

Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Escola de Engenharia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

**Previsões do Comportamento Carga-Recalque
de Estaca Escavada com Polímero**

Débora Fonseca Alves

Porto Alegre
2016

DÉBORA FONSECA ALVES

**PREVISÕES DO COMPORTAMENTO CARGA-RECALQUE
DE ESTACA ESCAVADA COM POLÍMERO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul,
como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em
Engenharia

Porto Alegre
2016

Alves, Débora Fonseca
Previsões do Comportamento Carga-Recalque de
Estaca Escavada com Polímero / Débora Fonseca Alves. -
- 2016.
190 f.

Orientador: Fernando Schnaid.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de
Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, BR-
RS, 2016.

1. estacas escavadas. 2. previsão carga-recalque.
3. prova de carga estática. I. Schnaid, Fernando,
orient. II. Título.

DÉBORA FONSECA ALVES

**PREVISÕES DO COMPORTAMENTO CARGA-RECALQUE
DE ESTACA ESCAVADA COM POLÍMERO**

Esta dissertação de mestrado foi julgada adequada para a obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA, Geotecnia, e aprovada em sua forma final pelo professor orientador e pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, 16 de setembro de 2016

Prof. Fernando Schnaid
Ph.D. Oxford University, Reino Unido
orientador

Prof. Carlos Torres Formoso
Coordenador do PPGEC/UFRGS

BANCA EXAMINADORA

Prof. Edgar Odebrecht (UDESC)
Dr. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil

Prof. Nilo Consoli (UFRGS)
Ph.D. Concordia University, Canadá

Prof. Jarbas Milititsky (UFRGS)
Ph.D. University of Surrey, Reino Unido

Dedico este trabalho aos meus pais e ao meu irmão pela
compreensão e apoio durante o período de seu
desenvolvimento.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de cursar o Mestrado. À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, e ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pelo suporte para a realização desse estudo.

Ao professor Fernando Schnaid pelo tempo, críticas, orientações, ensinamentos, experiências e sugestões que muito acrescentaram ao trabalho.

À empresa Milititsky Consultoria Geotécnica, em especial ao Dr. Jarbas Milititsky, cujo envolvimento foi fundamental na elaboração da presente pesquisa, e ao engenheiro Wilson Alves Borges, pelo apoio e auxílio sempre presentes.

Ao engenheiro Frederico Falconi, por aceitar participar como convidado, que, com seu vasto conhecimento na área geotécnica, certamente acrescentará para o presente trabalho.

À todos os professores e aos colaboradores do programa de Pós-Graduação pelo ensino e suporte, além da convivência durante todo o período do curso.

Às pessoas envolvidas no campo experimental, que dedicaram seu tempo e conhecimentos para o sucesso do mesmo, em especial ao Fabiano Nienov, à Liamara Sestrem e ao Vítor Faro.

À todas as empresas que colaboraram para a realização do campo experimental, em especial à: Geoforma Ltda, Fugro In Situ, Geotechne, Brasfond, Dywidag e Flexfer. À mineradora Veiga que disponibilizou o local para implantação do campo experimental.

À minha família, em especial aos meus pais, Lindomar e Marlene, pelo amor incondicional, e ao meu irmão Lindomar Júnior pelo bom exemplo transmitido sempre. Aos meus tios, avós e primos pelo carinho e apoio dedicados ao longo de toda minha vida.

Agradeço a todos que me apoiaram durante a realização desse trabalho: Bruno Éttori Bueno, Bruna Lazzari, Marcelle Araújo e Matheus Rizzon. Agradeço de forma geral a todos os meus amigos que me deram forças para seguir nessa caminhada.

Há muitas maneiras de avançar, mas só uma maneira de
ficar parado.
Franklin D. Roosevelt

RESUMO

ALVES, D.F. **Previsões do Comportamento Carga-Recalque de Estaca Escavada com Polímero**. 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

O evento de previsões do comportamento carga-recalque de uma estaca executada em solo predominantemente arenoso foi apresentado no 8º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia (SEFE8). As previsões utilizaram sondagens CPT, DMT e SPT realizadas no campo experimental de Araquari, em Santa Catarina. A estaca utilizada para o evento foi do tipo escavada com polímero, diâmetro de 100cm e comprimento de 24m.

