.

As fórmulas utilizadas foram:

$$Q = \pi \cdot d \cdot l \cdot \frac{1+K_0}{2} \sigma_z \tan \varphi \quad (41)$$

Onde:

$d$  – Diâmetro da raiz

$l$  – comprimento da raiz

$K_0$  – Valor da pressão em repouso

$\sigma_z$  – Tensão geostática média na raiz da microestaca

$\phi$  – Valor do Ângulo de atrito médio na raiz da microestaca

#### 4. Teoria de Bowles

O quarto método que será estudado é a Teoria de Bowles, essa metodologia foi publicada no livro: “Foundation Analysis and Design” em 1997 por Joseph Bowles.

Essa metodologia se baseia na aplicação da estaca para ancoragem de BOWLES (1996)<sup>(7)</sup>, figura 13, nela são citadas as seguintes especificações: o diâmetro do furo deve ser de 150 a 375 mm e a calda de areia/cimento é injectada a uma pressão de 75 a 225 kPa.

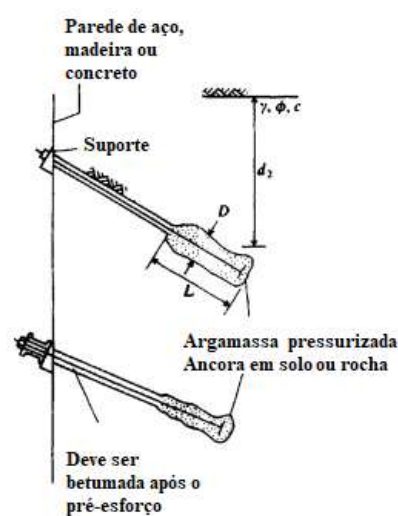


Figura 13 – Ancoragem (adaptado de Bowles. 1996)<sup>(7)</sup>

Então, para obtermos o  $P_{ar}$ , utilizaremos a seguinte formula:

$$P_{ar} = \pi DL(d_2 K \tan \delta + c_a) \quad (42)$$

Onde:

$P_{ar}$  – Carga da ancoragem

$D$  – Diâmetro médio do eixo

$L$  – Comprimento do cimento/argamassa

$K$  – Coeficiente do solo, varia entre  $K_a$  e  $K_o$

$\gamma$  – Peso específico da argamassa

$d$  – Profundidade média do comprimento do argamassa

$\delta$  – Valor do Ângulo de atrito médio na raiz da microestaca

$c_a$  – Adesão para a zona de cimento, variando entre 0,7 a 1,0c

Para o cálculo do coeficiente do solo iremos fazer assumir que:

$$K = K_o = 1 - \sin \delta \quad (43)$$

## 5. Teoria de Véas-Souche

O quinto método estudado é a Teoria de Véas-Souche, publicada por Pierre Souche em 1984 no livro: “Étude du flambement de pieux partiellement immergés dans un milieu offrant latéralement une réaction élastique pure”.

Segundo Souche (1984)<sup>(42)</sup>, essa metodologia, estima a força teórica de abas de microestacas que estão sujeitas a cargas verticais significativas.

Para isso, a estaca será considerada uma viga de inércia constante, além disso, considera-se um ambiente onde o efeito sobre os deslocamentos laterais da viga, é equivalente ao de um número infinito de suportes elásticos de rigidez constante e a parte da viga, fora desse meio é assumida como livre.

O modelo desconsidera a dissipação de força normal, na parte imersa da estaca, devido ao atrito lateral. O modelo também não admite casos em que a estaca está livre para se mover lateralmente, pois nesse caso é incompatível com a hipótese e é improvável, que a estaca flutuante sofra ruptura por encurvatura.

Assim, a carga de colapso da microestaca é calculada por:

$$Q = R_{bk} + R_{sk} \quad (44)$$

Onde:

$R_{bk}$  – Capacidade de suporte da raiz da microestaca

$R_{sk}$  – Capacidade de suporte da superfície da microestaca

Para calcularmos a capacidade de suporte da superfície da microestaca, utiliza-se:

$$R_{sk} = \sum_{i=1}^n A_{sn} \cdot q_{sn} \quad (45)$$

Onde:

$n$  – Número de camadas atravessadas pela microestaca

$A_{sn}$  – Área da base da microestaca na camada “n”

$q_{sn}$  – Atrito superficial na camada “n”

Para calcularmos a capacidade de suporte da ponta da microestaca como sendo 15% da capacidade calculada, utilizaremos:

$$R_{bk} = 0,15 \cdot R_{sk} \quad (46)$$

Para o cálculo do atrito superficial  $q_s$  à uma profundidade predeterminada, foi utilizado como referência o “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes” de 2005<sup>(30)</sup>, assim:

$$q_s(z) = \frac{c}{F_c} + \sigma_h(z) \frac{\tan \delta}{F_\varphi} \quad (47)$$

Onde:

$z$  – Profundidade

$c$  – Coesão efetiva do solo à profundidade  $z$

$\delta$  – Ângulo de atrito ao longo da interface da raiz microestaca e o solo à profundidade  $z$

$\sigma_h(z)$  - Componente horizontal da tensão geostática à profundidade  $z$

- Em casos de injeção IR e IRS:

$$\sigma_h(z) = K_o \sigma_v(z) + \frac{p_i}{3} \quad (48)$$

- Nos outros casos:

$$\sigma_h(z) = K_o \sigma_v(z) \quad (49)$$

Onde:

$K_o$  - Coeficiente do empuxo de terra em repouso

- Solos normalmente consolidados:

$$K_o = 1 - \sin \varphi \quad (50)$$

- Solos sobreconsolidados:

$$K_o = 1 - \sin \varphi \sqrt{R_{oc}} \quad (51)$$

$\varphi$  - Ângulo de atrito interno efetivo do solo à profundidade  $z$

$\sigma_v(z)$  - Componente vertical da tensão geostática à profundidade  $z$

$R_{OC}$  – Razão de sobreconsolidação, ela é definida pelo coeficiente entre a pressão máxima vertical efectiva, a que um determinado ponto de um solo foi submetido em qualquer época e a que apresenta actualmente

$p_i$  - Pressão na argamassa para percurso do tipo IR e IRS, e profundidade  $z \geq 5$  m, em outros casos  $p_i = 0$

$F_c, F_\phi$  - Coeficientes para o tipo de aplicação da microestaca, sendo os valores utilizados o da tabela 11:

Tipo de Aplicação	$F_c$	$F_\phi$
Novas fundações	1,5	1,5
Fundações pre-existente	1,2	1,2

Tabela 11 – Coeficientes  $F_c$  e  $F_\phi$  (adaptado do Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005)<sup>(30)</sup>

## 6. Raiz em rocha

O sexto método estudado é a teoria para raiz em rocha, publicada pela Secretaria de Estado de Infraestructura y Planificacion da Espanha em 2005 no guia “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes”<sup>(30)</sup>.

O programa GEO 5 utiliza a secção do método que trabalha com solos em rocha, assim, a resistência da ponta se torna relevante.

Ainda segundo o guia, para consideramos a microestaca estando incorporada a rocha, é necessário que a zona de influência da ponta cumpra alguns requisitos como: a) a rocha precisa ter um grau de intemperismo menor ou igual à III, segundo a escala ISRM (tabela presente no anexo A), b) a resistência a compressão deve ultrapassar 20 MPa, sendo esse valor determinado pela norma espanhola, c) a incorporação no solo das

características acima descritas é maior ou igual a seis diâmetros nominais, medidos no plano da ponta, dentre outras.

Assim a resistência é calculada seguindo a seguinte formula:

$$R_{e,d} = A_{Le} \cdot f_{e,d} + A_{Pe} \cdot q_{pe,d} \quad (52)$$

Onde:

$R_{e,d}$  – Resistência de cálculo na incorporação com a rocha

$A_{Le}$  – Área lateral da microestaca na incorporação com a rocha

$f_{e,d}$  – Resistência de cálculo unitária no fuste na incorporação com a rocha

$A_{Pe}$  – Área da secção da ponta na incorporação com a rocha

$q_{pe,d}$  – Resistência unitária de cálculo na ponta na incorporação com a rocha

Utilizaremos as tabelas providenciadas pelo guia, tabela 12, para obtermos as resistências unitária.

Tipos de rocha	$f_{e,d} (MPa)$	$q_{pe,d}$
Sedimentos	0,15 – 0,40	$0,07 \cdot q_u$
Ardósias e filitos	0,20 – 0,30	$0,07 \cdot q_u$
Arenitos	0,30 – 0,45	$0,07 \cdot q_u$
Calcários e dolomites	0,40 – 0,50	$0,10 \cdot q_u$
Granitos e Basaltos	0,40 – 0,60	$0,10 \cdot q_u$

Tabela 12 - Resistência unitária de cálculo na ponta e no fuste, na incorporação com a rocha (adaptado do “Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes”, 2005)<sup>(30)</sup>.

### 7. **Bustamente:**

O sétimo método estudado é o de Bustante e Gianceselli. Esse método é uma junção de metodologias descritas em dois livros, de Bustamante e Gianceselli intitulados: “Prévision de la capacité portante des pieux isolés sous charge verticale. Règles pressiométriques et pénétrométriques” e “Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT”, publicados em 1981 e 1982 respetivamente.

Segundo Monteiro, Araújo e Aguiar (2017)<sup>(31)</sup>, esse método também é conhecido como LCPC (Laboratoire Central des Ponts et Chausees) ou método francês. Serão citadas duas partes do método. A primeira, quando se tem um ensaio de CPT(Cone Penetration Test) (Bustamante e Gianceselli, 1982)<sup>(13)</sup> e a segunda baseada no ensaio PMT(Pressurement Test).

Um ponto a ser notado é que Bustamante e Gianceselli citaram FOND (1972)<sup>(21)</sup>, como sendo a base de vários princípios da metodologia.

Assim para calcular-se a a capacidade de resistência da estaca, se utiliza a seguinte formula:

$$R_b = q_e \cdot k_c \cdot A_b \quad (53)$$

$$R_s = \sum_l^i R_s^i = \sum_l^i q_s^i A_s^i \quad (54)$$

Onde:

$q_e$  – Resistência de ponta unitária equivalente, ao nível da base da estaca

$k_c$  – Factor de capacidade

$A_b$  – Área da base da estaca

$q_s$  – Resistência lateral unitária na camada i

$A_s^i$  – Área lateral da estaca em contacto com a camada i

Para obter-se o factor de capacidade ( $K_c$ ) utiliza-se a tabela 13, que contém os valores do factor capacidade de carga, para o ensaio de penetração estática. Segundo Santos (2002)<sup>(36)</sup>, esse valor vai depender do tipo e compactidade do solo e do tipo de estaca.

Também são citados alguns cuidados que devem ser tomados, pois esse método não deve ser aplicado, em estacas que possuam ficha menor ou igual à profundidade de penetração crítica. O método em tela não deve ser utilizado para estacas de perfil H, ou estacas de base aberta.

Natureza do solo	$q_c$ ( $10^5$ Pa)	Factor de capacidade $k_c$	
		Grupo I	Grupo II
Argila mole e siltes	< 10	0.4	0.5
Argila mediamente compacta	10 a 50	0.35	0.45
Lodo e areia solta	$\leq 50$	0.4	0.5
Argila compacta a rija e lodo compacto	> 50	0.45	0.55
Cré mole	$\leq 50$	0.2	0.3
Areia e cascalho mediamente compacto	50 a 120	0.4	0.5
Cré alterada a fragmentada	> 50	0.2	0.4
Areia e cascalho compacto a muito compacto	> 120	0.3	0.4

Tabela 13 - Valores do factor capacidade de carga, para o ensaio de penetração estática (retirado de Santos (2002))<sup>(37)</sup>.

Na Tabela 13 tem-se o grupo I de estacas moldadas e o grupo II de estacas cravadas, estacas tipo Franki e estacas injectadas sob alta pressão.

Sobre a resistência de ponta equivalente ( $q_e$ ) serão necessários que alguns passos sejam seguidos.

Segundo de Santos (2002)<sup>(37)</sup>, primeiro acontece a suavização do perfil da resistência de ponta ( $q_c$ ), depois calcula-se a resistência média entre as cotas -1,5b e 1.5b, por fim os valores superiores a 1,3  $q_e$  e inferiores a 0,7  $q_e$  são eliminados como demonstrado na figura 14. Assim  $q_e$  é o valor médio da resistência a partir da curva suavizada e truncada.

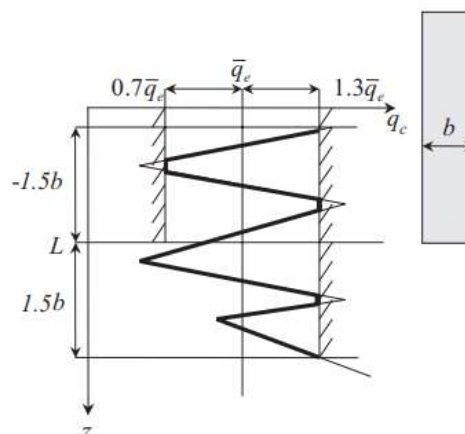


Figura 14 – Cálculo do  $q_e$  (Retirado de Monteiro, Araújo e Aguiar, 2017)<sup>(32)</sup>

Segundo Santos (2002)<sup>(37)</sup>, Para o cálculo da resistência lateral unitária ( $q_s^l$ ) consideramos que para cada uma das camadas é igual a  $q_c/\alpha_B$ , sendo  $\alpha_B$  um parâmetro dependente da natureza do solo e do modo de execução da estaca.

Os diferentes valores de “ $q_c$ ” e “ $\alpha_B$ ” apresentados na Tabela 14:

Natureza do solo	$q_c$ ( $10^5$ Pa)	Coeficiente $\alpha_B$				Valor máximo de $q_s^l$ ( $10^5$ Pa)					
		Estaca Moldada		Estaca Cravada		Estaca Moldada		Estaca Cravada		Estaca Injectada	
		Fuste de betão	Entubada	Fuste de betão	Fuste de metal	Fuste de betão	Entubada	Fuste de betão	Fuste de metal	Baixa pressão	Alta pressão
Argila mole e siltes	< 10	30	30	30	30	0.15	0.15	0.15	0.35	0.35	-
Argila mediantemente compacta	10 a 50	40	80	40	80	(0.8) 0.35	(0.8) 0.35	(0.8) 0.35	0.35	0.8	$\geq 1.2$
Lodo e areia solta	$\leq 50$	60	150	60	120	0.35	0.35	0.35	0.35	0.8	-
Argila compacta a rija e lodo compacto	> 50	60	120	60	120	(0.8) 0.35	(0.8) 0.35	(0.8) 0.35	0.35	0.8	$\geq 2.0$
Cré mole	$\leq 50$	100	120	100	120	0.35	0.35	0.35	0.35	0.8	-
Areia e cascalho mediantemente compacto	50 a 120	100	200	100	200	(1.2) 0.8	(1.2) 0.8	(1.5) 1.2	0.8	1.2	$\geq 2.0$
Cré alterado a fragmentado	> 50	60	80	60	80	(1.5) 1.2	(1.2) 1.2	(1.5) 1.2	1.2	1.5	$\geq 2.0$
Areia e cascalho compacto a muito compacto	> 120	150	300	150	200	(1.5) 1.2	(1.2) 1.2	(1.5) 1.2	1.2	1.5	$\geq 2.0$

Tabela 14 - Valores do coeficiente  $\alpha_B$ , para as várias técnicas de execução das estacas (retirado de Santos 2002)<sup>(37)</sup>.

Para o método empírico baseado no ensaio PMT utiliza-se como base os estudos de FOND (1972)<sup>(21)</sup> e Bustamante e Gianceselli (1981)<sup>(12)</sup>.

A capacidade resistência da estaca é obtida a partir dos dados do ensaio pressiométrico (PMT), utilizando a expressão:

$$R = A_b k (p_{LM} - P_0) + P \sum (q_s^i z_i) \quad (55)$$

$$p_0 = k_0 (\sigma_v - u) + u \quad (56)$$

$$k_0 = 0,5 \quad (57)$$

Onde:

$A_b$  – Área da ponta da estaca

$p_{LM}$  – Valor representativo da pressão limite ao nível da base

$\sigma_v$  – Tensão vertical efetiva

$u$  - Pressão intersticial ao nível do ensaio

$k$  - Factor de capacidade resistente, tabela 15.

$P$  – Perímetro da estaca

$q_s^i$  - Resistência lateral unitária da camada  $i$

$z_i$  - Espessura da camada  $i$

Tipo de solo		$P_{LM}$ (MPa)	Estacas que provocam pequenos deslocamentos	Estacas que provocam grandes deslocamentos
argila e silte	A	< 0.7	1.1	1.4
	B	1.2 – 2.0	1.2	1.5
	C	> 2.5	1.3	1.6
areia e cascalho	A	< 0.5	1.0	4.2
	B	1.0 – 2.0	1.1	3.7
	C	> 2.5	1.2	3.2
Calcário	A	< 0.7	1.1	1.6
	B	1.0 – 2.5	1.4	2.2
	C	> 3.0	1.8	2.6
Marga	A	1.5 – 4.0	1.8	2.6
	B	> 4.5	1.8	2.6
rocha meteorizada	A	2.5 – 4.0	(i)	(i)
	B	> 4.5		

Tabela 15 - Factor de capacidade resistente k (retirado de Santos, 2002)<sup>(37)</sup>

Para o cálculo do  $q_s^i$  utilizaremos a tabela 16 e a figura 17:

tipo de estaca	categoria do solo	argila e silte			areia e cascalho			calcário			marga		rocha
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	
estacas moldadas	sem suporte	1	1, 2	2, 3	-	-	-	1	3	4, 5	3	4, 5	6
	lama bentonítica	1	1, 2	1, 2	1	1, 2	2, 3	1	3	4, 5	3	4, 5	6
	suporte temporário	1	1, 2	1, 2	1	1, 2	2, 3	1	2	3, 4	3	4	-
	suporte permanente	1	1	1	1	1	2				2	3	-
escavação manual		1	2	3	-	-	-	1	2	3	4	5	6
estacas que provocam grandes deslocamentos	ponta fechada	1	2	2	2	2	3				3	4	4
	pré-fabricadas, de betão	1	2	2	3	3	3				3	4	4
	moldadas sem extracção	1	2	2	2	2	3	1	2	3	3	4	-
	revesti mento rugoso	1	2	2	3	3	4				3	4	-
estacas injectadas	baixa pressão	1	2	2	3	3	3	2	3	4	5	5	-
	alta pressão	1	4	5	5	5	6	-	5	6	6	6	7

Tabela 16 - Selecção de curvas para obtenção de  $q_s$  (retirado de Santos, 2002)<sup>(37)</sup>

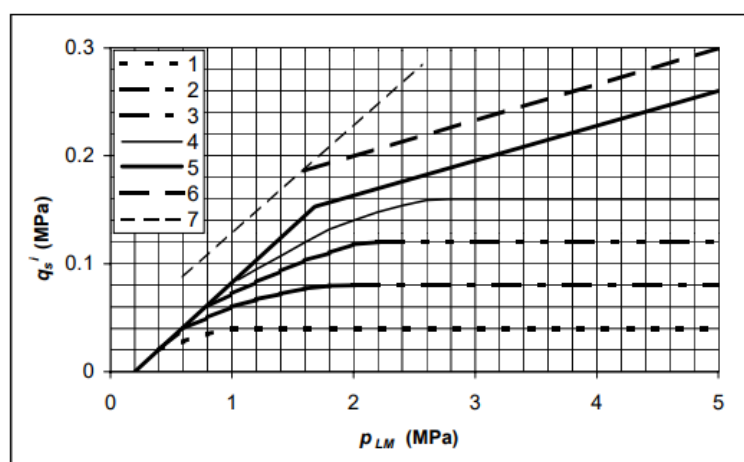


Tabela 17 - Resistência lateral unitária  $q_s$  (retirado de Santos, 2002)<sup>(37)</sup>

### 3 METODOLOGIA

O foco desse estudo foi fazer diversas simulações utilizando as diferentes teorias para a verificação da capacidade da microestacas, utilizando o programa GEO5. O intuito principal dessa pesquisa é verificar a sensibilidade dessas teorias, à mudança de parâmetros específicos e fazer uma comparação entre elas.

Na figura 15 estão apresentadas as diferentes teorias e metodologias utilizada pelo programa.



Figura 15 – Metodologia disponibilizada pelo programa

A base teórica desses métodos foi apresentada na revisão bibliográfica (capítulo 2), com o intuito de expor o passo a passo, que o programa utiliza para chegar aos resultados das simulações. Além disso, permitir identificar os principais factores e parâmetros que influenciam a capacidade resistente das microestacas.

#### 3.1 Parâmetros:

O primeiro passo para a comparação entre as diferentes teorias foi estabelecer, quais parâmetros seriam tratados como constante e quais como

variáveis.

Observou-se quais critérios o programa GEO5 permitiam ao usuário fazer modificações, com base nisso, três grupos foram definidos:

1. Geometria
2. Material
3. Solo

O primeiro grupo englobou as variáveis que tinham relações com a geometria da microestacas como: seção, comprimento livre da microestaca, comprimento da raiz, diâmetro da raiz, inclinação da microestacas e cabeça.

Dentre esses fatores, apenas o diâmetro e comprimento da microestaca foram considerados como variáveis, os outros considerpu-se constantes. Essa seleção foi feita com base nos dados de uma obra pré-existente, Figura 16.

Serão utilizados os seguintes valores para as simulações, Figura 17:

- Comprimento livre da microestaca ( $l$ ): 2,5 m
- Inclinação da microestaca ( $\alpha$ ):  $0^\circ$
- Cabeça ( $l_a$ ): 0,5 m

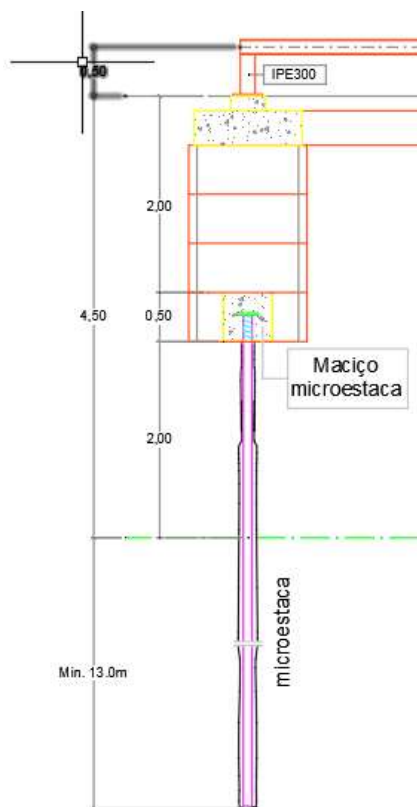


Figura 16 – Geometria da microestaca na qual a os valores de referência foram retirados.