Foram recebidos pelo comitê organizador 73 previsões provenientes de 20 países, com estimativas do comportamento carga-recalque da estaca, da capacidade de carga total, lateral e de ponta e a distribuição de carga ao longo do fuste até a ruptura, definida pelo recalque de 100 mm ($w/D = 10\%$), com um resumo dos métodos e considerações. Os dados das previsões foram comparados aos resultados obtidos em campo pela prova de carga estática da estaca instrumentada. As previsões foram majoritariamente conservadoras e o ensaio mais utilizado para determinação dos parâmetros do solo foi o CPT, tanto no meio acadêmico quanto no prático. Diversos métodos foram utilizados, porém mesmo previsões que utilizaram o mesmo método apresentaram variabilidades nos resultados. Baixos valores de desvio na capacidade de carga total não significaram pequenos desvios de lateral e de ponta, mas uma combinação de desvios positivos e negativos desses. A maioria das estimativas subestimou a capacidade lateral e superestimou a de ponta. O método de Verbrugge (1981) foi utilizado em duas das cinco previsões com menores desvios de capacidade total. As curvas carga-recalque e carga-profundidade foram avaliadas quanto aos desvios médios absolutos e formatos, dados pela variância. As curvas carga-recalque com médias de até 10% utilizaram Elementos Finitos e o software UniPile, e o menor valor de variância utilizou Verbrugge (1981). As curvas carga-profundidade com médias de até 10% utilizaram Verbrugge (1981), Randolph e Wroth (1978) e Gwizdala e Steczniewski (2003), e o menor valor de variância utilizou o software UniPile.

Palavras-chave: estacas escavadas; previsão carga-recalque; prova de carga estática.

ABSTRACT

ALVES, D.F. **Prediction of Load-Displacement Behavior of Bored Pile with Polymer.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UFRGS, Porto Alegre.

The prediction event of load-settlement behavior of a pile built in predominantly sandy soil was presented at the 8th Foundation Engineering Seminar and Special Geotechnical (SEFE8). The predictions used tests of CPT, DMT and SPT accomplished in Araquari experimental field, in Santa Catarina. A bored pile with polymer, diameter of 100cm and length of 24m was the subject of the event.

The organizing committee received 73 predictions from 20 countries, with estimates of load-settlement behavior of the pile, the total, shaft and base load capacity and the load distribution along the shaft until failure, defined by settlement of 100 mm ($W/D = 10\%$), with a brief description of methods and considerations. Data from the predictions were compared to the results obtained in the field by static load test of the instrumented pile. The predictions were mostly conservative and the test most used for soil parameters prediction was the CPT, both in academia as in practice. Several methods were used, but even predictions that used the same method showed variability in the results. Low error values in the total load capacity not meant small shaft and base errors, but a combination of positive and negative errors of these. Most estimates underestimated the shaft capacity and overestimated the base. The Verbrugge (1981) method was used in two of five predictions with lower errors of total capacity. The curves were analyzed for absolute average deviation and variance, evaluated by the variance. The load-settlement distribution with average up to 10% used Finite Element and UniPile software, and the lowest value of variance used Verbrugge (1981). The load-depth distribution with average up to 10% used Verbrugge (1981), Randolph and Wroth (1978) and Gwizdala and Steczniewski (2003), and the lowest value of variance used the UniPile software.

Key-words: bored piles; prediction of load-displacement; static load test.

SUMÁRIO

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO	21
1.1.1 Objetivo Geral	21
1.1.1 Objetivos Específicos	21
1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	23
2.1 ESTACAS ESCAVADAS COM USO DE POLÍMERO	25
2.2 INCERTEZAS DE PROJETOS DE FUNDAÇÕES	29
2.3 MÉTODOS DE PREVISÃO.....	35
2.3.1 Métodos Racionais para Determinação de Capacidade de Carga.....	37
2.3.2 Métodos Semiempíricos para Determinação de Capacidade de Carga ..	38
2.3.3 Métodos para Determinação da Relação Carga e Recalque	47
2.4 PROVA DE CARGA ESTÁTICA.....	58
2.4.1 Norma Brasileira ABNT NBR 12131:2006.....	59
2.4.2 Norma Européia Eurocode 7	61
2.4.3 Norma Americana ASTM D1143/D1143M-07	62
2.4.4 Considerações Finais.....	63
3 CAMPO EXPERIMENTAL DE ARAQUARI	64
3.1 MOTIVAÇÃO E LOCALIZAÇÃO	64
3.2 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA.....	66
3.3 ESTACA ESCAVADA COM POLÍMERO E-04	72
3.4 PROVA DE CARGA ESTÁTICA.....	76
3.5 EVENTO DE PREVISÃO DE COMPORTAMENTO CARGA- RECALQUE.....	81
4 PREVISÕES RECEBIDAS PELO COMITÊ.....	82
4.1 ENSAIOS UTILIZADOS NAS PREVISÕES.....	84
4.2 PRINCIPAIS MÉTODOS UTILIZADOS.....	88