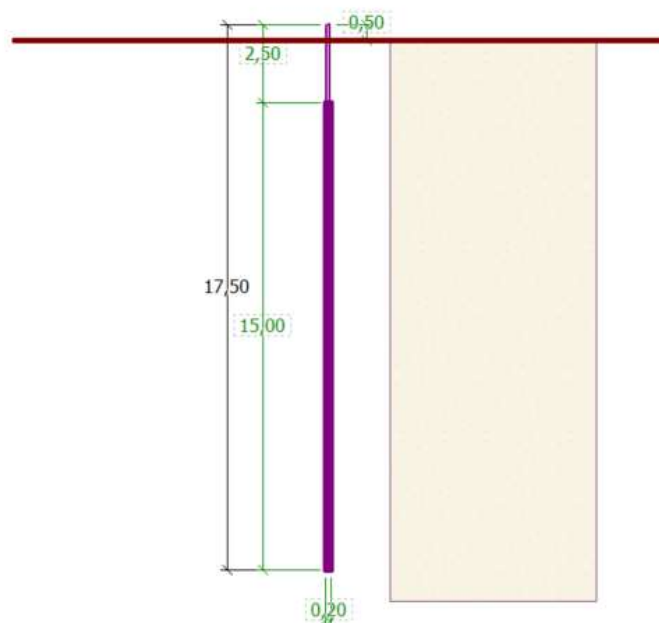


Figura 17 – Geometria da microestaca no programa GEO5.

Para os diâmetros foram utilizados valores usuais de 127 mm, 200 mm e 300 mm, contudo, em simulações que ele é constante, 127 mm será o padrão.

Os comprimentos utilizados foram aqueles usuais em obras, ou seja, os de 13 m, 15 ou 17 m. Em simulações nas quais o comprimento, foi contante foi utilizado o de 15 m como padrão.

O segundo grupo se refere aos valores dos materiais, que incluem os valores do betão e do aço, ambos são sugeridos pelo programa.

O betão recomendado pelo programa GEO5 foi o C 20/25. Para se obter os valores de resistência característica mínima ( $f_{ck}$ ) e do módulo de elasticidade ( $E_{cm}$ ) foram usados os valores do Eurocódigo 2 (EN 1992-1-1:2004)<sup>(46)</sup> da tabela 18.

Strength classes for concrete														Analytical relation / Explanation	
$f_{ck}$ (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{td, min}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	2.8
$f_{td}$ (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{td} = f_{td, min} + 8 \text{ MPa}$
$f_{cm}$ (MPa)	1.6	1.9	2.2	2.6	2.9	3.2	3.5	3.8	4.1	4.2	4.4	4.6	4.8	5.0	$f_{cm} = 0.30 \cdot f_{td}^{0.75} + 0.0000$ $f_{cm} = 2.12 \cdot (f_{td} - 10) + 0.0000$
$f_{br, 400}$ (MPa)	1.1	1.3	1.5	1.8	2.0	2.2	2.5	2.7	2.9	3.0	3.1	3.2	3.4	3.5	$f_{br, 400} = 0.7 \cdot f_{td}$ 95% fractile
$f_{br, 200}$ (MPa)	2.0	2.5	2.9	3.3	3.8	4.2	4.6	4.9	5.3	5.5	5.7	6.0	6.3	6.6	$f_{br, 200} = 1.3 \cdot f_{td}$ 95% fractile
$E_{cm}$ (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 200 \cdot (f_{cm} / 10)^2$ ( $f_{cm}$ in MPa)
$\epsilon_{t1}$ (%)	1.8	1.9	2.0	2.1	2.2	2.25	2.3	2.4	2.45	2.5	2.6	2.7	2.8	2.8	see Figure 3.2 $\epsilon_{t1} = 5.7 \cdot f_{cm}^{-0.25} + 2.8$
$\epsilon_{t2}$ (%)				3.5						3.2	3.0	2.8	2.8	2.8	see Figure 3.2 for $f_{cm} \leq 50 \text{ MPa}$ $\epsilon_{t2} = 2.8 + 20 \cdot (f_{cm} - 50) / 100$
$\epsilon_{t3}$ (%)				2.0						2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	see Figure 3.3 for $f_{cm} \leq 50 \text{ MPa}$ $\epsilon_{t3} = 2.0 + 0.08 \cdot (f_{cm} - 50)^{0.25}$
$\epsilon_{t4}$ (%)				3.5						3.1	2.9	2.7	2.6	2.6	see Figure 3.3 for $f_{cm} \leq 50 \text{ MPa}$ $\epsilon_{t4} = 2.8 + 20 \cdot (f_{cm} - 50) / 100$
$\nu$				2.0						1.75	1.6	1.45	1.4	1.4	for $f_{cm} \leq 50 \text{ MPa}$ $\nu = 1.4 + 23.4 \cdot (90 - f_{cm}) / 100$
$\epsilon_{t5}$ (%)				1.75						1.8	1.9	2.0	2.2	2.3	see Figure 3.4 for $f_{cm} \leq 50 \text{ MPa}$ $\epsilon_{t5} = 1.75 + 0.95 \cdot (f_{cm} - 50) / 40$
$\epsilon_{t6}$ (%)				3.5						3.1	2.9	2.7	2.6	2.6	see Figure 3.4 for $f_{cm} \leq 50 \text{ MPa}$ $\epsilon_{t6} = 2.8 + 20 \cdot (f_{cm} - 50) / 100$

Tabela 18 – Resistência e deformação característica do betão (retirado da EN 1992-1-1, 2004)<sup>(46)</sup>

Temos os seguintes valores:

- Resistência característica mínima ( $f_{ck}$ ): 20 MPa
- Módulo de elasticidade ( $E_{cm}$ ): 30000 MPa

Como sugerido pelo programa, o aço utilizado foi o Fe 360. A resistência a tração ( $f_u$ ) e o módulo de elasticidade do aço ( $E$ ) foram retirados do Eurocódigo 3 (EN 1993-1-1:2005)<sup>(47)</sup>, tendo os seguintes valores:

- Resistência a tração ( $f_u$ ): 235 MPa
- Módulo de elasticidade do aço ( $E$ ): 210000 MPa

Por fim tem-se as características do solo, que foram determinadas se observando primeiramente o SPT de uma obra pré-existente (tabela 19). Para simplificar as simulações se optou pela utilização de apenas 1 solo da totalidade do maciço.

O escolhido foi o a Areia Siltosa, cujas características acabam representado uma média entre todos os solos dispostos, como mostra as tabelas 19 e 20. Isso é importante pois além de camada de areias, grande parte do maciço consiste em argilas siltosas e lodos.

Natureza do solo	N (SPT)	Rp 10 <sup>4</sup> Pa	cu 10 <sup>5</sup> Pa	C' 10 <sup>4</sup> Pa	φ' (o)
Lodos e argilas muito moles e médias	1	1 - 2	0.1		14.7
	2	2 - 4	0.2		18.7
	2	2 - 4	0.2		18.7
	4	4 - 8	0.4		22.7
	4	8	0.4	0.08	22.7
Argilas siltosas ou arenosas	8	24	0.53	0.08	26.7
	15	45	1.0	0.22	30.3
	15	45	1.0	0.22	30.3
	30	90	1.2	0.52	34.3
	30	90	2.0	0.52	34.3
Areias argilosas	60	180	4.0	1.12	38.3
	4	16			32.0
	4	16		0.04	32.0
	10	40			37.3
	10	40		0.04	37.3
	30	120		0.17	43.6
	30	120		0.17	43.6
Areias finas a médias, siltosas ou lodosas	50	200		0.31	46.6
	50	200		0.31	46.6
	60	240		0.37	47.6
	4	20			26.7
	4	20			26.7
	10	50			32.0
	10	50			32.0
Areias médias a grosseiras com seixo	30	150			38.3
	30	150			38.3
	50	250			41.3
	50	250			41.3
	60	300			42.3
	4	24			32.0
	4	24			32.0
Areias médias a grosseiras com seixo	10	60			37.3
	10	60			37.3
	30	180			43.6
	30	180			43.6
	50	300			46.6
	50	300			46.6
60	360			47.6	

Tabela 19 – SPT do caso exemplo.

Zona Geotécnica	Profundidade (m)	Nº pancadas médias*- N	Resistência de ponta média* (MPa)	Tensão máx. admissível (kPa)	Tipo de solo**
ZG4	0.00 a 5.10	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	0 <sup>1</sup>	Aterro <sup>1</sup>
ZG3	5.10 a 8.00	22	7	100	Areias alteradas
ZG2	8.00 a 10.50	40	13	200	Areias finas
ZG1	10.50 a 11.90	57	16	250-300	Areias médias

Tabela 20 – Dados geotécnico para dimensionamento das fundações do caso exemplo.

Sobre a variação, ela irá seguir os valores recomendados pelo programa (tabela 21), contudo, para as simulações foram extrapolados os valores do Ângulo de atrito para 32° e 36°. O peso específico e peso volumétrico, seguindo o programa, serão constantes.

Areia siltosa (SM)			
Parâmetros do solo			
Coeficiente de Poisson	$\nu$	[-]	0,3
Peso específico	$\gamma$	[kN/m <sup>3</sup> ]	18
Peso volumétrico saturado	$\gamma_{\text{sat}}$	[kN/m <sup>3</sup> ]	20
Módulo de elasticidade	E	[MPa]	7 - 20
Módulo de deformação	$E_{\text{def}}$	[MPa]	5 - 15
Parâmetros efetivos:			
Ângulo de atrito interno	$\varphi_{\text{ef}}$	[°]	28 - 30
Coesão do solo	$C_{\text{ef}}$	[kPa]	0 - 10

Tabela 21 – Características do solos recomendados pelo GEO5

### 3.2 Cargas:

Para as cargas foram utilizados os valores encontrados em uma obra pré-existente, representada na figura 18:

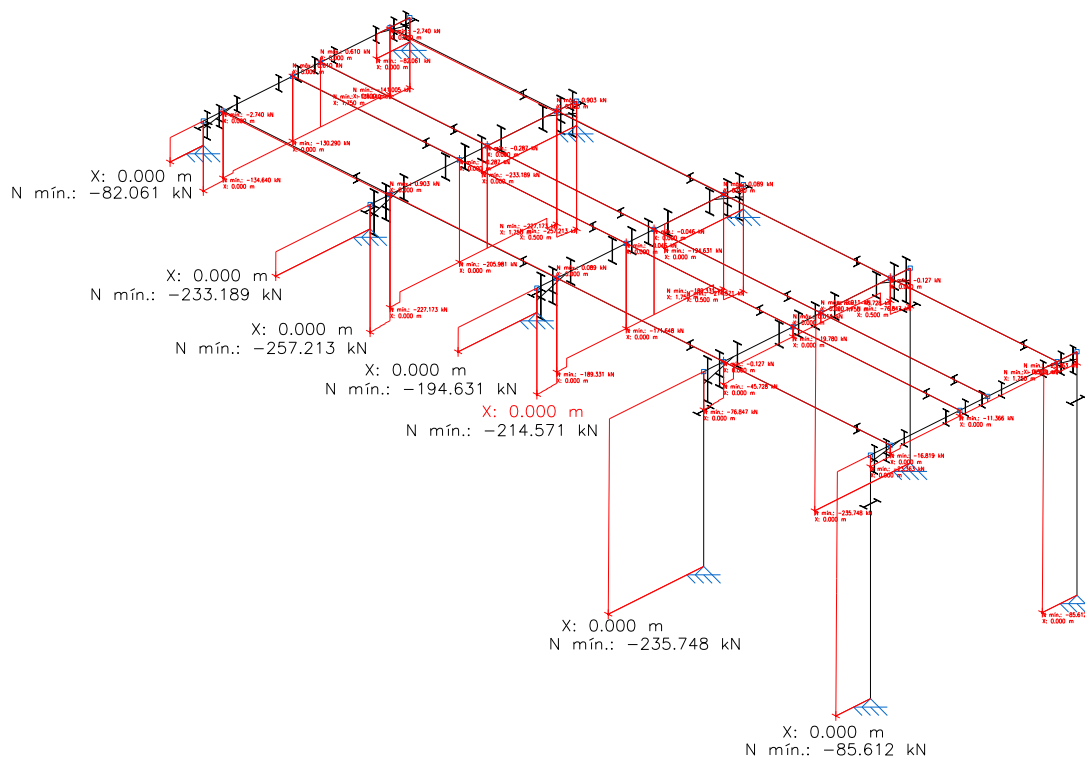


Figura 18 – Representação das cargas

Os valores encontrados, em módulo, foram: 82,061kN, 233,189 kN e 257,213 kN. O programa utiliza o pior caso, usando a maior carga apresentada.

### 3.3 Atrito superficial médio limite ( $q_{sav}$ ).

Para o cálculo da verificação da seção por Lizzi foi necessário adotar-se um valor para o atrito superficial médio limite. O valor considerado constante foi o de 80 kPa, segundo a tabela 22 retirada de Angelin (2011)<sup>(4)</sup>. Ela apresenta valores de  $q_{sav}$ , para tipos de solos específicos. Como apenas utilizaremos areias siltosas, esse valor será constante em todas as simulações, ao utilizar-se a teoria de Lizzi.

Valores dos coeficientes  $K_c$  e  $\alpha$ :

Tipo de solo	$q_c$ (kPa)	Coeficiente $k_c$		Coeficiente $\alpha$				Valor máximo *** de $q_s$ (kPa)					
				Estaca moldada		Estaca cravada		Estaca moldada		Estaca cravada		Estaca injectada	
		Estaca moldada	Estaca cravada	Fuste em betão	Com tubo perdido	Fuste em betão	Fuste em metal	Fuste em betão	Com tubo perdido	Fuste em betão	Fuste em metal	Baixa pressão	Alta pressão
Argila mole e lodo*	0 a 2000	0,4	0,5	30	30	30	30	15	15	15	15	35	
Argila de consistência média	2000 a 5000	0,35	0,45	40	80	40	80	(80) 35	(80) 35	(80) 35	35	80	$\geq 120$
Argila rija a muito rija	>5000	0,45	0,55	80	120	80	120	(80) 35	(80) 35	(80) 35	35	80	$\geq 200$
Silte ou areia solta	0 a 2500	0,4	0,5	(80) 120	150	(80) 80	(120) 160	35	35	35	35	80	
Areia medianamente compacta	2500 a 10000	0,4	0,5	(100) 180	(200) 250	100	(200) 250	(120) 80	(80) 35	(120) 80	80	120	$\geq 200$
Areia compacta a muito compacta	>10000	0,3	0,4	150	(200) 300	150	(200) 300	(150) 120	(120) 80	(150) 120	120	150	$\geq 200$

\* É aconselhável usar com grande prudência a consideração do atrito lateral no caso de argilas moles e lodos. Basta um pequeno assentamento do solo, mesmo sob peso próprio, para dar lugar a "atrito negativo".

\*\* Os valores entre parênteses correspondem, para as estacas moldadas, a uma execução cuidada da estaca e de um processo construtivo susceptível de remover ao mínimo o solo em contacto com o fuste. Para as estacas cravadas, eles correspondem ao adensamento do solo junto à estaca após cravação.

\*\*\* Para estacas moldadas com  $\Phi \geq 1,50$  m, os poços betonados em obra, as barretes, há que reduzir estes valores em 15% na ausência de resultados experimentais.

Figura 22 – Valores de atrito superficial médio (ANGELIN, 2011)<sup>(4)</sup>

No método raiz em rocha, com o intuito de simplificar as simulações, foi utilizado o valor de  $q_{sav}$  para o atrito superficial na rocha ( $q_{sr}$ ).

### 3.4 Pressão de injetável média ( $q_i$ ).

Segundo Silva (2017)<sup>(40)</sup>, os valores da pressão injetável média tendem a variar entre 50 a 100 kPa, dessa forma utilizou-se o valor de 50 kPa, em todas as simulações envolvendo a Teoria de Littlejohn

### 3.5 Pressão média de injeção ( $q_i$ ).

Utilizando-se como referência Silva e Perreira (2017)<sup>(41)</sup>, os valores da pressão injetável média tendem a variar entre 130 a 200 kPa, dessa forma, foi escolhido um valor intermediário de 150 kPa, esse valor foi utilizado em todas as simulações envolvendo a Teoria de Littlejohn

### 3.6 SPT e PMT:

Como mostrado na seção 3.1, foi utilizado um SPT base, assim a figura 19 representa os valores aplicados no programa

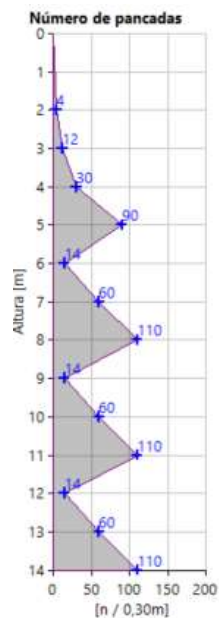


Figura 19 - Representação do SPT no programa

Para o PMT, foi feita uma aproximação utilizando dados obtidos por Imamura (2017)<sup>(24)</sup>, assim obtivemos os valores representados na figura 20.

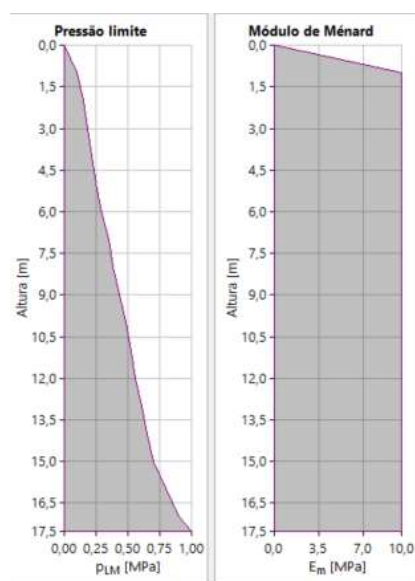


Figura 20 – Valores de pressão limite e módulo de Ménard

### 3.7 Coeficiente de ponderação:

Para maximizar a segurança, diversos coeficientes de ponderação são utilizados pelo programa. Esses valores são aplicados ao cálculo, levando em conta possíveis desvios desfavoráveis dos materiais na estrutura, em relação a possíveis inexatidões geométricas e cobrindo incertezas, que ainda não podem ser tratadas por meio do projeto. Na tabela 23 são apresentados esses coeficientes:

Coeficiente de redução de parâmetros do solo		
Situação de permanente do projeto		
Coeficiente de ponderação de atrito interno:	$\gamma_{m\phi}$	1,25
Coeficiente de ponderação de coesão:	$\gamma_{mc}$	1,4
Coeficiente de ponderação da força crítica:	$\gamma_{mf}$	1
Coeficiente de ponderação para mistura do cimento:	$\gamma_{sc}$	1,5
Coeficiente de segurança do aço:	$\gamma_{ss}$	1,5
Coeficiente de ponderação da raiz de capacidade de carga:	$\gamma_r$	1,5

Tabela 23 – Coeficientes de ponderação

## 4 Resultados e discussões:

Ao dar início ao estudo, foi preciso identificar os parâmetros para a determinação da capacidade resistente das microestacas e entender a sensibilidade de cada teoria a mudanças dessas variáveis.

Serão aplicadas as teorias de Euler, Salas e Véas-Souche para a verificação da secção, para a verificação da raiz será utilizada as teorias de Lizzi, Littlejohn, Bowles, Zweck, Véas-Souche, Raiz-rocha e Bustamante (SPT e PMT), todas essas teorias e seu passo a passo estão descritas na secção 2.6.3.3 desse trabalho.

No total foram realizadas 667 simulações no programa GEO5 (anexo B), as quais verificaram a influência que os valores de comprimento, diâmetro, cargas, coesão e Ângulo de atrito da microestaca, têm sobre a capacidade

resistente.

Além disso, nessa seção foi feita uma comparação entre todas as teorias observando os diferentes resultados e verificando as variações resistência em diferentes metodologias.

#### **4.1 Verificação da secção**

Nos modelos de estudo para o cálculo da verificação da secção, foram realizadas análises da influência dos parâmetros geométricos da microestaca, assim como os mecânicos do solo, como o Ângulo de atrito interno e a coesão.

Para a verificação foram utilizadas 3 teorias: Euler, Salas e Véas-Souche, descritas na secção 2.6.3.3 desse trabalho. Dessa forma, para verificar se a microestaca resistiria aos esforços solicitantes, foi analisado o valor da tensão no aço ao comparar-se com o valor de resistência do dimensionamento do aço.

##### *4.1.1 Caso de estudo 1 – Diâmetro da microestaca*

Foram adotados valores constantes para as variáveis de solo, comprimento e carga, de modo que houvesse apenas uma comparação do efeito do diâmetro no resultado final.

Como foi explicado na secção 3.1, três diâmetros foram utilizados como variáveis nesse estudo, quais sejam os de 127 mm, 200 mm e 300 mm.

Após diversas simulações chegou-se aos resultados abaixo apresentados e discutidos.

Utilizando o diâmetro de 127 mm encontrou-se uma tensão no aço de 38,28 MPa. Já o diâmetro de 200 mm, usado como comparação, mostrou uma redução da tensão para 22,74 MPa, um valor de 41% menor do que o anterior.

Já para o diâmetro de 300 mm foi obtido o valor de 14,62 MPa, 36%

menor do que o observado no de 200 mm e de 62% em relação ao de 127 mm. Esses valores estão representados no gráfico 01.

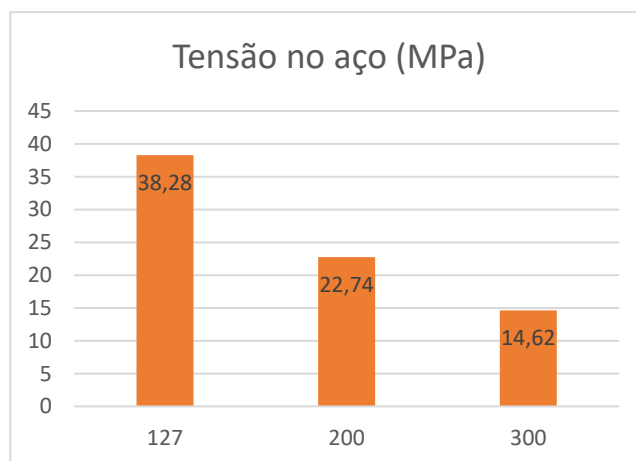


Gráfico 01 – Valores da Tensão no aço (MPa) no diâmetro de 127 mm, 200 mm e 300 mm.