4.2.1 Métodos de Previsão da Capacidade de Carga	88
4.2.2 Métodos de Previsão da Curva Carga-Recalque.....	95
4.2.3 Métodos de Previsão da Curva Carga-Profundidade	100
4.2.1 Avaliação dos Principais Métodos para Determinação de Capacidade de Carga	104
4.2.2 Avaliação dos Principais Métodos para Curva Carga-Recalque	106
4.2.3 Avaliação dos Principais Métodos para Curva Carga-Profundidade....	107
5 AVALIAÇÃO DAS DISPERSÕES DAS PREVISÕES	109
5.1 DESVIOS DAS PREVISÕES DE CAPACIDADE DE CARGA.....	109
5.1.1 Capacidade de Carga Total Q_T	109
5.1.2 Capacidade de Carga de Ponta Q_b	116
5.1.3 Capacidade de Carga Lateral Q_s	117
5.2 AVALIAÇÕES DAS PREVISÕES DAS CURVAS CARGA-RECALQUE.....	118
5.2.1 Avaliação dos Desvios Médios das Curvas das Previsões	120
5.2.2 Avaliação dos Formatos das Curvas das Previsões	124
5.3 AVALIAÇÕES DAS PREVISÕES DAS CURVAS CARGA-PROFUNDIDADE.....	129
5.3.1 Avaliação dos Desvios Médios das Curvas das Previsões	130
5.3.2 Avaliação dos Formatos das Curvas das Previsões	134
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	138
6.1 VERIFICAÇÕES EXPEDITAS BASEADAS EM CPT E SPT	138
6.1.1 Verificações por Aoki e Velloso (1975) e Décourt e Quaresma (1982)	138
6.1.2 Verificações por Bustamante e Gianceselli (1982)	140
6.1.3 Avaliação das Verificações Expeditas	142
6.2 CONCLUSÕES SOBRE AS PREVISÕES	144
6.2.1 Previsões Fornecidas pelos Participantes.....	144
6.2.2 Avaliação das Dispersões.....	145

6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	147
ANEXO 1: amostras extraídas durante o ensaio SPT, furo SP-02	153
ANEXO 2: Tabela das previsões com desvios de 10%, 20% e 50% de $Q_{b,w/D=10\%}$	156
ANEXO 3: Tabela das previsões com desvios de 10%, 20% e 50% de $Q_{s,w/D=10\%}$	158
ANEXO 4: Tabelas de cálculos expeditos por métodos diretos baseados no ensaios CPT e SPT	160

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Efeitos da escavação das estacas escavadas (Veloso e Lopes, 2010)	24
Figura 2.2: Concretagem de estaca escavada com lama (uso de tubo tremonha)	26
Figura 2.3: Variabilidade de estacas idênticas ensaiadas estaticamente (Mandolini, 2005 apud Milititsky et al., 2015).....	30
Figura 2.4: Variabilidade de resultados de estacas escavadas executadas com diferentes processos (Fleming e Sliwinski, 1977 apud Mititsky et al., 2015)	31
Figura 2.5: Resultado previsões versus desempenho de estacas hélice contínua usando o método FHWA (Brown et al., 2007)	32
Figura 2.6: Variabilidade dos valores fornecidos por diferentes métodos de cálculo (Lobo, 2005).....	33
Figura 2.7: resistências médias de ponta ($R_{b,cal}$), lateral ($R_{s,cal}$) e total ($R_{t,cal}$) das previsões (adaptado de Trevor, 2016)	35
Figura 2.8: Dutch Method para determinação da capacidade de carga de ponta (Salgado e Lee, 1999).....	41
Figura 2.9: Determinação da resistência equivalente q_{ca} pelo LCPC Method (Bustamante e Gianceselli, 1982).....	45
Figura 2.10: Gráfico de perfis (Eslami e Fellenius, 1997)	46
Figura 2.11: Comportamento de estaca esbelta com diagramas (a) de recalque, (b) de atrito lateral, (c) de carga versus profundidade e relações carga-recalque para (d) o fuste, (e) a base e (f) o topo da estaca (Lopes, 1979)	48
Figura 2.12: Análise da relação carga-recalque pelo Load Transfer Method ou ‘t-z’ Method (Murthy, 2002)	50
Figura 2.13: Relação de transferência de carga e recalque de estacas (Coyle e Reese, 1966)	51
Figura 2.14: Fatores para cálculo de recalque de estacas (Poulos e Davis, 1974)	54
Figura 2.15: Fator de correção para a base da estaca em solo mais rígido (Poulos e Davis, 1974).....	55
Figura 2.16: Carga de ruptura convencional pela NBR 6122:2010	59

Figura 2.17: Carregamento único (ISSMFE Subcommittee on Field and Laboratory Testing, 1985).....	62
Figura 2.18: Carregamento com ciclo de carga e descarga (ISSMFE Subcommittee on Field and Laboratory Testing, 1985)	62
Figura 3.1: Localização dos campos experimentais de Geotecnia no Brasil relatador por Cavalcante e campos de Passo Fundo e Cachoeirinha no Rio Grande do Sul (baseada em: Cavalcante, 2006)	65
Figura 3.2: Localização Campo Experimental de Araquari/SC (adaptado de Google Maps, 2016).....	66
Figura 3.3: Croqui das locações das estacas do Campo Experimental e dos ensaios <i>in situ</i> executados	67
Figura 3.4: Resultados das sondagens SPT (Nienov, 2016).....	67
Figura 3.5: Resultados das sondagens CPTu (Nienov, 2016)	68
Figura 3.6: Relatório da sondagem CPTu-F04.....	69
Figura 3.7: Relatório da sondagem SPT SP-02 (a) Página 1	70
Figura 3.7: Relatório da sondagem SPT SP-02 (b) Página 2.....	71
Figura 3.8: Relatório da sondagem SDMT-01	72
Figura 3.9: Instrumentação estaca ET-04	75
Figura 3.10: Sistema de reação da prova de carga	76
Figura 3.11: Sistema de reação da prova de carga	77
Figura 3.12: Croqui dos sistemas de reação e montagem do ensaio de prova de carga estática.....	78
Figura 3.13: Croqui das padronizações adotadas para a realização do ensaio	79
Figura 3.14: Gráfico carga-recalque do ensaio da estaca ET-04.....	80
Figura 4.1: Continentes de origem das previsões recebidas	84
Figura 4.2: Ensaios utilizados nas previsões (a) todas as previsões recebidas pelo comitê; (b) previsões enviadas por acadêmicos; (c) previsões enviadas por práticos.....	85
Figura 4.3: Métodos de estimativa utilizados (direto ou indireto)	86
Figura 4.4: Ensaios utilizados nas previsões por métodos indiretos	87

Figura 4.5: Ensaaios utilizados nas previsões por métodos diretos	87
Figura 4.6: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso de Elementos Finitos...	95
Figura 4.7: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do método de Verbrugge (1981)	96
Figura 4.8: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do método de Randolph e Wroth (1978)	97
Figura 4.9: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do método de Poulos e Davis (1968, 1980)	97
Figura 4.10: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do Software UniPile ..	98
Figura 4.11: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do método de Coyle e Reese (1966).....	98
Figura 4.12: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do método de Van Der Veen (1953)	99
Figura 4.13: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do Winkler Assumption	99
Figura 4.15: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso de Elementos Finitos	100
Figura 4.16: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do método de Verbrugge (1981)	101
Figura 4.17: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do método de Bustamante e Gianceselli (1982).....	102
Figura 4.18: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do método de Randolph e Wroth (1978).....	102
Figura 4.19: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do Software UniPile	103
Figura 4.20: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do Beta Method	103
Figura 4.21: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do método de Gwizdala e Steczniewski (2003)	104
Figura 5.1: Desvios de 10, 20 e 50% das previsões de capacidade de carga total das estacas para $w/D=10\%$	110

Figura 5.2: Desvios em porcentagem, com máximo fixado em 200%, de todas as previsões de capacidade de carga total, lateral e de ponta.....	111
Figura 5.3: Desvios (total, lateral e ponta) das previsões com no máximo 10% de desvio de $Q_{t,w/d=10\%}$	112
Figura 5.4: Desvios (total, lateral e ponta) das previsões com no máximo 20% de desvio de $Q_{t,w/d=10\%}$	112
Figura 5.5: Desvios (total, lateral e ponta), com máximo fixado em 350%, das previsões com no máximo 50% de desvio de $Q_{t,w/d=10\%}$	113
Figura 5.6: Desvios das previsões de capacidade de carga de ponta das previsões (para $w/D=10\%$)	117
Figura 5.7: Desvios das previsões de capacidade de carga lateral das previsões (para $w/D=10\%$)	118
Figura 5.8: Planilha padrão das previsões da curva carga-recalque enviadas pelos participantes do concurso	119
Figura 5.9: Curva carga-recalque obtida em campo e a curva aproximada para os pontos de 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100mm	120
Figura 5.10: Curvas carga-recalque das previsões com desvios médios de até 10%	121
Figura 5.11: Curvas carga-recalque das previsões com desvios médios de até 20%	121
Figura 5.12: Curvas carga-recalque das previsões com desvios médios de até 50%	122
Figura 5.13: Exemplo da avaliação do formato das curvas das previsões	126
Figura 5.14: Curvas das 20 melhores previsões do formato da curva carga-recalque	126
Figura 5.15: Curvas das 10 melhores previsões do formato da curva carga-recalque	127
Figura 5.16: Curvas das 5 melhores previsões do formato da curva carga-recalque	127
Figura 5.17: Planilha padrão das previsões da curva carga-profundidade enviadas pelos participantes do concurso	129
Figura 5.18: Curva carga-profundidade obtida em campo e a curva aproximada para os pontos de 0, 2,4, 4,8, 7,2, 9,6, 12,0, 14,4, 16,8, 19,2, 21,6 e 24,0m de profundidade.....	130
Figura 5.19: Curvas carga-profundidade das previsões com desvios médios de até 10% .	131
Figura 5.20: Curvas carga-profundidade das previsões com desvios médios de até 20% .	131