Esse resultado foi obtido mantendo constante a espessura da parede (t), figura 21. Utilizou-se o valor t igual a 20 mm para os cálculos, obtendo-se os valores de cada área, como se vê na tabela 24.

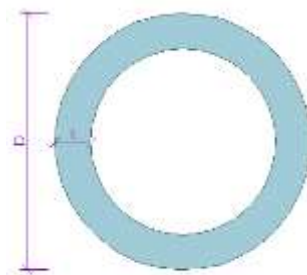


Figura 21 – Representação do microestaca (vista de cima)

Diâmetro(mm)	Área total (mm <sup>2</sup> )	Área do furo(mm <sup>2</sup> )	Área da parede (mm <sup>2</sup> )	% da parede
127	12667,69	6723,01	5944,68	47%
200	31415,93	11309,73	20106,19	64%
300	70685,83	17592,92	53092,92	75%

Tabelas 24 – Área da microestaca (diâmetros de 127 mm, 200 mm e 300 mm)

Essa redução na tensão, que ocorre nos diâmetros de 200 mm e 300 mm, justifica-se pois a tensão é a distribuição de força, por uma unidade de área, logo ao aumentar-se o diâmetro, obtem-se menores valores de tensão.

Observando a tabela 25, apesar de ocorrer variações de tensão em cada diâmetro, eles são iguais nas três teorias. Possivelmente, isso acontece, pois, cada teoria calcula valores de força críticas ( $N_{cr}$ ), que divididos pela área da microestaca, geram as tensões no aço. Com isso, pode-se inferir que o diâmetro não irá interferir no cálculo do  $N_{cr}$ .

Diâmetro(mm)	Tensão no aço		
	Euler (MPa)	Salas (MPa)	Véas-Souche (MPa)
127	38,28	38,28	38,28
200	22,74	22,74	22,74
300	14,62	14,62	14,62

Tabela 25 – Valores da tensão no aço por diferentes metodologias (variável diâmetro)

Para terminar a verificação da secção, os valores da tensão no aço são comparados com a tensão de resistência de dimensionamento, de 156,67 MPa. Como todos os valores encontrados nessas simulações, foram abaixo desse valor, isso significa que a secção acoplada da microestaca é satisfatória.

#### 4.1.2 Caso de estudo 2 – Comprimento da microestaca

Para essa verificação foram considerados constantes as variáveis de solo, diâmetro e carga, para que o resultado apenas fosse influenciado pelo do efeito do comprimento.

Como citado na secção 3.1, três comprimentos foram utilizados como variáveis, nesse caso de estudo, os de 13 m, 15 m e 17 m. Após diversas simulações chegou-se ao valor de 22,74 MPa para a tensão do aço em todos comprimentos usados e que são mostrados no gráfico 02.

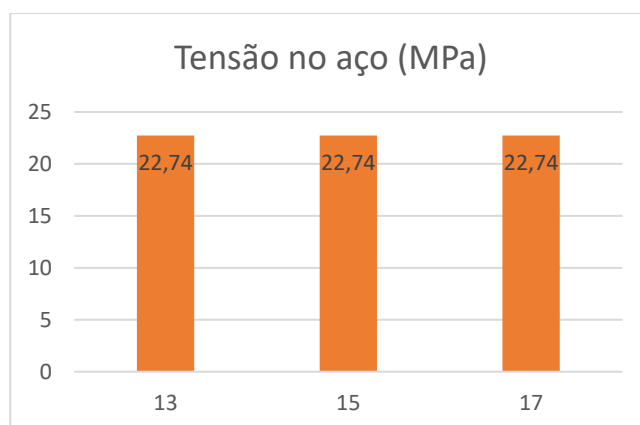


Gráfico 02 – Valores da Tensão no aço (MPa) nos comprimentos de 13 m, 15 m e 17 m.

Esse valores sugerem que não há influência do comprimento na tensão no aço. Em relação as diferentes teorias aplicadas, foi encontrado o valor de 22,74 MPa em todas as simulações (tabela 26). Dessa maneira, podesse supor que o comprimento não irá influenciar no cálculo da força crítica e posteriormente não afetará a tensão no aço.

Comprimento (m)	Tensão no aço		
	Euler (MPa)	Salas (MPa)	Véas-Souche (MPa)
13	22,74	22,74	22,74
15	22,74	22,74	22,74
17	22,74	22,74	22,74

Tabela 26 – Valores da tensão no aço por diferentes metodologias (variável comprimento)

Por fim, comparando os valores obtidos nas simulações com a tensão de resistência de dimensionamento do aço de 156,67 MPa, pode-se observar que todas simulações tiveram valores de tensão abaixo da tensão de resistência, daí a secção acoplada da microestaca é satisfatória.

#### 4.1.3 Caso de estudo 3 – Cargas

Foram adotados como valores constantes, as variáveis de solo, comprimento e diâmetro, para que, apenas o efeito da carga interferisse na verificação da seção.

Como descrito na seção 3.1, três cargas foram utilizadas como variáveis nesse estudo: 82,061 kN, 233,19 kN e 257,21 kN.

Após realizar-se as simulações utilizando as Teorias de Euler, Salas e Véas-Souche, chegou-se aos seguintes resultados:

Utilizando a carga de 82,061 kN foi obtida uma tensão de 7,26 MPa. Já a de 233,19 kN, usada como comparação, houve um aumento no valor de tensão para 20,62, um acréscimo de 184% na tensão no aço.

Na carga de 257,21 kN o valor encontrado foi de 22,74, e 10% maior do que observado na carga de 233,19 kN e de 213% em relação à de 82,061kN. Esses valores estão representados no gráfico 03.

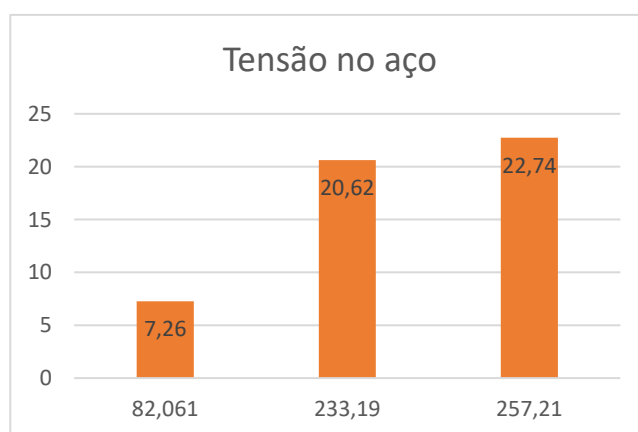


Gráfico 03 – Valores da Tensão no aço (MPa) nos comprimentos de 82,061 kN, 233,19 kN e 257,21 kN

Esse aumento na tensão que ocorre com o aumento das cargas é normal, pois a tensão é diretamente proporcional a força aplicada.

Por serem diretamente proporcionais, pode ser feita uma extrapolação do resultado, para identificar-se, qual o seria a carga máxima que a microestaca suportaria, como visto no gráfico 04.

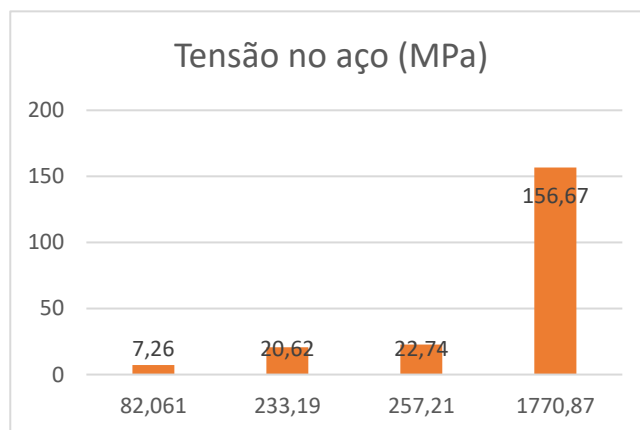


Gráfico 04 – Gráfico da extrapolação para obter o valor da resistência de dimensionamento do aço (156,67 MPa)

Como demonstrado na tabela 27, novamente não há variações de tensão, pela utilização de teorias diferentes, podemos inferir que a carga não irá interferir no cálculo da força crítica feita pelas teorias.

Carga (kN)	Tensão no aço		
	Euler (MPa)	Salas (MPa)	Véas-Souche(MPa)
82,061	7,26	7,26	7,26
233,19	20,62	20,62	20,62
257,21	22,74	22,74	22,74

Tabela 27 – Valores da tensão no aço por diferentes metodologias (variável carga).

Por fim, comparando os valores obtidos nas simulações com a tensão de resistência de dimensionamento do aço de 156,67 MPa, pode-se observar, que todas simulações tiveram valores de tensão abaixo, sendo assim, a secção acoplada da microestaca é satisfatória.

#### 4.1.4 Caso de estudo 4 – Coesão e Ângulo de atrito

Para as variáveis de solo apresentadas na seção 3.1, coesão e Ângulo de atrito, foram feitas 550 simulações. Contudo, não houve diferença de resultados, em função das duas variáveis citadas, mostrados nas tabelas 28 e 29.

Foram adotados valores constantes para o comprimento e diâmetro, assim apenas o efeito da coesão ou Ângulo de atrito afetariam resultado final.

Ângulo de atrito	Tensão no aço		
	Euler (MPa)	Salas (MPa)	Véas-Souche (MPa)
28°	38,26	38,26	38,26
29°	38,26	38,26	38,26
30°	38,26	38,26	38,26
32°	38,26	38,26	38,26
36°	38,26	38,26	38,26

Tabela 28 – Tensão no aço com a variável do Ângulo de atrito

Coesão	Tensão no aço		
	Euler (MPa)	Salas (MPa)	Véas-Souche (MPa)
0	38,26	38,26	38,26
1	38,26	38,26	38,26
2	38,26	38,26	38,26
3	38,26	38,26	38,26
4	38,26	38,26	38,26
5	38,26	38,26	38,26
6	38,26	38,26	38,26
7	38,26	38,26	38,26
8	38,26	38,26	38,26
9	38,26	38,26	38,26
10	38,26	38,26	38,26

Tabela 29 – Tensão no aço com a variável do Ângulo de atrito

## 4.2 Verificação da raiz

Nos modelos de estudo para o cálculo da verificação da raiz, foram realizadas análises da influência dos parâmetros geométricos da microestaca, assim como, os mecânicos do solo, o Ângulo de atrito interno e a coesão.

Para a verificação foram utilizadas as teorias de: Lizzi, Littlejohn, Bowles, Zweck, Véas-Souche, Raiz em rocha, Bustamante (SPT) e Bustamante (PMT) essas estão descritas na secção 2.6.3.4 desse trabalho.

Para que haja a verificação se a microestaca irá resistir aos esforços solicitantes, foi verificado se o valor da capacidade de carga da raiz, seria menor ou igual a força de tração máxima (257,21 kN), esse valor foi descrito na secção 3.2 desse trabalho .

### 4.2.1 Caso de estudo 5 – Diâmetro da microestaca

Foram adotados valores constantes para as variáveis de solo e comprimento e carga, dessa maneira apenas o efeito do diâmetro iria interferir no resultado final.

Como foi mostrado na secção 3.1, foram utilizados os diâmetros de 127 mm, 200 mm e 300 mm.

Após diversas simulações chegou-se aos resultados abaixo apresentados e descritos.

Os resultados serão apresentados, primeiramente mostrando-se cada teoria e por fim uma visão geral de cada caso.

- Teoria de Lizzi:

No diâmetro de 127 mm, a capacidade de carga da raiz da microestaca é de 307,12 kN. Para o diâmetro de 200 mm foi encontrado o valor de 427,26 kN, ao fazer a comparação com o diâmetro anterior temos um aumento de 39%

em relação ao anterior.

Já para o diâmetro de 300 mm foi obtido o valor de 603,19 kN, esse 41% maior do que o observado no de 200 mm e 96% maior em relação ao de 127 mm. Esses valores estão representados no gráfico 05.

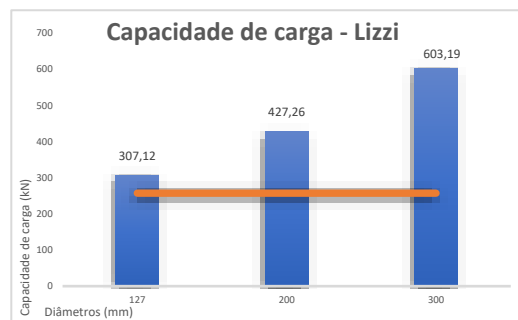


Gráfico 05 – Capacidade de carga utilizando o método de Lizzi.

Observando-se esses dados podemos inferir que a teoria de Lizzi é bastante sensível ao diâmetro, esse resultado é coerente com a fórmula 29, mostrada no Capítulo 2 dessa tese.

Outro ponto interessante a ser observado é o aumento da resistência lateral, como observado no gráfico 06, os valores obtidos para os diâmetros de 127 mm, 200 e 300 mm, foram respectivamente: 460,68 kN, 640,88 kN e 904,78 kN.

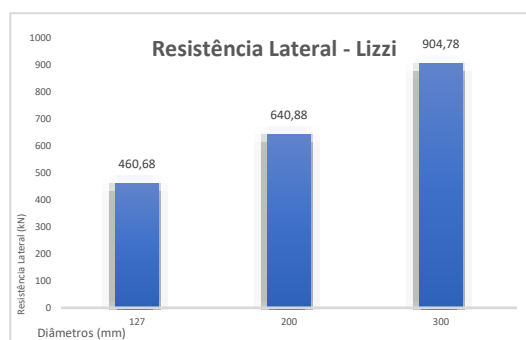


Gráfico 06 – Resistência lateral utilizando o método de Lizzi.

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de carga da raiz.

Por fim, comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que nos três casos simulados, que o valor da capacidade de carga foi maior que a tração máxima, sendo assim, a capacidade de carga da microestaca tensionada é satisfatória.

- Teoria de Littlejohn e Bruce:

No diâmetro de 127 mm, a capacidade de carga da raiz da microestaca é de 204,2 kN. Para o diâmetro de 200 mm foi encontrado o valor de 314,16 kN, ao fazer-se a comparação com o diâmetro anterior temos um aumento de 54% em relação ao anterior.

Já para o diâmetro de 300 mm foi obtido o valor de 471,24 kN, esse 50% maior do que o observado no de 200 mm e 131% maior em relação ao de 127 mm. Esses valores estão representados no gráfico 07.

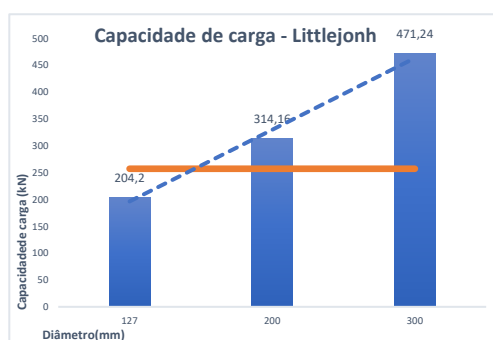


Gráfico 07 – Capacidade de carga utilizando o método de Littlejohn e Bruce.

Com esses dados podemos inferir que a teoria de Littlejohn e Bruce é bastante sensível ao diâmetro, esse resultado é coerente com as fórmulas 31 e 34, dependendo da situação, mostrada no Capítulo 2.

Outro ponto interessante a ser observado é o aumento da resistência lateral, como mostrado no gráfico 08. Os valores obtidos para os diâmetros de 127 mm, 200 e 300 mm, respectivamente foram: 306,31 kN, 471,24 kN e 706,86 kN.

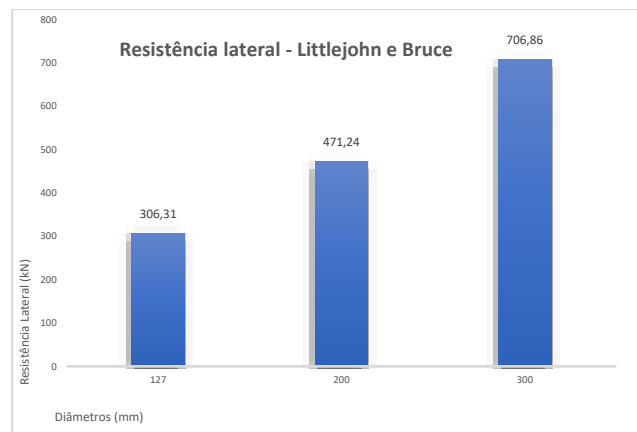


Gráfico 08 – Resistência lateral utilizando o método de Littlejohn e Bruce.

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de carga da raiz.

Por fim, comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que em dois dos três casos simulados, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima, ao traçar uma linha de tendência, pode ser identificado, a partir de qual diâmetro a capacidade de carga da microestaca tensionada é satisfatória.

Tomando como base a linha de tendência, pode-se criar uma equação, que represente o crescimento da capacidade de carga, dessa forma obteve-se que:  $y = 133,52x + 62,827$ , onde “y” é a capacidade de carga e “x” o diâmetro da raiz.

Substituindo “y” por 257,21 kN, o diâmetro mínimo foi de 145 mm.

- Teoria de Bowles:

No diâmetro de 127 mm, a capacidade de carga da raiz da microestaca é de 152,71 kN. Para o diâmetro de 200 mm foi encontrado o valor de 234,94 kN, ao fazer a comparação com o diâmetro anterior temos um aumento de 54% em relação ao anterior.

Já para o diâmetro de 300 mm foi obtido o valor de 352,41 kN, esse

50% maior do que o observado no de 200 mm e 131% maior, em relação ao de 127 mm. Esses valores estão representados no gráfico 09.

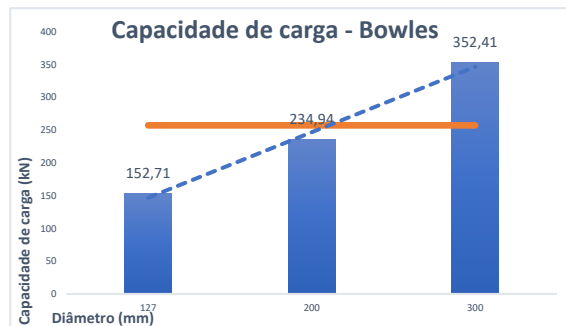


Gráfico 09 – Capacidade de carga utilizando o método de Bowles.

Com esses dados podemos inferir que a teoria de Bowles é bastante sensível ao diâmetro, esse resultado é coerente com a fórmula 42 mostrada no Capítulo 2.

Outro ponto interessante a ser observado é o aumento da resistência lateral, como se vê no gráfico 10. Os valores obtidos para os diâmetros de 127 mm, 200 e 300 mm, foram respectivamente: 229,07 kN, 352,41 kN e 528,41 kN.

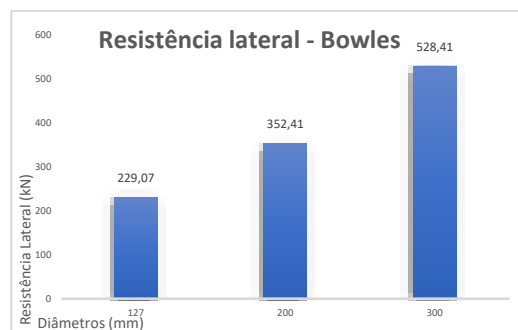


Gráfico 10 – Resistência lateral utilizando a teoria de Bowles

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de carga da raiz.

Por fim, comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que apenas um dos casos simulados, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima. Ao traçar-se

uma linha de tendência, é possível identificar, a partir de qual diâmetro, a capacidade de carga da microestaca tensionada é satisfatória.

Usando-se a linha de tendência pode se criar uma equação que represente o crescimento da capacidade de carga, dessa forma obteve-se que:  $y = 99,85x + 46,987$ , onde “y” é a capacidade de carga e “x” o diâmetro da raiz.

Substituindo “y” por 257,21 kN, chega-se o diâmetro mínimo de 211 mm.

- Teoria de Zweck:

No diâmetro de 127 mm, a capacidade de carga da raiz da microestaca é de 220,28 kN. Para o diâmetro de 200 mm foi encontrado o valor de 338,89 kN, ao fazer a comparação com o diâmetro anterior temos um aumento de 54% em relação ao anterior.

Já para o diâmetro de 300 mm foi obtido o valor de 508,34 kN, esse 50% maior do que o observado no de 200 mm e 131% maior em relação ao de 127 mm. Esses valores estão representados no gráfico 11.

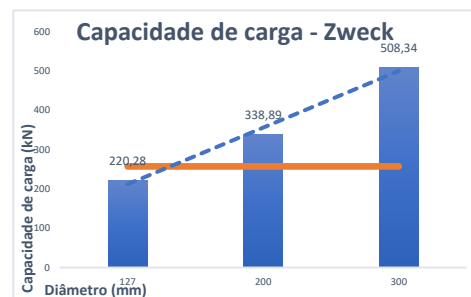


Gráfico 11 – Capacidade de carga utilizando o método de Zweck.

Com esses dados pode-se inferir que a teoria de Zweck é bastante sensível ao diâmetro. Esse resultado é coerente com a fórmula 41 mostrada no Capítulo 2.

Outro ponto a ser observado, é o aumento da resistência lateral, como mostrado no gráfico 12, os valores obtidos para os diâmetros de 127 mm, 200 e 300 mm, foram respectivamente: 330,42 kN, 508,34 kN e 762,51 kN.

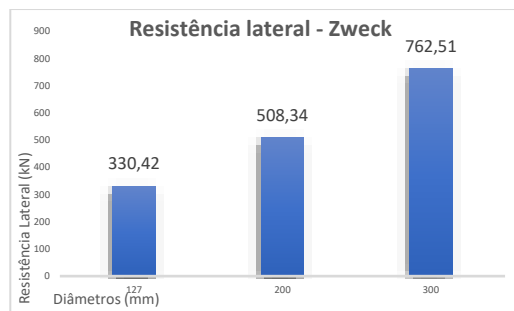


Gráfico 12 – Resistência lateral utilizando o método de Zweck.

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de carga da raiz.

Comparando os valores obtidos nas simulações, com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que em dois dos três casos simulados, a capacidade de carga foi maior, que a tração máxima, Ao traçar uma linha de tendência pode se identificar, a partir de qual diâmetro, a capacidade de carga da microestaca tencionada é satisfatória.

Utilizando a linha de tendência pode ser criada uma equação que represente o crescimento da capacidade de carga, dessa forma obtém-se que:  $y = 144,03x + 67,777$ , onde “y” é a capacidade de carga e “x” o diâmetro da raiz.

Substituindo “y” por 257,21 kN, chega-se ao diâmetro mínimo de 132 mm.

- Teoria de Véas-Souche:

No diâmetro de 127 mm, a capacidade de carga da raiz da microestaca é de 98,33 kN. Para o diâmetro de 200 mm foi encontrado o valor de 146,66 kN, ao fazer a comparação com o diâmetro anterior temos um aumento de 54% em relação ao anterior.

Já para o diâmetro de 300 mm foi obtido o valor de 219,99 kN, esse 50% maior do que o observado no de 200 mm e 131% maior em relação ao de 127 mm. Esses valores estão representados no gráfico 13.

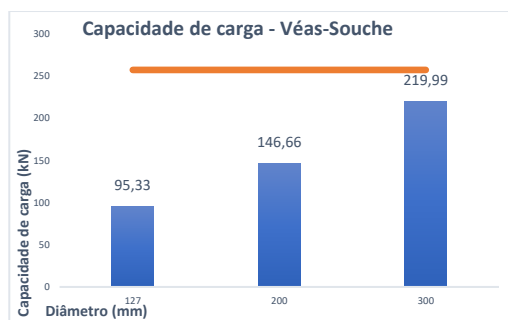


Gráfico 13 – Capacidade de carga utilizando o método de Véas-Souche.

Com esses dados podemos inferir que a teoria de Véas-Souche é bastante sensível ao diâmetro, esse resultado é coerente com a fórmula 43 mostrada no Capítulo 2 dessa monografia.

Outro ponto interessante é o aumento da resistência lateral, como observado no gráfico 14. Os valores obtidos para os diâmetros de 127 mm, 200 e 300 mm, foram respectivamente: 142,99 kN, 219,99 kN e 329,99 kN.

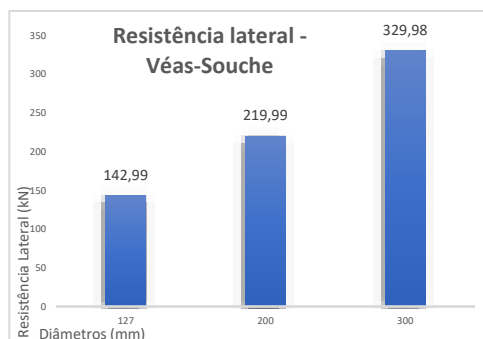


Gráfico 14 – Resistência lateral utilizando o método de Véas-Souche.

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de carga da raiz.

Comparando os valores obtidos nas simulações, com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que em nenhum dos casos simulados, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima, dessa maneira a capacidade de carga da microestaca tencionada não é satisfatória.

Foi escolhido não fazer uma extrapolação do resultado para obter o diâmetro que passaria na verificação, pois, segundo Elarabi e Abbas (2014)<sup>(19)</sup> e Nunes (2013)<sup>(33)</sup>, 300 mm é o diâmetro máximo em uma microestaca,

- Teoria da Raiz em Rocha:

No diâmetro de 127 mm, a capacidade de carga da raiz da microestaca é de 326,73 kN. Para o diâmetro de 200 mm foi encontrado o valor de 502,98 kN, ao fazer a comparação com o diâmetro anterior temos um aumento de 54% em relação ao anterior.

Já para o diâmetro de 300 mm foi obtido o valor de 753,98 kN, esse 50 % menor do que o observado no de 200 mm e 131 % em relação ao de 127 mm. Esses valores estão representados no gráfico 15.

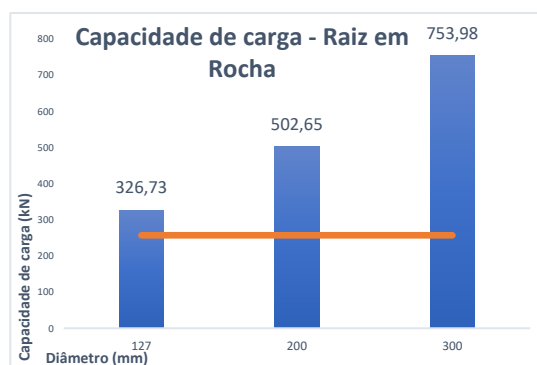


Gráfico 15 – Capacidade de carga utilizando o método da Raiz em Rocha.

Observando esses dados podemos concluir que a teoria da raiz em rocha é bastante sensível ao diâmetro, esse resultado é coerente com a fórmula 51 mostrada no Capítulo 2 desse trabalho.

Outro ponto a ser observado, é o aumento da resistência lateral, como observado no gráfico 16. Os valores obtidos para os diâmetros de 127 mm, 200 e 300 mm, foram respectivamente: 490,09 kN, 753,98 kN e 1130,97 kN.

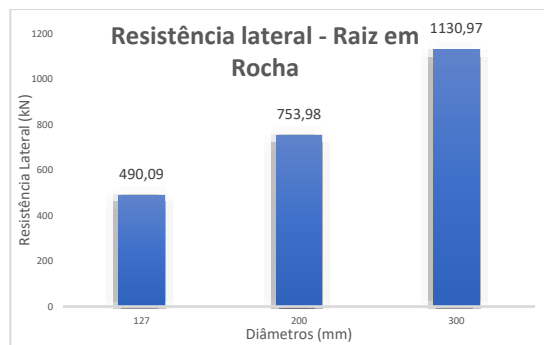


Gráfico 16 – Resistência lateral utilizando o método da Raiz em Rocha.

Esses valores crescem na mesma proporção, que a capacidade de carga da raiz.

Por fim, comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que nos três casos simulados, que o valor da capacidade de carga foi maior, que a tração máxima, sendo assim, a capacidade de carga da microestaca tensionada é satisfatória.

Contudo, devido as aproximações utilizadas para essa teoria funcionar com as constantes escolhidas, esses valores, possivelmente, não são uma boa reflexão da realidade.

- Teoria de Bustamante (SPT):

Para teoria de Bustamante foram realizadas verificações para dois tipos de injeções da argamassa, a IRS e IGU, ambos descritos na seção 2.4.3.2 desse trabalho.

Nessa teoria foram utilizados os valores de SPT descritos na seção 3.6 dessa monografia.

Para o caso de IRS, no diâmetro de 127 mm, a capacidade de carga da raiz da microestaca era de 937,49 kN. Para o diâmetro de 200 mm foi encontrado o valor de 1442,29 kN, ao fazer a comparação com o diâmetro

anterior verifica-se um aumento de 54% em relação ao anterior.

Já para o diâmetro de 300 mm foi obtido o valor de 2163,44 kN, 50 % maior do que o observado no de 200 mm e 131 % maior em relação ao de 127 mm. Esses valores estão representados no gráfico 17.

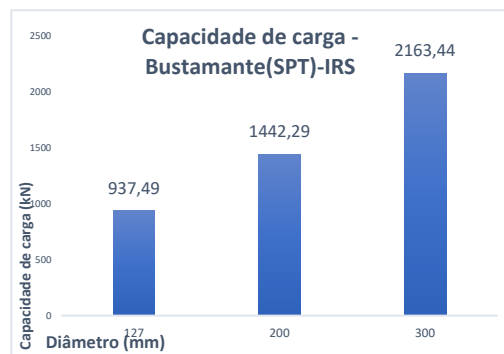


Gráfico 17 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (SPT) - IRS

Nessa teoria foram utilizados os valores de PMT descritos na seção 3.6 desse trabalho.

Para o caso de IGU, no diâmetro de 127 mm, a capacidade de carga da raiz da microestaca foi de 744,02 kN. Para o diâmetro de 200 mm foi encontrado o valor de 1144,65 kN, ao fazer-se a comparação com o diâmetro anterior tem-se um aumento de 54% em relação ao anterior.

Já para o diâmetro de 300 mm foi obtido o valor de 1716,97 kN, 50 % maior do que o observado no de 200 mm e 131% maior em relação ao de 127 mm. Esses valores estão representados no gráfico 18.

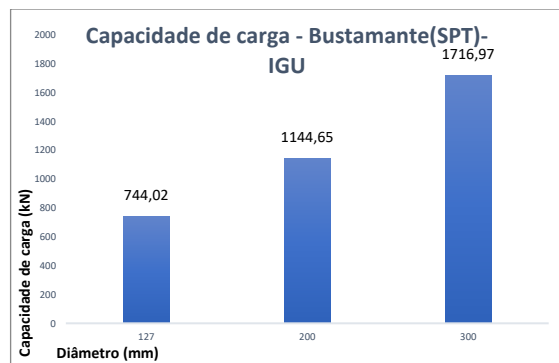


Gráfico 18 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (SPT) - IGU

Analizando-se esses dados, podemos inferir que a teoria de Bustamante (SPT) é bastante sensível ao diâmetro, tanto na IRS, quanto no IGU. Esses resultados são coerentes com a fórmula 52, mostrada no Capítulo 2.

Outro ponto interessante a ser observado, foi o aumento da resistência lateral em ambos os tipos de injeção, como observado nos gráficos 19 e 20. Os valores obtidos para os diâmetros de 127 mm, 200 e 300 mm, respectivamente foram no IRS: 1406,2 kN, 2163,4 kN e 3245,2 kN, e para IGU: 1116,03 kN, 1716,97 kN e 2575,5 kN.

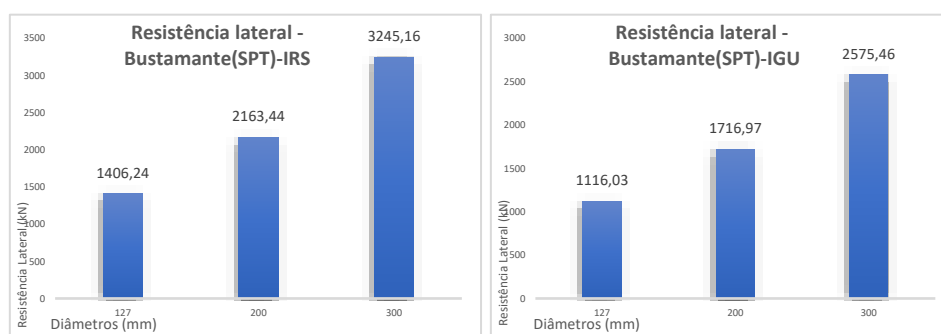


Gráfico 19 e 20 – Resistência Lateral utilizando o teoria de Bustamante (SPT) – IRS e IGU

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de carga da raiz.

Ao comparar-se os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que em todos os casos simulados, o valor da capacidade de carga foi maior que a tração máxima, sendo assim, a capacidade de carga da microestaca tencionada foi satisfatória.

Contudo, devido as aproximações utilizadas para essa teoria funcionar com as constantes escolhidas, esses valores possivelmente não são uma boa representação da realidade.

- Teoria de Bustamante (PMT):

Para teoria de Bustamante são realizadas verificações para dois tipos de injeções da argamassa, a IRS e a IGU, ambos os tipos de injeções estão descritos na seção 2.4.3.2 desse trabalho.

Nessa teoria utilizou-se os valores de PMT descritos na seção 3.6.

Para o caso de IRS, no diâmetro de 127 mm, a capacidade de carga da raiz da microestaca foi de 385,66 kN. Para o diâmetro de 200 mm foi encontrado o valor de 593,32 kN, ao fazer-se a comparação com o diâmetro anterior temos um aumento de 54% em relação ao anterior.

Já para o diâmetro de 300 mm foi obtido o valor de 889,99 kN, 50 % maior do que o observado no de 200 mm e 131 % maior em relação ao de 127 mm. Esses valores estão representados no gráfico 21.

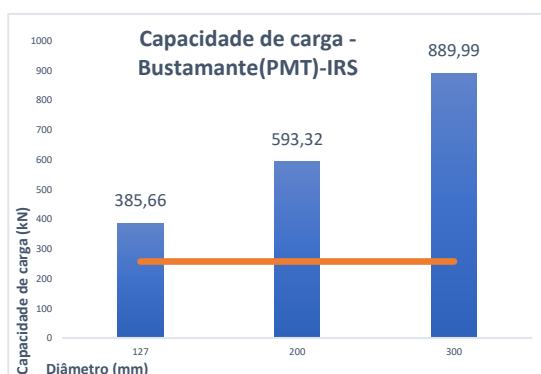


Gráfico 21 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (PMT) - IRS

Nessa teoria foram utilizados os valores de PMT descritos na seção 3.6 desse trabalho.

Para o caso de IGU, no diâmetro de 127 mm, a capacidade de carga da raiz da microestaca foi de 180,73 kN. Para o diâmetro de 200 mm foi encontrado o valor de 278,04 kN, ao fazer-se a comparação com o diâmetro anterior temos um aumento de 54% em relação ao anterior.

Já para o diâmetro de 300 mm foi obtido o valor de 417,06 kN, 50 % maior do que o observado no de 200 mm e 131 % maior em relação ao de 127 mm. Esses valores estão representados no gráfico 22.

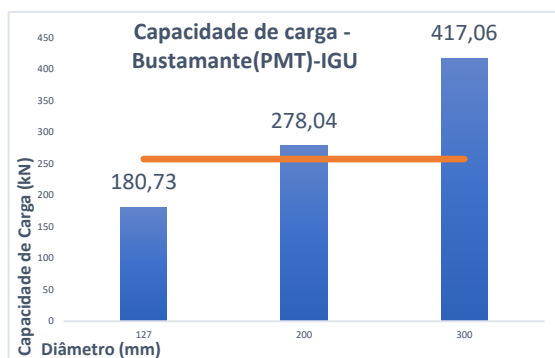


Gráfico 22 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (PMT) - IGU

Verificando esses dados, pode-se concluir que a teoria de Bustamante (SPT), é bastante sensível ao diâmetro, tanto na IRS, quanto no IGU, esse resultado é coerente com a fórmula 54 mostrada no Capítulo 2.

Outro ponto interessante a ser observado é o aumento da resistência lateral em ambos os tipos de injeção, como observado nos gráficos 23 e 24, os valores obtidos para os diâmetros de 127 mm, 200 e 300 mm, respectivamente foram para o IRS: 578,49 kN, 889,99 kN e 1334,98 kN, e para IGU: 271,09 kN, 417,06 kN e 625,06 kN.

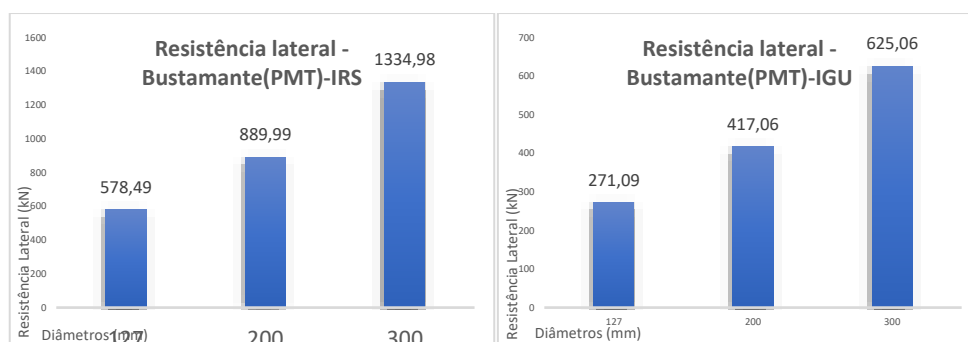


Gráfico 23 e 24 – Resistência Lateral utilizando a teoria de Bustamante (PMT) – IRS e IGU

Esses valores crescem na mesma proporção, que a capacidade de carga da raiz.

Ao comparar-se os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que apenas num dos casos simulados, o valor da capacidade de carga foi menor que a tração máxima, sendo assim, apenas no caso da aplicação da teoria de Bustamante (PMT) com injeção global unitária (IGU) no diâmetro de 127 mm, a capacidade de carga da microestaca tensionada não foi satisfatória.

Contudo, devido as aproximações utilizadas para essa teoria funcionar com as constantes escolhidas, esses valores possivelmente, não são um bom retrato da realidade.

- Visão geral:

Em relação a variações das teorias com a mudança de diâmetro, tivemos valores extremamente parecidos entre elas, com a exceção da teoria de Lizzi, que teve uma sensibilidade menor do que as demais (tabela 30).

Diâmetro (mm)	Variação (%)				
	Lizzi	Littlejohn	Bowles	Zweck	Véas-Souche
127 - 200	39%	54%	54%	54%	54%
200 - 300	41%	50%	50%	50%	50%
127 - 300	96%	131%	131%	131%	131%
	Raiz em Rocha	Bustamante (SPT) _ IRS	Bustamante (SPT) _ IGU	Bustamante (PMT) _ IRS	Bustamante (PMT) _ IGU
127 - 200	54%	54%	54%	54%	54%
200 - 300	50%	50%	50%	50%	50%
127 - 300	131%	131%	131%	131%	131%

Tabela 30 – Variação da capacidade de carga – visão geral.

É interessante notar que todas teorias, excluindo a teoria de Lizzi, tiveram uma maior sensibilidade à mudança nos diâmetros de 127 mm para 200 mm.

Uma hipótese que talvez possa explicar, a razão da teoria de Lizzi não ter a mesma sensibilidade das outras, seria o fator “*l*” (Coeficiente adimensional de forma, que depende do diâmetro nominal da estaca) presente na formulação para o cálculo da capacidade de carga, pois como mostrado na seção 2.6.3.4, só existem valores para esse fator em diâmetros de até 250 mm.

Para comparar-se os valores entre teorias, como citado em suas respectivas seções, foram excluídos os valores das teorias raiz em rocha, Bustamante (SPT) e Bustamante (PMT).

Dessa maneira foram obtidos os gráficos 25, 26 e 27:

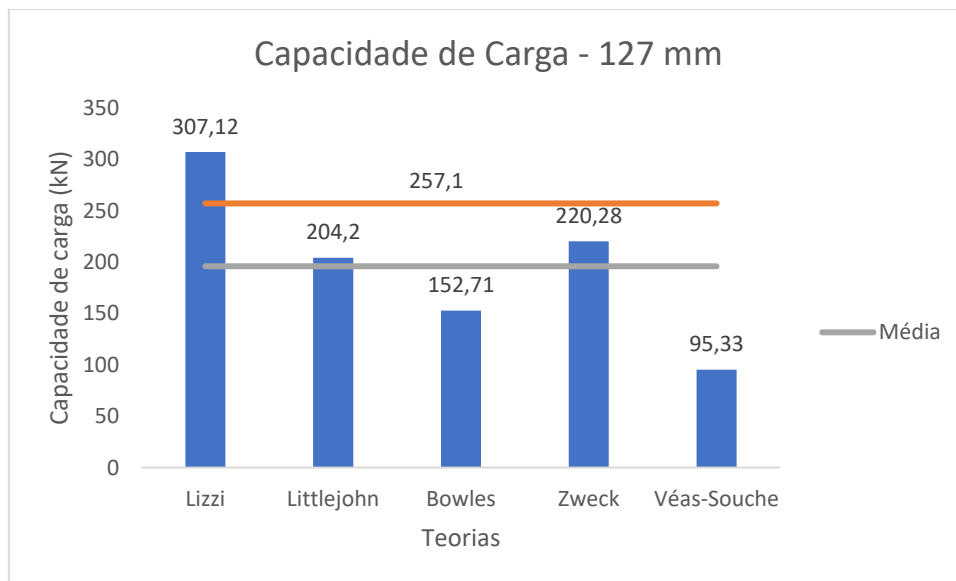


Gráfico 25 – Valores da capacidade de carga – diâmetro 127 mm.

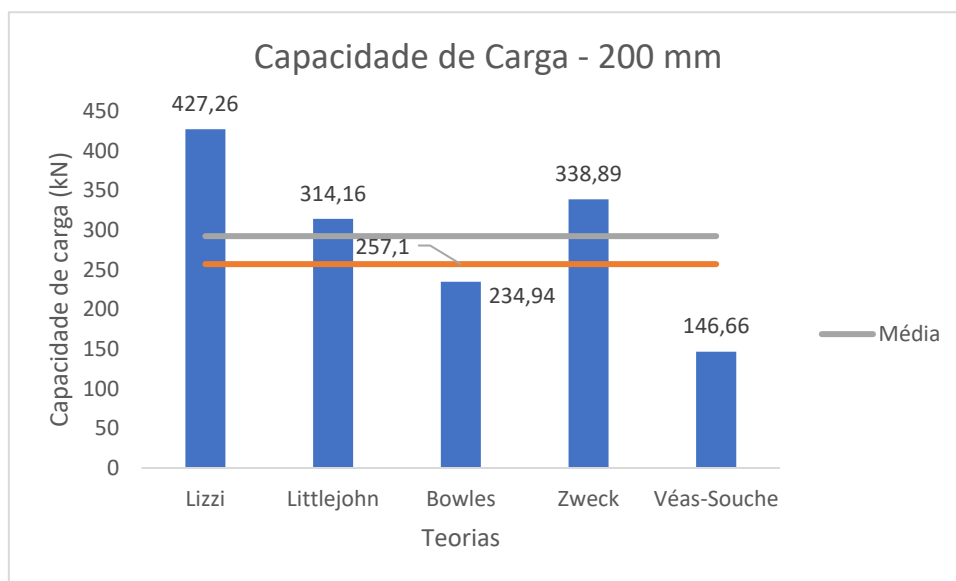


Gráfico 26 – Valores da capacidade de carga – diâmetro 200 mm.

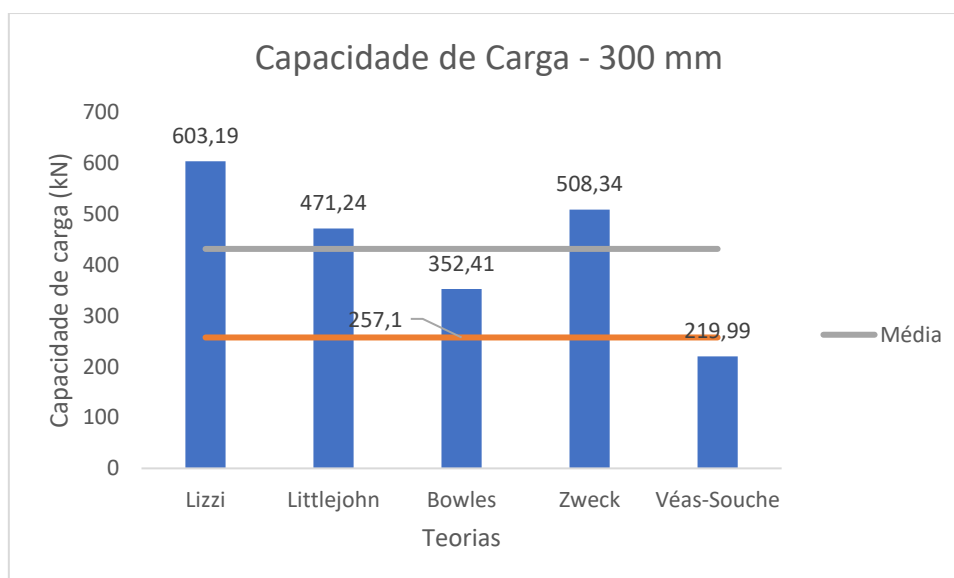


Gráfico 27 – Valores da capacidade de carga – diâmetro 300 mm.

Sobre os resultados encontrados nos gráficos 25,26 e 27, podemos perceber que possivelmente Véas-Souche e Lizzi, não são métodos recomendados para o tipo de simulação que foi utilizada, pois seus valores estão muito longe da força de tração máxima.

As três teorias restantes são falhas no diâmetro de 127 mm, pois em nenhuma, o valor da capacidade de carga conseguiu ser igual ou ultrapassar o valor da força de tração máxima.

O que mostra que para essas simulações, possivelmente, o diâmetro de 200 mm seja a melhor opção.

#### 4.2.2 Caso de estudo 6 – Comprimento da microestaca

Foram adotados valores constantes para as variáveis de solo, diâmetro e carga, dessa maneira apenas o efeito do comprimento iria interferir no resultado final.

Como foi mostrado na seção 3.1, utilizou-se os comprimentos de 13 m, 15 m e 17 m.

Após diversas simulações chegou-se aos resultados abaixo apresentados e descritos.

Os resultados serão apresentados, primeiramente, mostrando cada teoria e por fim uma visão geral de cada caso.

- Teoria de Lizzi:

No comprimento de 13 m, a capacidade de carga da raiz da microestaca foi de 370,29 kN. Para o comprimento de 15 m foi encontrado o valor de 427,26 kN, ao fazer a comparação com o comprimento anterior temos um aumento de 15%.

Já para o comprimento de 17 m foi obtido o valor de 484,22 kN, 13% maior do que o observado no de 15 m e 31% maior em relação ao de 13 m. Esses valores estão representados no gráfico 28.

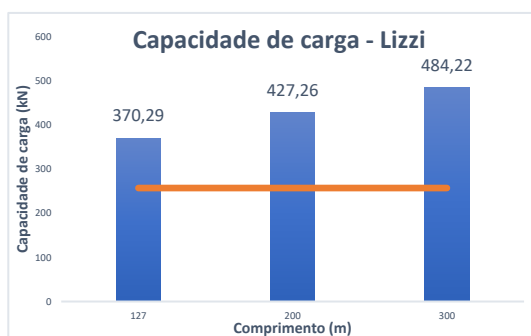


Gráfico 28 – Capacidade de carga utilizando o método de Lizzi (comprimento).

Observando esses dados podemos inferir que a teoria de Lizzi é bastante sensível ao comprimento, esse resultado foi coerente com a fórmula 29 mostrada no Capítulo 2 dessa tese.

É interessante observar o aumento da resistência lateral, como mostra no gráfico 29, os valores obtidos para os comprimentos de 13 m, 15 e 17 m, respectivamente foram: 55,43 kN, 640,88 kN e 726,26 kN.

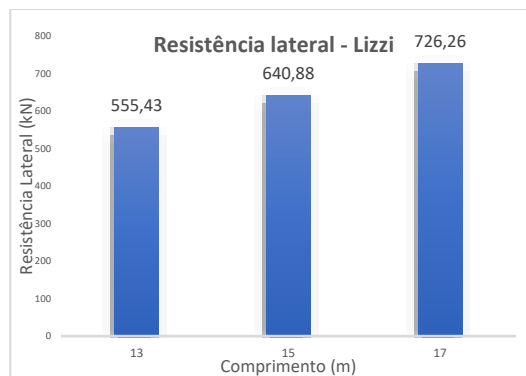


Gráfico 29 – Resistência lateral utilizando o método de Lizzi (comprimento).

Esses valores crescem na mesma proporção, que a capacidade de carga da raiz.

Comparando-se os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que nos três casos simulados, o valor da capacidade de carga foi maior que a tração máxima, sendo assim, a capacidade de carga da microestaca tencionada é satisfatória.

- Teoria de Littlejohn e Bruce:

No comprimento de 13 m, a capacidade de carga da raiz da microestaca foi de 272,27 kN. Para o comprimento de 15 m foi encontrado o valor de 314,16 kN, ao fazer a comparação com o comprimento anterior temos um aumento de 15%.

Já para o comprimento de 17 m foi obtido o valor de 356,05 kN, esse 13% maior do que o observado no de 15 m e 31% maior em relação ao de 13 m. Esses valores estão representados no gráfico 30.

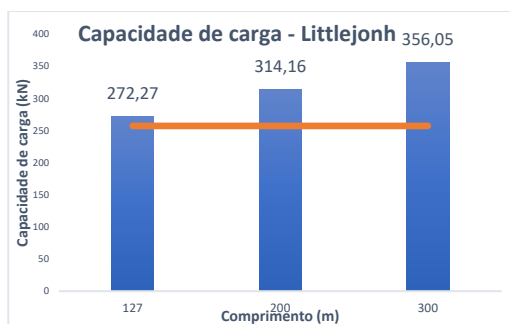


Gráfico 30 – Capacidade de carga utilizando o método de Littlejohn e Bruce.

Com esses dados podemos inferir que a teoria de Littlejohn e Bruce é bastante sensível ao comprimento e esse resultado é coerente com as fórmulas 31 ou 34, mostradas no Capítulo 2 dessa tese.

Outro ponto a ser observado foi o aumento da resistência lateral, como apresentado no gráfico 31. Os valores obtidos para os comprimentos de 13 m, 15 e 17 m foram respectivamente: 408,41 kN, 471,24 kN e 534,07 kN.

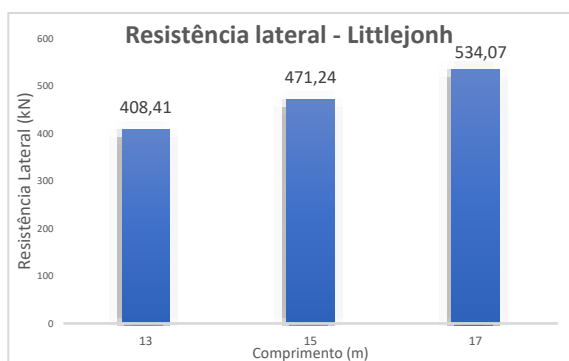


Gráfico 31 – Resistência lateral utilizando o método de Littlejohn e Bruce.

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de carga da raiz.

Por fim, comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que nos três casos simulados, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima, logo a capacidade de carga da microestaca tensionada é satisfatória.

- Teoria de Bowles:

No comprimento de 13 m, a capacidade de carga da raiz da microestaca é de 182,18 kN. Para o comprimento de 15 m foi encontrado o valor de 234,94 kN, ao fazer a comparação com o comprimento anterior temos um aumento de 29%.

Já para o comprimento de 17 m foi obtido o valor de 294,3 kN, 25% maior do que o observado no de 15 m e 62% maior em relação ao de 13 m. Esses valores estão representados no gráfico 32.

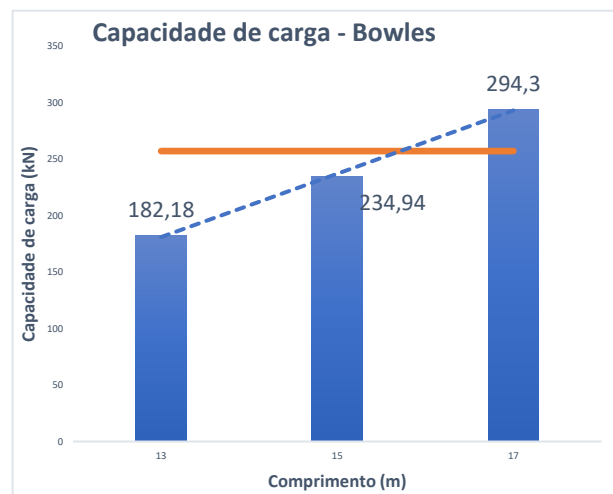


Gráfico 32 – Capacidade de carga utilizando o método de Bowles.

Com esses dados pode-se concluir que a teoria de Bowles é bastante sensível ao comprimento, esse resultado é coerente com a fórmula 42 mostrada no Capítulo 2.

Outro ponto a ser observado é o aumento da resistência lateral, como mostrado no gráfico 33. Os valores obtidos para os comprimentos de 13 m, 15 e 17 m, respectivamente foram: 273,28 kN, 352,41 kN e 441,44 kN.

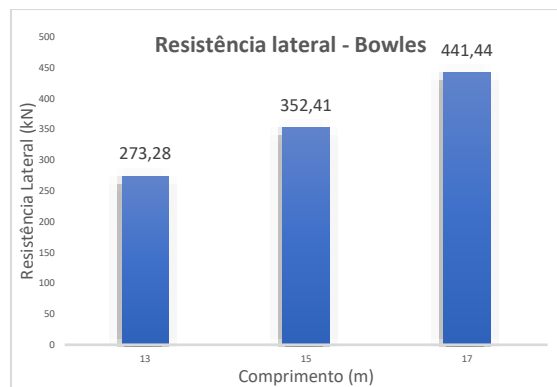


Gráfico 33 – Resistência lateral utilizando o teoria de Bowles

Esses valores crescem na mesma proporção, que a capacidade de carga da raiz.

Comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que apenas num dos casos simulados, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima, ao traçar uma linha de tendência, é possível identificar, a partir de qual comprimento a capacidade de carga da microestaca tensionada é satisfatória.

Utilizando a linha de tendência pode ser criado uma equação que represente o crescimento da capacidade de carga, dessa forma a obteve-se que:  $y = 26,38 - 160,76x$ , onde “y” é a capacidade de carga e “x” o comprimento da raiz.

Substituindo “y” por 257,21 kN, obtém-se o comprimento mínimo de 15,85 m.

- Teoria de Zweck:

No comprimento de 13 m, a capacidade de carga da raiz da microestaca foi de 262,79 kN. Para o comprimento de 15 m foi encontrado o valor de 338,89 kN, ao fazer a comparação com o comprimento anterior temos um aumento de 29%.

Já para o comprimento de 17 m foi obtido o valor de 424,51 kN, esse 25% maior do que o observado no de 15 m e 62% maior em relação ao de 13 m. Esses valores estão representados no gráfico 34.

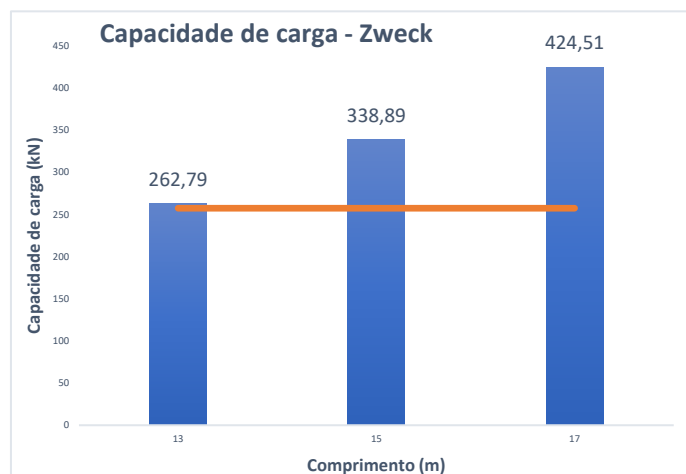


Gráfico 34 – Capacidade de carga utilizando o método de Zweck.

Com esses dados é possível inferir-se, que a teoria de Zweck é bastante sensível ao comprimento, esse resultado é coerente com a fórmula 41 mostrada no Capítulo 2 dessa monografia.

Outro ponto interessante a ser observado é o aumento da resistência lateral, observado no gráfico 35, os valores obtidos para os comprimentos de 13 m, 15 e 17 m, foram respectivamente: 394,19 kN, 508,34 kN e 636,76 kN.

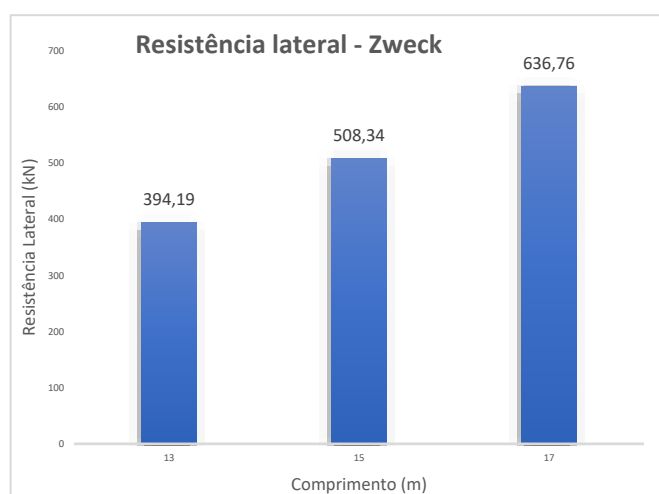


Gráfico 35 – Resistência lateral utilizando o método de Zweck.

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de carga da raiz.

Ao comparar-se os valores obtidos nas simulações, com a força de tração máxima de 257,21 kN, pode-se observar que nos três casos simulados, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima, logo a capacidade de carga da microestaca tencionada é satisfatória.

- Teoria de Véas-Souche:

No comprimento de 13 m, a capacidade de carga da raiz da microestaca é de 115,33 kN. Para o comprimento de 15 m foi encontrado o valor de 146,66 kN, ao fazer a comparação com o comprimento anterior temos um aumento de 27%.

Já para o comprimento de 17 m foi obtido o valor de 181,32 kN, esse 24% maior do que o observado no de 15 m e 57% maior em relação ao de 13 m. Esses valores estão representados no gráfico 36.

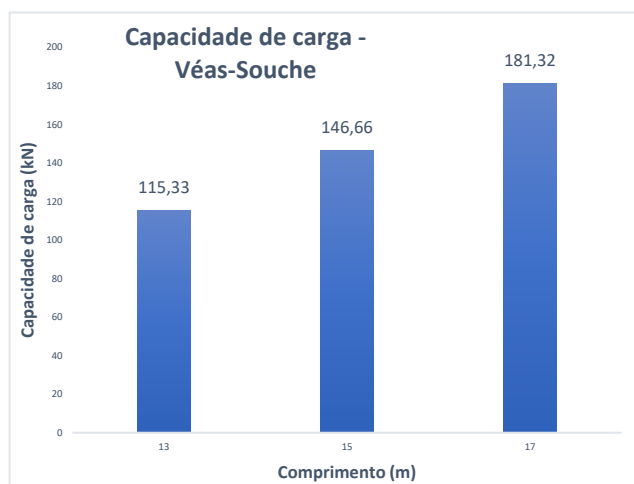


Gráfico 36 – Capacidade de carga utilizando o método de Véas-Souche.

Com esses dados pode-se afirmar que a teoria de Véas-Souche é bastante sensível ao comprimento, esse resultado é coerente com a fórmula 43 mostrada no Capítulo 2.

Outro ponto interessante é o aumento da resistência lateral, como observado no gráfico 37, os valores obtidos para os comprimentos de 13 m, 15 e 17 m, foram respectivamente: 173 kN, 219,99 kN e 271,98 kN.

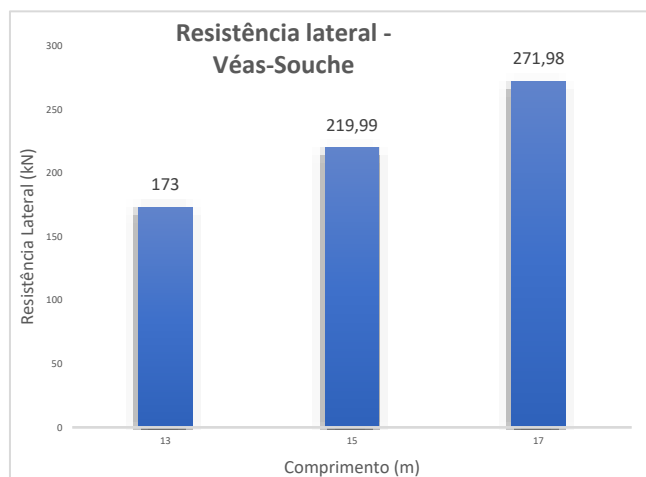


Gráfico 37 – Resistência lateral utilizando o método de Véas-Souche.

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de carga da raiz.

Comparando-se os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima de 257,21 kN, pode-se observar que em nenhum dos casos simulados, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima, dessa maneira, a capacidade de carga da microestaca tensionada não é satisfatória.

Utilizando-se a linha de tendência pode ser criado uma equação que represente o crescimento da capacidade de carga, dessa forma obteve-se que:  $y = 17.33x - 113,29$ , onde “y” é a capacidade de carga e “x” o comprimento da raiz.

Substituindo “y” por 257,21 kN, obtém-se o comprimento mínimo de 21,38 m.

- Teoria da Raiz em Rocha:

No comprimento de 13 m, a capacidade de carga da raiz da microestaca é de 435,63 kN. Para o comprimento de 15 m foi encontrado o valor de 502,98 kN, ao fazer a comparação com o comprimento anterior temos um aumento de 15%.

Já para o comprimento de 17 m foi obtido o valor de 569,68 kN, 13 % maior do que o observado no de 15 m e 31 % maior em relação ao de 13 m. Esses valores estão representados no gráfico 38.

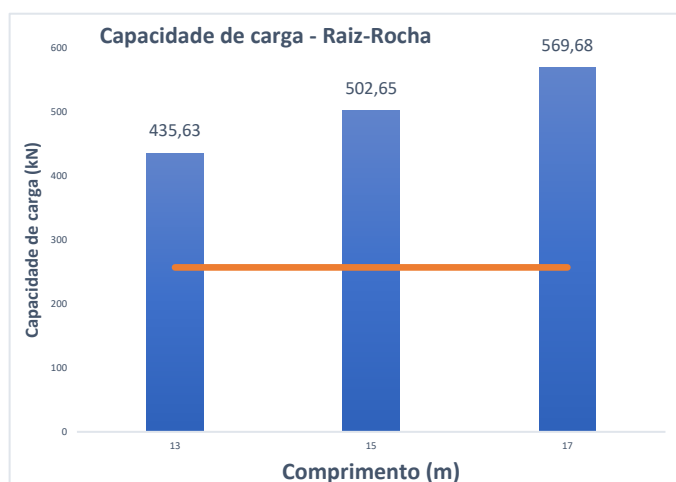


Gráfico 38 – Capacidade de carga utilizando o método da Raiz em Rocha.

Analizando-se esses dados, pode-se dizer, que a teoria da raiz em rocha é bastante sensível ao comprimento. Esse resultado é coerente com a fórmula 51 mostrada no Capítulo 2 dessa tese.

É interessante observar o aumento da resistência lateral, mostraqdo no gráfico 39. Os valores obtidos para os comprimentos de 13 m, 15 e 17 m, foram respetivamente: 653,45 kN, 753,98 kN e 854,51 kN.

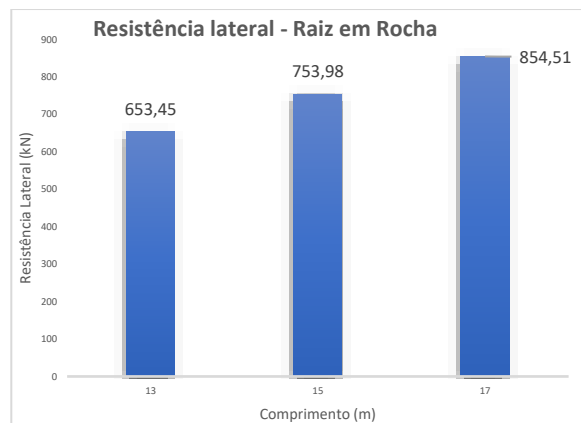


Gráfico 39 – Resistência lateral utilizando o método da Raiz em Rocha.

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de carga da raiz.

Por fim, comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que nos três casos simulados, o valor da capacidade de carga foi maior que a tração máxima, sendo assim, a capacidade de carga da microestaca tencionada é satisfatória.

Contudo, devido as aproximações utilizadas para essa teoria funcionar com as constantes escolhidas, esses valores, possivelmente, não reflitam a realidade.

- Teoria de Bustamante (SPT):

Para teoria de Bustamante foram realizadas verificações para dois tipos de injeções da argamassa, a IRS e IGU. Ambos os tipos de injeções estão descritos na seção 2.4.3.2.

Nessa teoria foram utilizados os valores de SPT descritos na seção 3.6.

Para o caso de IRS, no comprimento de 13 m, a capacidade de carga da raiz da microestaca era de 1339,44 kN. Para o comprimento de 15 m foi

encontrado o valor de 1442,29 kN, ao fazer-se a comparação com o comprimento anterior tivemos um aumento de 8% em relação ao anterior.

Já para o comprimento de 17 m foi obtido o valor de 1594,86 kN, esse 11 % maior do que o observado no de 15 m e 19 % maior em relação ao de 13 m. Esses valores estão representados no gráfico 40.

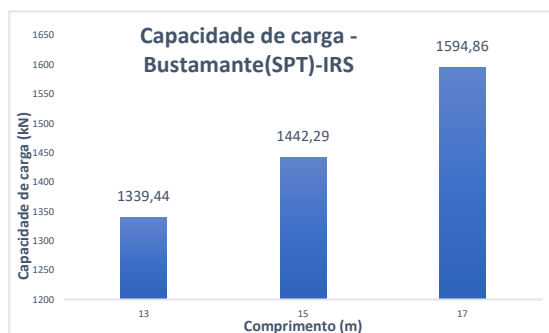


Gráfico 40 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (SPT) - IRS

Nessa teoria foram utilizados os valores do SPT descritos na seção 3.6.

Para o caso de IGU, no comprimento de 13 m, a capacidade de carga da raiz da microestaca é de 1057,45 kN. Para o comprimento de 15 m foi encontrado o valor de 1144,65 kN, ao fazer a comparação com o comprimento anterior temos um aumento de 8% em relação ao anterior.

Já para o comprimento de 17 m foi obtido o valor de 1268,93 kN, 11 % maior do que o observado no de 15 m e 19 % maior em relação ao de 13 m. Esses valores estão representados no gráfico 41.

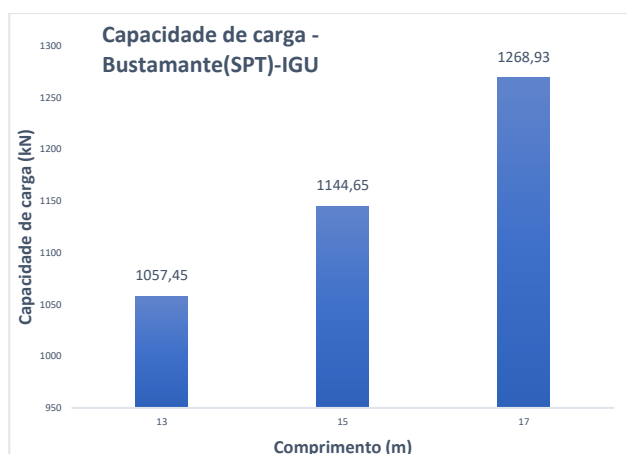


Gráfico 41 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (SPT) - IGU

Analisando esses dados pode-se concluir que a teoria de Bustamante (SPT) é bastante sensível ao comprimento, tanto na IRS, quanto no IGU, esse resultado é coerente com a fórmula 52 mostrada no Capítulo 2.

Outro ponto a ser observado é o aumento da resistência lateral em ambos os tipos de injeção, como observado nos gráficos 42 e 43, os valores obtidos para os comprimentos de 13 m, 15 e 17 m, foram respectivamente, no IRS: 2009,16 kN, 2163,4 kN e 2392,29 kN, e para o IGU: 1586,14 kN, 1716,97 kN e 1903,93 kN.

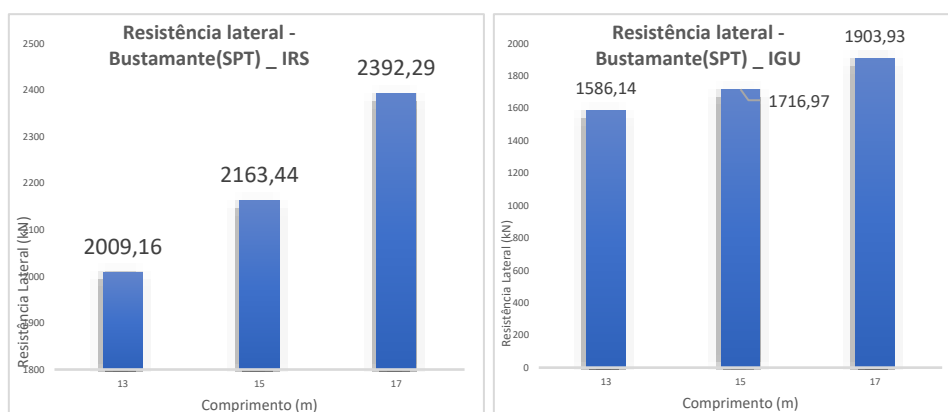


Gráfico 42 e 43 – Resistência Lateral utilizando a teoria de Bustamante (SPT) – IRS e IGU

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de

carga da raiz.

Comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que em todos os casos simulados, o valor da capacidade de carga foi maior que a tração máxima, sendo assim, a capacidade de carga da microestaca tencionada é satisfatória.

Contudo, devido as aproximações utilizadas para essa teoria funcionar com as constantes escolhidas, esses valores possivelmente não são uma boa representação da realidade.

- Teoria de Bustamante (PMT):

Para teoria de Bustamante foram realizadas verificações para dois tipos de injeções da argamassa, a IRS e IGU, ambos os tipos de injeções estão descritos na seção 2.4.3.2 desse trabalho.

Nessa teoria será utilizada os valores do PMT descritos na seção 3.6 desse trabalho.

Para o caso de IRS, no comprimento de 13 m, a capacidade de carga da raiz da microestaca é de 483,73 kN. Para o comprimento de 15 m foi encontrado o valor de 593,32 kN, ao fazer-se a comparação com o comprimento anterior teve-se um aumento de 23% em relação ao anterior.

Já para o comprimento de 17 m foi obtido o valor de 671,38 kN, esse 13 % maior do que o observado no de 15 m e 39 % maior em relação ao de 13 m. Esses valores estão representados no gráfico 44.

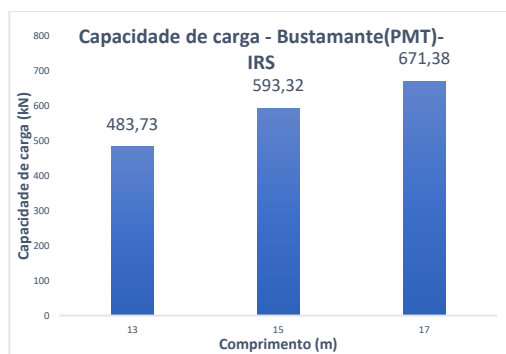


Gráfico 44 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (PMT) - IRS

Nessa teoria foram utilizados os valores do PMT descritos na seção 3.6 desse trabalho.

Para o caso de IGU, no comprimento de 13 m, a capacidade de carga da raiz da microestaca foi de 213,89 kN. Para o comprimento de 15 m foi encontrado o valor de 278,04 kN, ao fazer a comparação com o comprimento anterior houve um aumento de 30%.

Já para o comprimento de 17 m foi obtido o valor de 327,16 kN, esse 18 % maior do que o observado no de 15 m e 53 % maior em relação ao de 13 m. Esses valores estão representados no gráfico 45.

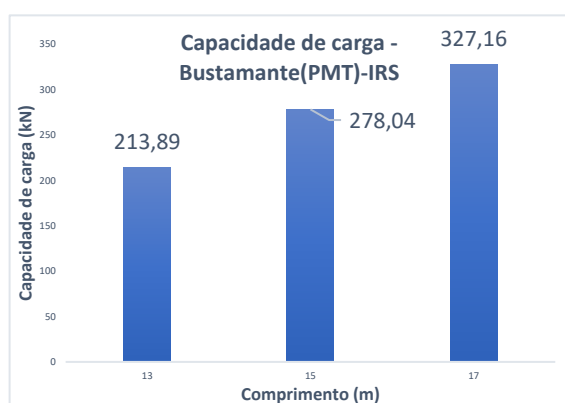


Gráfico 45 – Capacidade de carga utilizando a teoria de Bustamante (PMT) – IGU

Observando esses dados pode-se inferir que a teoria de Bustamante (SPT) é bastante sensível ao comprimento, tanto na IRS, quanto no IGU, esse resultado é coerente com a fórmula 54 mostrada no Capítulo 2 dessa monografia.

Outro ponto interessante é o aumento da resistência lateral em ambos os tipos de injeção, como observado nos gráficos 46 e 47, os valores obtidos para os comprimentos de 13 m, 15 e 17 m, foram respectivamente no IRS: 725,6 kN, 889,99 kN e 1007,07 kN, e para IGU: 320,84 kN, 417,06 kN e 490,73 kN.

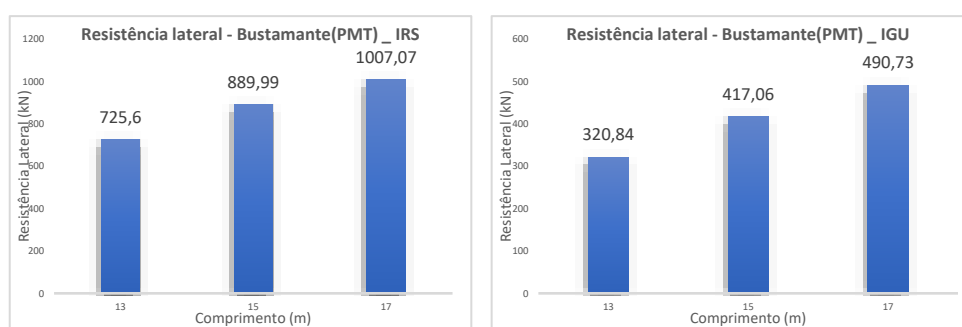


Gráfico 46 e 47 – Resistência Lateral utilizando a teoria de Bustamante (PMT) – IRS e IGU

Esses valores crescem na mesma proporção que a capacidade de carga da raiz.

Ao comparar-se os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que apenas um dos casos simulados, o valor da capacidade de carga foi menor que a tração máxima, sendo assim, apenas no caso da aplicação da teoria de Bustamante (PMT) com injeção global unitária (IGU) no comprimento de 13 m, a capacidade de carga da microestaca tensionada não é satisfatória.

Contudo, devido as aproximações utilizadas para essa teoria funcionar com as constantes escolhidas, esses valores possivelmente não são uma boa reflexão da realidade.

- Visão geral:

Em relação as variações dos valores de capacidade de carga em diferentes teorias, variando o comprimento, tivemos valores bem distintos, vide tabela 31:

Diâmetro (m)	Variação (%)				
	Lizzi	Littlejohn	Bowles	Zweck	Véas-Souche
13 - 15	15%	15%	29%	29%	27%
15 - 17	13%	13%	25%	25%	24%
13 - 17	31%	31%	62%	62%	57%
	Raiz em Rocha	Bustamante (SPT) _ IRS	Bustamante (SPT) _ IGU	Bustamante (PMT) _ IRS	Bustamante (PMT) _ IGU
13 - 15	15%	8%	8%	23%	30%
15 - 17	13%	11%	11%	13%	18%
13 - 17	31%	20%	20%	39%	53%

Tabela 31 – Porcentagens da variação da capacidade de carga – visão geral.

É interessante notar que em todas as teorias, há uma maior sensibilidade a mudança nos comprimentos de 13 m para 15 m, do que de 15m para 17m.

Com esse gráfico também pode-se identificar que Bowles, Zweck e Véas-Souche, são as teorias mais sensíveis às mudanças de comprimentos nas microestacas. Outro fator interessante a ser notado é que em Lizzi, em Littlejohn e Bruce e em raiz em rocha, os valores da variação da capacidade de carga, são iguais à variação do comprimento.

De forma geral, se comparar o quanto em percentagem equivale a variação do tamanho aumentado do comprimento, com as variações no tamanho do diâmetro, pode-se concluir que as duas variáveis, afetam de forma parecida os resultados, pois a variação na capacidade de carga tende a variar na mesma proporção que a mudança nas dimensões.

Observando a tabela 32, tanto no comprimento como no diâmetro, um

aumento de 5% nas dimensões, gerou um aumento igual nas cargas, no segundo teste, o aumento no comprimento gerou a variação na capacidade de carga em 4%, enquanto no diâmetro apenas 1%.

Observando os valores nas exterminadas, que foram simuladas, há uma variação de 9% nas dimensões e houve um aumento igual na capacidade de carga.

Varição do comprimento	Varição média das teorias	Varição do diâmetro	Varição média das teorias
15%	20%	57%	52%
13%	17%	50%	49%
31%	40%	136%	127%

Tabela 32 - Variação média das teorias

Para compararmos os valores entre teorias, como citado em suas respectivas seções, foram excluídos os valores das teorias raiz em rocha, Bustamente (SPT) e Bustamante (PMT).

Dessa maneira foram obtidos os gráficos 48, 49 e 50:

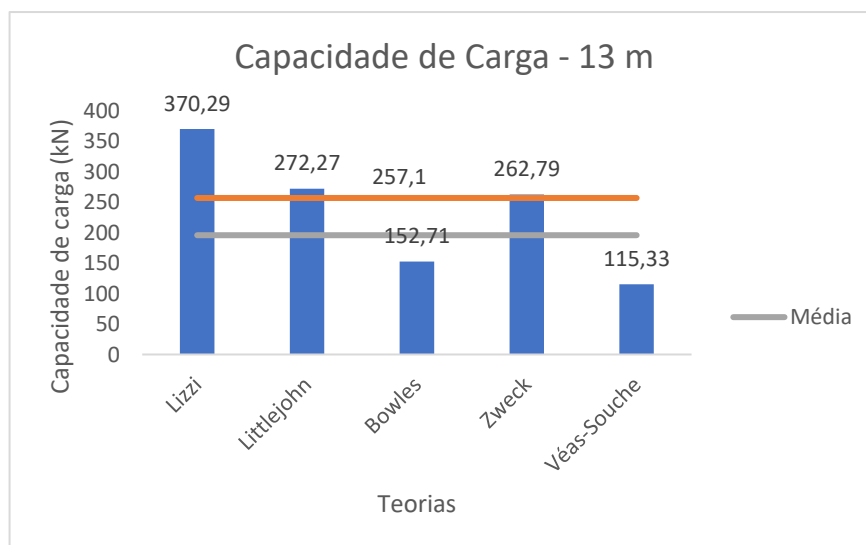


Gráfico 48 – Valores da capacidade de carga – comprimento 13 m.

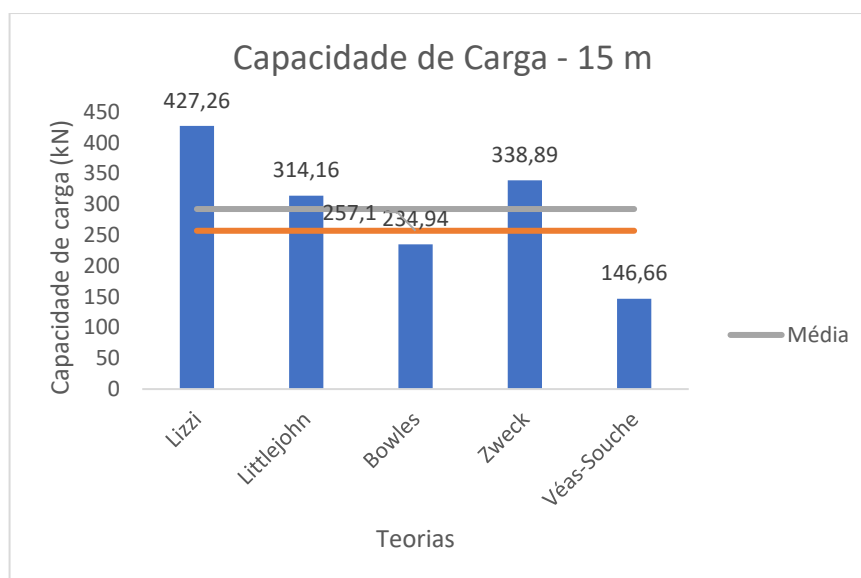


Gráfico 49 – Valores da capacidade de carga – comprimento 15 m

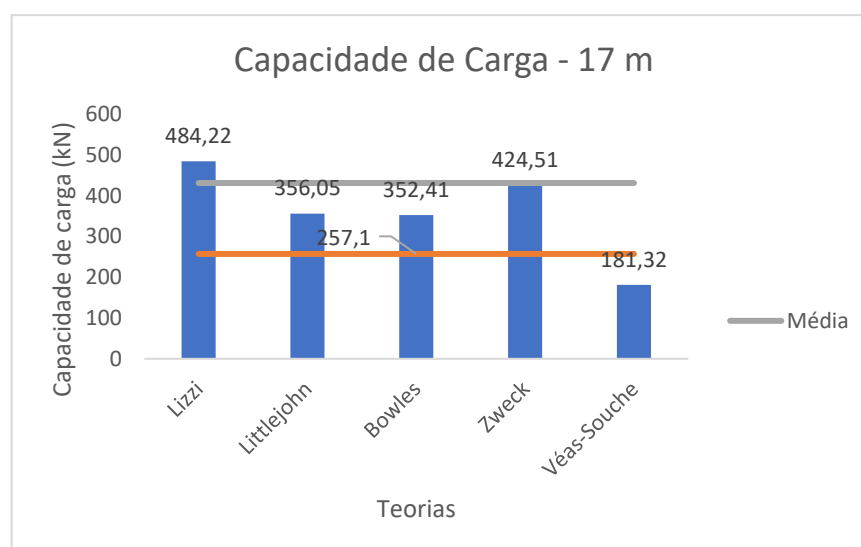


Gráfico 50 – Valores da capacidade de carga – comprimento 17 m

Sobre os resultados encontrados nos gráficos 48, 49 e 50, tem-se padrões parecidos com o do diâmetro, contudo, como o diâmetro simulado foi abaixo de 250 mm, a teoria de Lizzi volta a seguir o padrão das outras.

Pode-se perceber que possivelmente Véas-Souche não seja uma teoria recomendada para pequenos comprimentos, pois seus valores estão

muito abaixo em relação a tração média, contudo em comprimentos acima de 21 metros esse problema foi resolvido

Das três teorias restantes, apenas Bowles falha no comprimento de 13 m. As teorias de Littlejohn e Bruce e Zweck passam a não falhar como faziam no diâmetro.

Observando as simulações de uma forma geral, possivelmente, o comprimento de 15 metros seja a melhor opção.

#### 4.2.3 Caso de estudo 7 – Carga na microestaca

Foram adotados valores constantes para as variáveis de solo, diâmetro e comprimento, dessa maneira apenas o efeito da carga irá interferir no resultado final.

A tabela 33 representa a variação de acordo com as cargas:

Teorias	Carga (kN)	-82,06	-233,19	-257,213
	Lizzi	427,26	427,26	427,26
	Littlejohn	314,16	314,16	314,16
	Bowles	234,94	234,94	234,94
	Zweck	338,89	338,89	338,89
	Véas-Souche	146,66	146,66	146,66
	Raiz em Rocha	502,65	502,65	502,65
	Bustamante (SPT)_IRS	1442,29	1442,29	1442,29
	Bustamante (SPT)_IGU	1144,65	1144,65	1144,65
	Bustamante (PMT)_IRS	278,04	278,04	278,04
	Bustamante (PMT)_IGU	593,32	593,32	593,32

Tabela 33 - Variação de acordo com as cargas

Observando a tabela é possível afirmar que as metodologias não irão variar com a mudança de carga.

#### 4.2.4 Caso de estudo 8 – Ângulo de Atrito e Coesão

Para as variáveis de solo, coesão e Ângulo de atrito apresentadas na seção 3.1, foram feitas 550 simulações. Contudo, em apenas 2 teorias houve influência desses fatores nos resultados.

Foram adotados valores constantes para o comprimento e diâmetro, assim, apenas o efeito da coesão ou Ângulo de atrito variava para avaliar-se sua influência no resultado final.

- Teoria de Lizzi

Para todas as combinações foi obtido o valor da capacidade de carga igual à 427,26 kN, tabela 34

Coesão	Ângulo de atrito (°)				
	28	29	30	32	36
0	427,26	427,26	427,26	427,26	427,26
1	427,26	427,26	427,26	427,26	427,26
2	427,26	427,26	427,26	427,26	427,26
3	427,26	427,26	427,26	427,26	427,26
4	427,26	427,26	427,26	427,26	427,26
5	427,26	427,26	427,26	427,26	427,26
6	427,26	427,26	427,26	427,26	427,26
7	427,26	427,26	427,26	427,26	427,26
8	427,26	427,26	427,26	427,26	427,26
9	427,26	427,26	427,26	427,26	427,26
10	427,26	427,26	427,26	427,26	427,26

Tabela 34 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Lizzi

Dessa forma, pode-se dizer que os valores de coesão e Ângulo de atrito não interferem no resultado de carga, quando calculado pela teoria de Lizzi. Esse resultado é coerente com a fórmula 29 mostrada no Capítulo 2.

- Teoria de Littlejohn e Bruce

Para todas as combinações foi obtido o valor da capacidade de carga igual à 314,16 kN, tabela 35

Coesão	Ângulo de atrito (°)				
	28	29	30	32	36
0	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16
1	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16
2	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16
3	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16
4	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16
5	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16
6	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16
7	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16
8	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16
9	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16
10	314,16	314,16	314,16	314,16	314,16

Tabela 35 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Littlejohn e Bruce

Dessa forma, pode-se esperar, que os valores de coesão e Ângulo de atrito não interferem no resultado de carga, se calculado pela teoria de Littlejohn. Esse resultado é coerente com as fórmulas 31 ou 34, dependendo da situação, como mostra-se no Capítulo 2 desse trabalho.

Se comparar os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que nos cinquenta e cinco casos simulados, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima, logo a capacidade de carga da microestaca tencionada é satisfatória.

- Teoria de Bowles

Esse é o primeiro método a variar com a mudança no Ângulo de atrito e coesão, o resultado é coerente com a fórmula 42 mostrada no Capítulo 2.

Foram obtidos os seguintes resultados nas simulações, tabela 36

<i>Coesão</i>	<i>Ângulo de atrito (°)</i>				
	28	29	30	32	36
0	234,94	237,24	239,18	241,99	243,48
1	238,53	240,84	242,77	245,58	247,07
2	242,12	244,43	246,36	249,17	250,66
3	245,71	248,02	249,95	252,76	254,25
4	249,3	251,61	253,54	256,35	257,84
5	252,89	255,2	257,13	259,94	261,43
6	256,48	258,79	260,72	263,53	265,03
7	260,08	262,38	264,32	267,12	268,62
8	263,67	265,97	267,91	270,71	272,21
9	267,26	269,56	271,5	274,3	275,8
10	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32

Tabela 36 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Bowles

Assim obtemos a tabela 37, essa contém o valor, em porcentagem, de todas as interações feitas:

		Variação (%)				
Coesão		28	28 -29	29-30	30-32	32-36
	0	-	1%	1%	1%	1%
	1	-	1%	1%	1%	1%
	2	-	1%	1%	1%	1%
	3	-	1%	1%	1%	1%
	4	-	1%	1%	1%	1%
	5	-	1%	1%	1%	1%
	6	-	1%	1%	1%	1%
	7	-	1%	1%	1%	1%
	8	-	1%	1%	1%	1%
	9	-	1%	1%	1%	1%
	10	-	1%	1%	1%	1%
		Ângulo de atrito				
Variação (%)		28	29	30	32	36
	0	-	-	-	-	-
	0 - 1	1%	1%	1%	1%	1%
	1 - 2	1%	1%	1%	1%	1%
	2 - 3	1%	1%	1%	1%	1%
	3 - 4	1%	1%	1%	1%	1%
	4 - 5	1%	1%	1%	1%	1%
	5 - 6	1%	1%	1%	1%	1%
	6 - 7	1%	1%	1%	1%	1%
	7 - 8	1%	1%	1%	1%	1%
	8 - 9	1%	1%	1%	1%	1%
	9 - 10	1%	1%	1%	1%	1%

Tabela 37 – Porcentagem da variação (Ângulo de atrito e coesão) - Bowles

Analisando esses dados pode-se concluir que a teoria de Bowles é pouco sensível, tanto ao Ângulo de atrito, quanto à coesão, esse resultado é coerente com a formula 42 mostrada no Capítulo 2.

Ao final, comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que nos cinquenta e cinco casos simulados, em 27 casos, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima, logo a capacidade de carga da microestaca tencionada é satisfatória.

Esse resultado sempre aconteceu em simulações com o solo, com

peelo menos 7 de coesão (gráfico 51) e em solos com coesão acima de 4 (gráfico 52), que apresentam uma combinação específica com o Ângulo de atrito interno, vide gráficos:

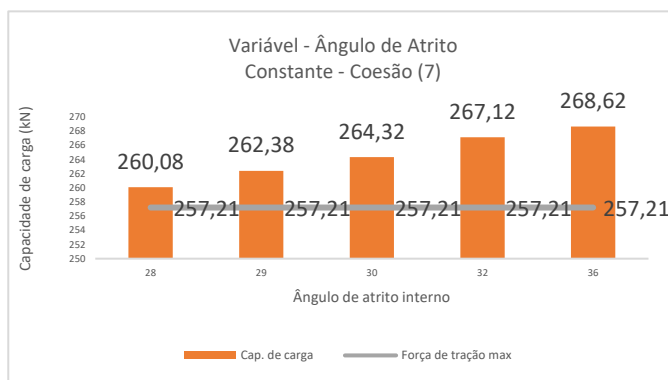


Gráfico 51 – Valores da capacidade de carga, coesão constante (7)

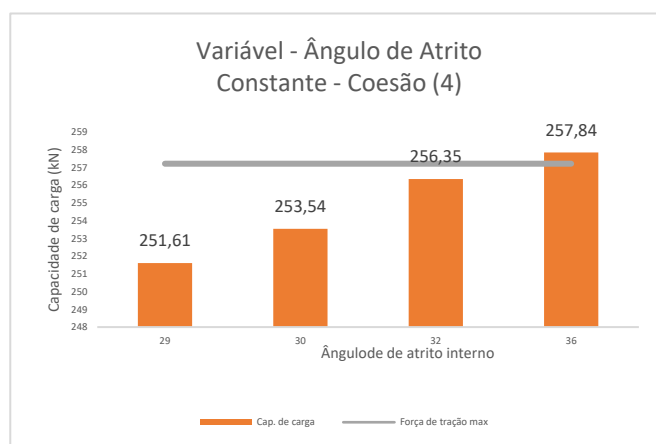


Gráfico 52 – Valores da capacidade de carga, coesão constante (4)

- Teoria de Zweck

Para todas as combinações foi obtido o valor da capacidade de carga igual à 338,89 kN, tabela 38

Coesão	Ângulo de atrito (°)				
	28	29	30	32	36
0	338,89	338,89	338,89	338,89	338,89
1	338,89	338,89	338,89	338,89	338,89
2	338,89	338,89	338,89	338,89	338,89
3	338,89	338,89	338,89	338,89	338,89
4	338,89	338,89	338,89	338,89	338,89
5	338,89	338,89	338,89	338,89	338,89
6	338,89	338,89	338,89	338,89	338,89
7	338,89	338,89	338,89	338,89	338,89
8	338,89	338,89	338,89	338,89	338,89
9	338,89	338,89	338,89	338,89	338,89
10	338,89	338,89	338,89	338,89	338,89

Tabela 38 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Zweck

Dessa forma, pode-se concluir que os valores de coesão e Ângulo de atrito não interferem no resultado de carga, quando calculado pela teoria de Zweck, esse resultado é coerente com a formula 41 mostrada no Capítulo 2 dessa tese.

Comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que os cinquenta e cinco casos simulados, a capacidade de carga foi maior, que a tração máxima, logo a capacidade de carga da microestaca tencionada é satisfatória.

- Teoria de Véas-Souche

Essa é a segunda teoria a variar a capacidade de carga com a mudança do Ângulo de atrito e da coesão, o resultado é coerente com a fórmula 43 mostrada no Capítulo 2.

Foram obtidos os seguintes resultados nas simulações, tabela 39:

<i>Coesão</i>	<i>Ângulo de atrito (°)</i>				
	28	29	30	32	36
0	146,66	148,99	151,15	154,92	160,37
1	150,85	153,18	155,34	159,11	164,56
2	155,04	157,37	159,52	163,29	168,75
3	159,22	161,56	163,71	167,48	172,94
4	163,41	165,75	167,9	171,67	177,12
5	167,6	169,94	172,09	175,86	181,31
6	171,79	174,13	176,28	180,05	185,5
7	175,98	178,31	180,47	184,24	189,69
8	182,17	182,5	184,66	188,43	193,88
9	184,36	186,69	188,85	192,62	198,07
10	188,55	190,88	193,03	196,8	202,26

Tabela 39 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Véas-Souche

Assim obteve-se a tabela 40, essa contém o valor, em percentagem, de todas as interações feitas:

		Variação (%)				
		28	28 -29	29-30	30-32	32-36
<i>Coesão</i>						
	0	-	2%	1%	2%	4%
	1	-	3%	3%	3%	3%
	2	-	3%	3%	3%	3%
	3	-	3%	3%	3%	2%
	4	-	3%	3%	3%	2%
	5	-	2%	2%	2%	2%
	6	-	2%	2%	2%	2%
	7	-	2%	2%	2%	2%
	8	-	2%	2%	2%	2%
	9	-	2%	2%	2%	2%
	10	-	2%	2%	2%	2%
		Ângulo de atrito				
<i>Variação (%)</i>		28	29	30	32	36
	0	-	-	-	-	-
	0 - 1	3%	2%	1%	2%	3%
	1 - 2	3%	2%	1%	2%	3%
	2 - 3	3%	2%	1%	2%	3%
	3 - 4	3%	1%	1%	2%	3%
	4 - 5	3%	1%	1%	2%	3%
	5 - 6	2%	2%	2%	2%	2%
	6 - 7	2%	1%	1%	2%	3%
	7 - 8	4%	1%	1%	2%	3%
	8 - 9	1%	1%	1%	2%	3%
	9 - 10	2%	1%	1%	2%	3%

Tabela 40 – Variações de Ângulo de atrito e coesão – Teoria de Véas-Souche.

Analisando esses dados podemos inferir que a teoria de Véas-Souche é pouco sensível tanto ao Ângulo de atrito como à coesão, esse resultado é coerente com a fórmula 43 mostrada no Capítulo 2.

Comparando-se os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que os cinquenta e cinco casos simulados, a capacidade de carga foi menor que a tração máxima, logo a capacidade de carga da microestaca tensionada não é satisfatória.

- Teoria da raiz em rocha

Para todas as combinações foi obtido o valor da capacidade de carga igual à 502,65 kN, tabela 41

Coesão	Ângulo de atrito (°)				
	28	29	30	32	36
0	502,65	502,65	502,65	502,65	502,65
1	502,65	502,65	502,65	502,65	502,65
2	502,65	502,65	502,65	502,65	502,65
3	502,65	502,65	502,65	502,65	502,65
4	502,65	502,65	502,65	502,65	502,65
5	502,65	502,65	502,65	502,65	502,65
6	502,65	502,65	502,65	502,65	502,65
7	502,65	502,65	502,65	502,65	502,65
8	502,65	502,65	502,65	502,65	502,65
9	502,65	502,65	502,65	502,65	502,65
10	502,65	502,65	502,65	502,65	502,65

Tabela 41 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - raiz em rocha

Dessa forma, podemos inferir que os valores de coesão e Ângulo de atrito não interferem no resultado de carga calculado pela teoria da raiz em rocha, esse resultado é coerente com a fórmula 51 mostrada no Capítulo 2.

Comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que os cinquenta e cinco casos simulados, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima, logo a capacidade de carga da microestaca tencionada é satisfatória.

- Teoria de Bustamante (SPT)

Para todas as combinações foram obtidos os valores da capacidade de carga iguais à 1144,65 kN no IGU e 1442,29 para IRS, tabela 42 e 43:

Coesão	Ângulo de atrito (°)				
	28	29	30	32	36
0	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65
1	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65
2	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65
3	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65
4	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65
5	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65
6	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65
7	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65
8	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65
9	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65
10	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65	1144,65

Tabela 42 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Bustamante(SPT)\_IRS

Coesão	Ângulo de atrito (°)				
	28	29	30	32	36
0	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29
1	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29
2	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29
3	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29
4	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29
5	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29
6	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29
7	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29
8	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29
9	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29
10	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29	1442,29

Tabela 43 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Bustamante(SPT)\_IGU

Dessa forma, pode-se verificar, que os valores de coesão e Ângulo de atrito, não interferem no resultado de carga calculado pela teoria de Bustamante (SPT), esse resultado é coerente com a formula 52 mostrada no Capítulo 2.

Finalmente, comparando-se os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que, nos cento e dez casos simulados, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima, logo a capacidade de carga da microestaca tencionada é satisfatória.

- *Teoria de Bustamante (PMT)*

Para todas as combinações foram obtidos valores da capacidade de carga iguais à 278,04 kN no IGU e 593,32 para IRS, tabela 44 e 45:

Coesão	Ângulo de atrito (°)				
	28	29	30	32	36
0	278,04	278,04	278,04	278,04	278,04
1	278,04	278,04	278,04	278,04	278,04
2	278,04	278,04	278,04	278,04	278,04
3	278,04	278,04	278,04	278,04	278,04
4	278,04	278,04	278,04	278,04	278,04
5	278,04	278,04	278,04	278,04	278,04
6	278,04	278,04	278,04	278,04	278,04
7	278,04	278,04	278,04	278,04	278,04
8	278,04	278,04	278,04	278,04	278,04
9	278,04	278,04	278,04	278,04	278,04
10	278,04	278,04	278,04	278,04	278,04

Tabela 44 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Bustamante(PMT)\_IRS

Coesão	Ângulo de atrito (°)				
	28	29	30	32	36
0	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32
1	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32
2	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32
3	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32
4	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32
5	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32
6	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32
7	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32
8	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32
9	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32
10	593,32	593,32	593,32	593,32	593,32

Tabela 45 – Valores da capacidade de carga (Ângulo de atrito e coesão) - Bustamante(PMT)\_IGU

Dessa forma, podemos concluir que os valores de coesão e Ângulo de atrito não interferem no resultado de carga, ao calcular-se pela teoria de Bustamante (PMT), esse resultado é coerente com a formula 54 mostrada no Capítulo 2 dessa tese.

Ao final, comparando os valores obtidos nas simulações com a força de tração máxima 257,21 kN, pode-se observar que nos 110 casos simulados, a capacidade de carga foi maior que a tração máxima, logo a capacidade de carga da microestaca tencionada é satisfatória.

- *Visão geral.*

Apenas Bowles e Véas são sensíveis à variação do Ângulo de atrito interno ou coesão, contudo as variações são em média 1% e 3%, respetivamente.

Dessa forma, podemos supor que a sensibilidade das metodologias ao mudar a geometria do microestaca são significativamente maiores que os resultados que variáveis do solo provocaram.

## 5 CONCLUSÕES

**A análise dos dados apresentados e discutidos no capítulo anterior, talvez permita as seguintes conclusões:**

- 1) As três teorias para a verificação da secção, podem ser tratadas juntas, pois tanto Euler, Salar e Véas-Souche obtiveram os mesmos valores de tensão no aço.
- 2) Foi verificado que quanto maior o diâmetro e menor a carga, a tensão no aço diminuirá.
- 3) As teorias tiveram um grau de sensibilidade maior ao diâmetro do que a carga.
- 4) Quanto aos fatores comprimento, coesão e Ângulo de atrito, foi verificado que eles não afetam os resultados das simulações.

**Analisando-se os resultados provenientes da verificação da raiz, conclui-se que:**

- 5) Olhando-se para a variação do diâmetro, observou-se um comportamento padrão entre as teorias, sendo seu crescimento igual em todas, com exceção da teoria de Lizzi, pois como o último teste foi em um diâmetro de 300 mm, possivelmente houve uma distorção no resultado, pois observando Lizzi (1982)<sup>(26)</sup>, o coeficiente adimensional de forma, depende do diâmetro nominal da estaca e esse não pode ser superior a 250 mm.
- 6) Para a variação de comprimento, foi observado uma maior dispersão dos resultados. Apesar de todas as teorias serem bastante sensíveis, elas não seguiram um padrão igual ao diâmetro, isso talvez tenha ocorrido pelas fórmulas utilizadas para o cálculo.
- 7) Se compararmos as médias entre as variações do diâmetro e do comprimento, verifica-se que o comprimento é um pouco mais sensível, em cerca de 4% de diferença entre eles.

8) Nesse aspecto, pode-se observar que em Bowles, Zweck e Véas-Souche foram encontradas as maiores variações, assim, possivelmente, são as teorias mais sensíveis à modificação do comprimento.

9) Observando-se as cargas, não houve a variação entre os valores obtidos nas três cargas testadas.

10) Verificando-se os valores das simulações obtidas com a variação da coesão e do Ângulo de atrito, concluiu-se que apenas na teoria de Bowles e Véas-Souche ocorreu variação média nos resultados, de 1% para Bowles e 3% em Véas-Souche,

11) Após a análise desses dados, pode-se supor que a sensibilidade das teorias, é muito maior ao compararmos as variações provenientes da geometria da microestaca. Esses valores são significativamente maiores que os resultados vistos nas variáveis do solo.

12) Fazendo-se uma comparação entre as teorias, observando as verificações, possivelmente pode-se concluir, que os métodos de Bowles e Véas-Souche, são os que sofrem mais variações nos seus resultados, sendo eles sensíveis em praticamente todos os parâmetros testados. Contudo, observando-se os valores de capacidade de carga, em nenhuma simulação a teoria de Véas-Souche conseguiu um resultado satisfatório, pois ao compararmos às outras teorias, podemos dizer que talvez seus valores sejam sub-dimensionados, para o caso dessas simulações.

13) Nas teorias de Bustamnte (SPT), Bustamante (PMT) e raiz em rocha, seus resultados foram desconsiderados para comparação entre as teorias, pois foi necessário um grande número de aproximações, assim seus valores acabaram não refletindo tão bem a realidade.

Finalmente, recomenda-se para estudos futuros as análises das verificações de seção e da raiz, em grupos de microestacas, o próprio programa permite no seu software trabalhar com isso Dessa forma, seria interessante a comparação entre microestacas isoladas e em grupos. Além

disso, fazer simulações com mais de um tipo de solo, para verificar como essa variável iria influenciar nos resultados.

## 6 REFERÊNCIAS

1. ABNT, NBR. 6502 (1995). Terminologia para Solos e Rochas. ABNT, São Paulo.
2. ABNT, NBR. 6122 (1996). Projeto e execução de fundações. ABNT, São Paulo
3. AMANN, K.A.P. (2000). Avaliação Crítica dos Métodos Semi-Empíricos de Estimativa da Carga de Ruptura, Aplicados a Estacas Raiz. Dissertação de Mestrado. São Paulo - SP, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2000. 230p.
4. ANGELIM, Renato Resende. Desempenho de ensaios pressiométricos em aterros compactados de barragens de terra na estimativa de parâmetros geotécnicos. 2011.
5. ANTUNES, Telmo Ricardo Sousa. REABILITAÇÃO DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIOS ANTIGOS COM MICROESTACAS. 2012. 146 p. Tese (Mestrado) - INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO, Lisboa, 2012.
6. BENMOKRANE, B. (1986). Contribution à l'étude do comportement à l'arrachement et au fluage des ancrages actifs injectés dans la roche. Thèse de doctorat (Ph.D.), Université de Sherbrooke, Québec, Canadá, p. 311.
7. BOWLES, Joseph E. FOUNDATION ANALYSIS AND DESIGN. 5°. ed. Singapore: The McGraw-Hill Companies, Inc., 1996. 1164 p. ISBN 0-07-118844-4.
8. BRITO, Jorge de. MICRO-ESTACAS. 1999. 32 p. Tese (Mestrado) - INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO, Lisboa, 1999.
9. BRUCE, D.A, DiMillio, A. F. e Juran, E.G., "Micropiles: The state of Practice Part 2: Design of single micropiles and groups and networks of Micropiles" - Ground improvement, Thomas Telford, Vol.2, 1997;

10. BS EN 14199:2015: Execution of special geotechnical works - micropiles. [S. l.]: CEN-CENELEC, 2015. ISBN 978-0-58082495 1.
11. BUFFONI, Salete Souza de Oliveira. Estudo da Flambagem de Armaduras Longitudinais em Pilares de Concreto Armado. 2004. 172 p. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2004.
12. BUSTAMANTE, M.; GIANESELLI, L. (1981) – “Prévision de la capacité portante des pieux isolés sous charge verticale. Règles pressiométriques et pénétrométriques”. Laboratoire des Ponts et Chaussées. pp. 83-107.
13. BUSTAMANTE, M.; GIANESELLI, L. Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT. Em: EUROPEAN SYMPOSIUM ON PENETRATION TESTING, 2., 1982, Amsterdam, 1982.v. 2. p. 493-500.
14. CABRAL, Victor Ananías Marques. Porto de pesca de Tavira: Análise de uma fundação em micro-estacas cravadas. 2019. 129 p. Tese (Mestrado) - Faculdade de ciências e tecnologia - Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, 2019.
15. CAPUTO, Armando Negreiros; CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica Dos Solos e Suas Aplicações: Fundamentos. 7°. ed. Rio de Janeiro, Brasil: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora, 2015. 272 p. v. 1. ISBN 978-85-216-3004-3.
16. COSTA, Ilo Dias Borba. Flambagem de Estaca com Contenção Lateral. **IX Congresso brasileiro de pontes e estruturas**, Rio de Janeiro, Brasil, p. 1 - 10, 18 maio 2016.
17. DAS, B. M. Princípios de engenharia de fundações: Tradução e adaptação da 8ª edição norte-americana. Brasil, Cengage Learning Brasil, 2016. 9788522124169. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522124169/>. Acesso em: 28 Oct 2020

18. DIEGO, G. Fundações. [Porto Alegre]: Grupo A, 2018. 9788595023536. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595023536/>. Acesso em: 27 julho de 2020
19. ELARABI, Hussein; ABBAS , Amin Ahmed Soorkty. Micropiles for Structural Support. INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES & RESEARCH TECHNOLOGY, [s. l.], p. 205-211, 12 dez. 2014. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/270684600\\_Micropiles\\_for\\_Structural\\_Support](https://www.researchgate.net/publication/270684600_Micropiles_for_Structural_Support). Acesso em: 20 ago. 2020.
20. FALCONI, Frederico F. et al. Fundações: teoria e prática. 2a edição. Editora Pini. São Paulo, 1998.
21. FOND 72: La gestion du dossier (mise à jour, renseignements et assistance) est assurée respectivement pour les deux services rédacteurs. 5°. ed. Paris: Cerema, 1972.
22. FRAZÃO Guimarães, H. C., Ávila, J. A., “Resistência dos Materiais”, IME, 2001.
23. GUIMARÃES, J.D.F., 2014, “Microestaca Tubular Injetada de Bulbo Contínuo (Alluvial Anker).” Revista Fundações e Obras Geotécnicas, Vol. 41. São Paulo.
24. IMAMURA, Fernanda Bezerra Tomaduci. **UTILIZAÇÃO DO PRESSIÔMETRO DE MÉNARD NA AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE CARGA DE ESTACAS EM SOLO TROPICAL.** 2017. 193 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.
25. LITTLEJOHN, G. Stuart; BRUCE, Donald A. Rock anchors-state of the art. Part 1: design. Ground Engineering, v. 8, n. 3, 1975.
26. LIZZI, Fernando. de l'article/du chapitre" The Static restoration of monuments: basic criteria, case histories. Strengthening of buildings damaged by earthquakes". distributeur Sagep, 1982.

27. MATIAS, Alexandre Strongylis. UMA CONTRIBUIÇÃO AO PROJETO DE FUNDAÇÕES DE TORRES DE TURBINAS EÓLICAS. Orientador: Michèle Schubert Pfeil, Ronaldo Carvalho Battista. 2018. 79 p. Tese (Mestrado) - COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2018.
28. MENARD L. (1963), Calcul de la Force Portant des Foundations Sur la Base des Resultats des Essais Pressiometriques, Soils - Soils, N0 5 5 5,6 (Citado por BRIAUD, 1992).
29. MENARD L. (1975), The Menard Pressuremeter, Interpretation and Application of Pressuremeter Test Results to Foundation Design, Soils - Soils, N° 26 (Citado por de PAIVA, 2000).
30. MINISTERIO DE FOMENTO - DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETAS. Serie normativa, 2005. Guía para el proyecto y la ejecución de micropilotes en obras de carretera, Espanha, 2005.
31. MONTEIRO, Tiago Melo; ARAÚJO, Carla Beatriz Costa; AGUIAR, Marcos Fábio Porto. Análise de métodos semi-empíricos nacionais e internacionais para determinação da capacidade de carga axial em estacas tipo raiz. Revista Tecnologia Fortaleza, Fortaleza, v. 38, ed. 2, p. 1-16, 12 dez. 2017.
32. MOURA, Alfran Sampaio; JÚNIOR, Antonio José Nóbrega; AGUIAR, Marcos Fábio Porto. Análise de métodos semi-empíricos para o cálculo da capacidade de carga de estacas raiz de pequeno e grande diâmetro em obras de Fortaleza. Revista Tecnologia Fortaleza, Fortaleza, ano 2011, v. 32, n. 1, p. 56-72, 5 jun. 2011.
33. NUNES, Sara Cristina Oliveira. Métodos de dimensionamento de reforço e estabilização de taludes com microestacas. 2013. Dissertação de Mestrado.

34. RODRIGUES, ANA FILIPA PIRES. SOLUÇÕES DE FUNDAÇÕES MISTAS – CASO DO VIADUTO DO CORGO. Orientador: Doutora Margarida Pinho Lopes. 2012. 116 p. Tese (Mestrado) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2012.
35. SABATINI, Paul J. et al. Micropile design and construction (reference manual for NHI Course 132078). United States. Department of Transportation. Federal Highway Administration, 2005.
36. SALAS, Jose Antonio Jimenez. Geotecnia y cimientos III: Cimentaciones, excavaciones y aplicaciones de la geotecnia. Madrid: Editorial Rueda, 1980. 998 p. ISBN 84-7207-017-4.
37. SANTOS, Jaime A. Estacas sob acções verticais Importância do controlo de qualidade. DIMENSIONAMENTO DE ESTACAS SOB ACÇÕES VERTICAIS ESTÁTICAS, Lisboa, p. 1-23, 18 fev. 2002.
38. SCHROEDER, Diedrich. Solos: -Fatos e Conceitos-. 4°. ed. Unterägeri/Suíça: Ferdinand Hirt AG CH-6314, 2017. 244 p. ISBN 978-3-905887-25-9. DOI 10.3235/978-3-905887-25-9. Disponível em: <http://www.ufla.br/dcom/wp-content/uploads/2018/03/Solos-Fatos-e-Conceitos-final-final-1-1.pdf>. Acesso em: 26 fev. 2020.
39. SHONG, Ir Liew Shaw; CHUNG, Fong Chew. Design & construction of micropiles. Geotechnical Course for Pile Foundation Design and Construction, Ipoh, p. 29-30, 2003.
40. SILVA, Rodrigo Rogério Cerqueira. VERIFICAÇÃO DO DESEMPENHO DAS ESTACAS INJETADAS AUTOPERFURANTES EXECUTADAS EM SOLOS ARENOSOS PARA CONSTRUÇÃO DE USINA EÓLICA. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, [S. /], ano 2017, v. 13, n. 2, p. 247-262, 27 jul. 2017.

41. SILVA, Rodrigo Rogério Cerqueira; PEREIRA, Geise Aparecida. Verificação do aumento da capacidade de carga em estaca tipo raiz, através da aplicação de ar comprimido. Revista Ciência e Tecnologia, Campinas, Campinas, ano 2017, v. 20, n. 36, p. 27-34, 1 jul. 2017.
42. SOUCHE, Pierre. Étude du flambement de pieux partiellement immergés dans un milieu offrant latéralement une réaction élastique pure. França: Ingénieur des Travaux, 1984. ISBN 0020-2568.
43. SPRINGER, Fernanda Otto. Ensaios de arrancamento de grampos em solo residual de gnaise. Orientador: Alberto Sampaio Ferraz Jardim Sayão e Anna Laura Lopes da Silva Nunes. 2006. 306 p. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil, 2006.
44. TERZAGHI, Karl. Theoretical soil mechanics. New York/London: John Wiley & Sons, Inc., 1943. 510 p.
45. THE EUROPEAN UNION. Eurocódigo, aprovado pelo CEN em 12 Junho 2006. EN 1997 - 2: Eurocode 7 - Geotechnical design - Part 2: Ground investigation and testing, [S. l.], p. 1-196, 2007.
46. THE EUROPEAN UNION. Eurocódigo, aprovado pelo CEN em 16 Abril 2004. EN 1992 - 2: Eurocode 2 - Design of concrete structures - Part 1-1 : General rules and rules for buildings, [S. l.], p. 1-225, 2004.
47. THE EUROPEAN UNION. Eurocódigo, aprovado pelo CEN em 16 Abril 2004. EN 1993 - 2: Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-1: General rules and rules for buildings, [S. l.], p. 1-91, 2005.

## ANEXO A - ESCALA DE INTEMPERISMO DA RAOCHA (ISRM)

GRADO	DENOMINACIÓN	CRITERIO DE RECONOCIMIENTO
I	Roca sana o fresca	La roca no presenta signos visibles de meteorización, pueden existir ligeras pérdidas de color o pequeñas manchas de óxidos en los planos de discontinuidad
II	Roca ligeramente meteorizada	La roca y los planos de discontinuidad presentan signos de decoloración. Toda la roca ha podido perder su color debido a la meteorización y superficialmente ser más débil que la roca sana
III	Roca moderadamente meteorizada	Menos de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma continua o en zonas aisladas
IV	Roca meteorizada a muy meteorizada	Más de la mitad del material está descompuesto a suelo. Aparece roca sana o ligeramente meteorizada de forma discontinua
V	Roca completamente meteorizada	Todo el material está descompuesto a un suelo. La estructura original de la roca se mantiene intacta
VI	Suelo residual	La roca está totalmente descompuesta en un suelo y no puede reconocerse ni la textura ni la estructura original. El material permanece «in situ» y existe un cambio de volumen importante

Tabela 46 – escala de intemperismo de rochas (sociedade internacional de mecânica de rochas -ISRM) - (Retirado do Guia para el proyecto y la ejecución de micropilotes, 2005).

## ANEXO A - SIMULAÇÕES

Simulações da verificação da raiz:

Ângulo de atrito:

Verificação da Raiz – Lizzi

1			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

2			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

3			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

4			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

5			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

6			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

7			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

8			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

9			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

10			
----	--	--	--

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	9	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>11</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	10	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>12</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>13</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	1	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>14</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	2	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>15</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura

Areia Siltosa	29	3	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>16</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	4	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>17</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	5	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>18</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	6	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>19</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	7	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>20</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	8	17,5

Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		640,88	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		427,26	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	
21			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		640,88	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		427,26	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

22			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		640,88	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		427,26	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

23			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		640,88	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		427,26	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

24			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		640,88	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		427,26	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

25			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			

Resistencia Lateral (Rs)	640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	427,26
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

26			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	640,88		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	427,26		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

27			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	640,88		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	427,26		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

28			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	640,88		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	427,26		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

29			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	640,88		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	427,26		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

30			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	640,88		

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	427,26
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

31			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

32			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

33			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

34			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

35			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26

Força de tração máx. (Nmax)	257,21
-----------------------------	--------

36			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

37			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

38			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

39			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

40			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

41			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
42			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

43			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

44			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

45			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

46			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26

Força de tração máx. (Nmax)			257,21
<b>47</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>48</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>49</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>50</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>51</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
<b>52</b>			

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

53			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

54			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

55			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da Raiz – Littlejohn e Bruce

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

2			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

3			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

4			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

5			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

6			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16

Força de tração máx. (Nmax)	257,21
-----------------------------	--------

7			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

8			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

9			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

10			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

11			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16

Força de tração máx. (Nmax)			257,21
<b>12</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>13</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>14</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>15</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>16</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

17			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

18			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

19			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

20			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

21			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

22			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

23			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

24			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

25			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

26			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

27			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

28			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

29			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

30			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

31			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

32			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

33			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

34			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

35			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

36			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

37			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coessão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

38			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coessão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

39			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coessão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

40			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coessão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

41			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coessão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

42			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

43			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

44			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

45			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

46			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

47			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coessão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

48			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coessão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

49			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coessão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

50			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coessão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

51			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coessão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

52			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

53			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

54			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

55			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da Raiz – Bowles

1			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura

Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			352,41
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			234,94
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>2</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	1	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			357,8
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			238,53
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>3</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	2	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			363,18
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			242,12
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>4</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	3	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			368,57
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			245,71
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>5</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	4	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			373,96
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			249,3
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>6</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	5	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			

Resistencia Lateral (Rs)	379,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	252,89
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

7			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			384,73
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			256,48
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

8			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			390,11
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			260,08
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

9			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			395,5
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			263,67
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

10			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			400,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			267,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

11			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			406,27

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	270,85
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

12			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			355,87
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			237,24
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

13			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			361,25
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			240,84
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

14			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			366,64
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			244,43
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

15			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			372,02
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			248,02
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

16			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			377,41

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	251,61
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

17			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			382,79
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			255,2
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

18			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			388,18
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			258,79
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

19			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			393,57
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			262,38
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

20			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			398,95
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			265,97
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

21			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			404,34

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	269,56
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

22			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			409,72
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			273,15
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

23			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			358,77
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			239,18
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

24			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			364,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			242,77
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

25			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			369,54
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			246,36
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

26			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			374,93

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	249,95
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

27			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			380,32
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			253,54
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

28			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			385,7
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			257,13
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

29			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			391,09
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			260,72
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

30			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			396,47
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			264,32
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

31			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			401,86

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	267,91
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

32			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			407,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			271,5
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

33			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			412,63
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			275,09
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

34			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			362,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			241,99
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

35			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			368,37
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			245,58
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

36			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			373,75
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			249,17

Força de tração máx. (Nmax)	257,21
-----------------------------	--------

37			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			379,14
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			252,76
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

38			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			384,52
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			256,35
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

39			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			389,91
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			259,94
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

40			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			395,29
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			263,53
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

41			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			400,68
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			267,12
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

42			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			406,07
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			270,71
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

43			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			411,45
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			274,3
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

44			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			416,84
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			277,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

45			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			365,22
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			243,48
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

46			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			370,61
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			247,07
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

47			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			376
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			250,66
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

48			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			381,38
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			254,25
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

49			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			386,77
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			257,84
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

50			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			392,15
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			261,43
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

51			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			397,54
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			265,03
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

52			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			402,92
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			268,62
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

53			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			408,31
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			272,21
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

54			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			413,69
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			275,8
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

55			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			419,08
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			279,39
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da Raiz – Zweck

1			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			

Resistencia Lateral (Rs)	508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	338,89
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

2			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

3			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

4			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

5			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

6			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

7			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

8			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

9			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

10			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

11			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

12			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

13			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

14			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

15			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

16			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
17			

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

18			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

19			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

20			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

21			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

22			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	9	17,5

Areia Siltosa	29	10	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>23</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			538,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			358,77
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>24</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	1	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			538,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			358,77
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>25</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	2	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			538,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			358,77
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>26</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	3	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			538,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			358,77
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>27</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	4	17,5

Verif. da microestaca à tração	
Resistencia Lateral (Rs)	538,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	358,77
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

28			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			538,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			358,77
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

29			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			538,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			358,77
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

30			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			538,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			358,77
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

31			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			538,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			358,77
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
32			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			

Resistencia Lateral (Rs)	538,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	358,77
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

33			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			538,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			358,77
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

34			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

35			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

36			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
37			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	338,89
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

38			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

39			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

40			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

41			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
42			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89

Força de tração máx. (Nmax)	257,21
-----------------------------	--------

43			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

44			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

45			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

46			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

47			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

48			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

49			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

50			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

51			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

52			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

53			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

54			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

55			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da Raiz – Véas-Souche

1			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			219,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			146,66
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

2			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	1	17,5

Verif. da microestaca à tração	
Resistencia Lateral (Rs)	226,27
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	150,85
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

3			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			232,55
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			155,04
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

4			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			238,84
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			159,22
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

5			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			245,12
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			163,41
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

6			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			251,4
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			167,6
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

7			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			257,69

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	171,79
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

8			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			263,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			175,98
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

9			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			270,25
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			182,17
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

10			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			276,54
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			184,36
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

11			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			282,82
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			188,55
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

12			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			223,49
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			148,99

Força de tração máx. (Nmax)	257,21
-----------------------------	--------

13			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			229,77
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			153,18
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

14			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			236,06
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			157,37
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

15			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			242,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			161,56
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

16			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			248,62
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			165,75
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

17			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			254,91
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			169,94
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

18			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			261,19
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			174,13
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

19			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			267,47
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			178,31
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

20			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			273,76
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			182,5
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

21			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			280,04
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			186,69
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

22			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			286,32
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			190,88
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

23			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			226,72
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			151,15
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

24			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			233
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			155,34
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

25			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			239,29
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			159,52
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

26			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			245,57
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			163,71
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

27			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			251,85
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			167,9
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

28			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			258,14
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			172,09
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

29			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			264,42
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			176,28
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

30			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			270,7
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			180,47
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

31			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			276,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			184,66
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

32			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			283,27
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			188,85
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

33			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			289,21
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			193,03
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

34			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			232,37
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			154,92
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

35			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			238,66
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			159,11
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

36			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			244,94
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			163,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

37			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			251,22
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			167,48
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

38			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			257,51
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			171,67
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

39			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			263,79
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			175,86
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

40			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			270,07
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			180,05
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

41			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			276,36
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			184,24
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

42			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			282,64
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			188,43
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

43			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			288,92
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			192,62
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

44			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			295,21
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			196,8
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

45			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			240,55
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			160,37
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

46			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			246,84
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			164,56
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

47			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			253,12
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			168,75
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

48			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			259,4
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			172,94
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

49			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			265,69
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			177,12
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

50			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			271,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			181,31
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

51			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			278,25
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			185,5
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

52			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			285,54
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			189,69
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

53			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			290,82
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			193,88
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

54			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			297,1
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			198,07
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

55			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			303,39
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			202,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da Raiz – Raiz em rocha

1			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

2			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	1	17,5

Verif. da microestaca à tração	
Resistencia Lateral (Rs)	753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	502,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

3			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		753,98	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		502,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

4			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		753,98	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		502,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

5			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		753,98	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		502,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

6			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		753,98	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		502,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

7			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		753,98	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		502,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

8			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

9			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

10			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

11			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

12			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

13			
----	--	--	--

13			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

14			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

15			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

16			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

17			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

18			
----	--	--	--

19			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

19			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

20			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

21			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

22			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

23			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	0	17,5

Verif. da microestaca à tração	
Resistencia Lateral (Rs)	753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	502,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

24			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

25			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

26			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

27			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

28			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			

Resistencia Lateral (Rs)	753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	502,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

29			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

30			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

31			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

32			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

33			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

34			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura

Areia Siltosa	32	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>35</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	1	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>36</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	2	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>37</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	3	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>38</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	4	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>39</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura

Areia Siltosa	32	5	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>40</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	6	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>41</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	7	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>42</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	8	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>43</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	9	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>44</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura

Areia Siltosa	32	10	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>45</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>46</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	1	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>47</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	2	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>48</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	3	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>49</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura

Areia Siltosa	36	4	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>50</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	5	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>51</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	6	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>52</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	7	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>53</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	8	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>54</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura

Areia Siltosa	36	9	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>55</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	10	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da Raiz – Bustamante SPT – IRS

<b>1</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>2</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	1	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			

Resistencia Lateral (Rs)	1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

3			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

4			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

5			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

6			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

7			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

8			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	7	17,5

Areia Siltosa	28	7	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>9</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	8	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>10</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	9	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>11</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	10	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>12</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>13</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura

Areia Siltosa	30	1	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>14</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	2	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>15</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	3	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>16</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	4	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>17</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	5	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>18</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	6	17,5

Verif. da microestaca à tração	
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

19			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		1716,97	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1144,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

20			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		1413,72	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		942,48	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

21			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		1716,97	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1144,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

22			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		1716,97	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1144,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

23			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	0	17,5

Verif. da microestaca à tração	
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

24			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		1716,97	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1144,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

25			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		1716,97	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1144,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

26			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		1716,97	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1144,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

27			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		1716,97	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1144,65	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

28			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			

Resistencia Lateral (Rs)	1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

29			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

30			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

31			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

32			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

33			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

34			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

35			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

36			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

37			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

38			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

39			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

40			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

41			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

42			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

43			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			

Resistencia Lateral (Rs)	1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

44			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

45			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

46			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

47			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		
Força de tração máx. (Nmax)	257,21		

48			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)	1716,97		
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1144,65		

Força de tração máx. (Nmax)	257,21
-----------------------------	--------

49			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

50			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

51			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

52			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

53			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65

Força de tração máx. (Nmax)	257,21
-----------------------------	--------

54			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

55			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da Raiz – Bustamante SPT – IGU

56			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

57			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

58			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
59			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

60			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

61			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

62			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

63			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29

Força de tração máx. (Nmax)			257,21
<b>64</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>65</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
<b>66</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>67</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

<b>68</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
<b>69</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1442,29
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

70			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
71			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

72			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

73			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
74			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

75			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21
76			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

77			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	30	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

78			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

79			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

80			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1442,29	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	
<b>81</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		2163,44	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1442,29	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

<b>82</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		2163,44	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1442,29	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

<b>83</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		2163,44	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1442,29	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

<b>84</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		2163,44	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1442,29	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

<b>85</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		2163,44	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1442,29	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

86			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

87			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

88			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	32	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

89			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

90			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

91			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1442,29
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

92			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

93			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

94			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

95			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

96			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29

Força de tração máx. (Nmax)	257,21
-----------------------------	--------

97			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

98			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

99			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	29	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

100			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

101			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	1	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1442,29	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	
<b>102</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	2	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		2163,44	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1442,29	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

<b>103</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	3	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		2163,44	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1442,29	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

<b>104</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	4	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		2163,44	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1442,29	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

<b>105</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	5	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		2163,44	
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)		1442,29	
Força de tração máx. (Nmax)		257,21	

<b>106</b>			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	6	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)		2163,44	

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	1442,29
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

107			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	7	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

108			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	8	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

109			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	9	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

110			
Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	36	10	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

**Diâmetro:**

**Verificação da raiz - 127 mm**

Verificação da Raiz	Lizzi
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			460,68
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			307,12
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Littlejohn
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			306,31
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			204,2
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bowles
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			229,07
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			152,71
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Zweck
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			330,42
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			220,28
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			142,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			95,33
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Raiz-rocha
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			490,09
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			326,73
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1406,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			937,49
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			578,49
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			385,66
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1116,03
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			744,02
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			271,09
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			180,73
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da raiz - 200 mm

Verificação da Raiz	Lizzi
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Littlejohn
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16

Força de tração máx. (Nmax)	257,21
-----------------------------	--------

Verificação da Raiz	Bowles
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			352,41
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			234,94
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Zweck
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			219,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			146,66
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Raiz-rocha
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			889,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			593,32
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			417,06
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			278,04
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da raiz – 300 mm

Verificação da Raiz	Lizzi
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			904,78
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			603,19
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Littlejohn
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			706,86
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			471,24
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bowles
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			528,62
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			352,41
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Zweck
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			762,51
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			508,34
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			329,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			219,99
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Raiz-rocha
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			1130,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			753,98
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			3245,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			2163,44
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1334,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			889,99
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2575,46
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1716,97
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			625,6
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			417,06
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Comprimento:

### Verificação da raiz – 13 m

Verificação da Raiz	Lizzi
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			555,43
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			370,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Littlejohn
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			408,41
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			272,27
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bowles
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			273,28
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			182,18
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Zweck
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			394,19
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			262,79
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			173
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			115,33
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Raiz-rocha
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			653,45
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			435,63
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2009,16
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1339,44
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			725,6
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			483,73
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1586,14
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1057,45
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			320,84
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			213,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da raiz – 15 m

Verificação da Raiz	Lizzi
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Littlejohn
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bowles
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			352,41
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			234,94
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Zweck
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			219,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			146,66
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Raiz-rocha
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2163,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1442,29
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			899,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			593,32
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			417,06
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			278,04
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da raiz – 17 m

Verificação da Raiz	Lizzi
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			726,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			484,22
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Littlejohn
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			

Resistencia Lateral (Rs)	534,07
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	356,05
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

Verificação da Raiz	Bowles
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			441,44
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			294,3
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Zweck
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			636,76
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			424,51
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			271,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			181,32
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Raiz-rocha
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			854,51
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			569,68

Força de tração máx. (Nmax)	257,21
-----------------------------	--------

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			2392,29
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1594,86
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1007,07
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			671,38
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1903,93
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1268,93
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			490,73
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			327,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

**Cargas:**  
**Verificação da raiz – -233,19 kN**

Verificação da Raiz	Lizzi
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Littlejohn
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bowles
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			352,41
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			234,94
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Zweck
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			219,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			146,66
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Raiz-rocha
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			502,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			889,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			593,32
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			899,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			593,32
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

## Verificação da raiz – -257,21 kN

Verificação da Raiz	Lizzi
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
<b>Verif. da microestaca à tração</b>			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Littlejohn
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5

Verif. da microestaca à tração	
Resistencia Lateral (Rs)	471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	314,16
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

Verificação da Raiz	Bowles
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			352,41
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			234,94
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Zweck
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			219,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			146,66
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Raiz-rocha
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			753,98

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	502,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			889,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			593,32
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			899,99

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	593,32
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

## Verificação da raiz – -82,06 kN

Verificação da Raiz	Lizzi
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			640,88
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			427,26
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Littlejohn
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
-------	------------------------------	----------------------	-----------

Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			471,24
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			314,16
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bowles
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			352,41
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			234,94
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Zweck
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			508,34
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			338,89
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			219,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			146,66
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Raiz-rocha
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			

Resistencia Lateral (Rs)	753,98
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	502,65
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IRS
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			889,99
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			593,32
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (SPT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			1716,97
Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)			1144,65
Força de tração máx. (Nmax)			257,21

Verificação da Raiz	Bustamante (PMT) _ IGU
Metodologia de verificação	ELS

Solos	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistencia Lateral (Rs)			899,99

Cap. de carga de dim. da raiz da microestaca (Rd)	593,32
Força de tração máx. (Nmax)	257,21

**Simulações da verificação da secção:**

**Diâmetro:**

**Verificação da secção – 127  
mm/200mm/300mm**

Verificação da seção	Euler
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67

Tensão no aço	38,26
---------------	-------

Verificação da Raiz	Salas
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			38,26

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			38,26

Verificação da seção	Euler
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da Raiz	Salas
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da seção	Euler
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			14,62

Verificação da Raiz	Salas
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			14,62

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			14,62

**Comprimento:**

**Verificação da secção – 13  
m/15m/17m**

Verificação da secção	Euler
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da Raiz	Salas
---------------------	-------

Metodologia de verificação	ELS
----------------------------	-----

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da seção	Euler
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da Raiz	Salas
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74
Verificação da seção	Euler		
Metodologia de verificação	ELS		

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da Raiz	Salas
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

**Comprimento:****Verificação da secção – -233,19 kN/-****257,21kN/-82,06kN**

Verificação da secção	Euler
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			20,62

Verificação da Raiz	Salas
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			20,62

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			20,62

Verificação da seção	Euler
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da Raiz	Salas
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			22,74

Verificação da seção	Euler
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			7,26

Verificação da Raiz	Salas
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			7,26

Verificação da Raiz	Véas-Souche
Metodologia de verificação	ELS

Solo	Ângulo de atrito interno (°)	Coesão do solo (kPa)	Espessura
Areia Siltosa	28	0	17,5
Verif. da microestaca à tração			
Resistência de dimensionamento do aço			156,67
Tensão no aço			7,26