Figura 5.21: Curvas carga-profundidade das previsões com desvios médios de até 50% .	132
Figura 5.22: Curvas das 20 melhores previsões do formato da curva carga-profundidade	134
Figura 5.23: Curvas das 10 melhores previsões do formato da curva carga-profundidade	135
Figura 5.24: Curvas das 5 melhores previsões do formato da curva carga-profundidade..	135
Figura 6.1: Curva carga-profundidade utilizando métodos diretos baseados no SPT	139
Figura 6.2: Desvios nas capacidades de carga das previsões utilizando métodos diretos baseados no SPT.....	140
Figura 6.3: Curva carga-profundidade utilizando métodos diretos baseados no CPT	141
Figura 6.4: Desvios nas capacidades de carga da previsão utilizando método direto baseado no CPT	142
Figura 6.5: Curva carga-profundidade variando os valores de F1 e F2 do método de Aoki e Velloso (1975)	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Propriedades do polímero a ser utilizado para execução das estacas escavadas com fluido estabilizante.....	26
Tabela 2.2: Resultados de prova de carga dinâmica em estacas do mesmo bloco.....	30
Tabela 2.3: Métodos utilizados na previsão de estacas escavadas no “ <i>International Symposium on Design of Piles in Europe</i> ”.....	34
Tabela 2.4: Valores dos fatores C_M e C_K	38
Tabela 2.5: Valores de C	39
Tabela 2.6: Valores de α	40
Tabela 2.7: Valores do fator de correlação w	42
Tabela 2.8: Valores de k_s para diferentes tipos de solos e estacas.....	43
Tabela 2.9: Valores de k_c para diferentes tipos de solos e estacas.....	44
Tabela 2.10: Valores de C_s (Eslami e Fellenius, 1997).....	47
Tabela 2.11: Critérios de normas para realização de prova de carga estática.....	63
Tabela 3.1: Relação das estacas para ensaio executadas.....	73
Tabela 3.2: Valores de resistência a compressão simples dos corpos de prova do concreto.....	74
Tabela 4.1: Países de origem das previsões recebidas pelo comitê.....	83
Tabela 4.2: Resumo dos métodos de estimativa utilizados nas previsões.....	89
Tabela 4.3: Previsões de capacidade de carga realizadas com uso de Elementos Finitos.....	93
Tabela 4.4: Previsões de capacidade de carga realizadas com métodos descritos por mais de um participante.....	93
Tabela 5.1: Número de previsões para desvios de 10%, 20% e 50% de $Q_{t,w/d=10\%}$, $Q_{b,w/d=10\%}$ e $Q_{s,w/d=10\%}$	114
Tabela 5.2: Previsões com desvios de 10%, 20% e 50% de $Q_{t,w/d=10\%}$	114
Tabela 5.3: Previsões com desvios médios da curva carga-recalque de até 10%, 20% e 50%.....	123

Tabela 5.4: Previsões em ordem dos vinte menores valores da variância na curva carga-recalque.....	128
Tabela 5.5: Previsões com desvios médios da curva carga-profundidade de até 10%, 20% e 50%	132
Tabela 5.6: Previsões em ordem dos vinte menores valores da variância na curva carga-profundidade	136
Tabela 6.1: Valores de capacidade de carga total, de ponta e lateral utilizando métodos diretos baseados no SPT	140
Tabela 6.2: Valores de capacidade de carga total, de ponta e lateral utilizando métodos diretos baseados no CPT	141

1 INTRODUÇÃO

A previsão do comportamento carga-recalque e da distribuição de cargas ao longo do fuste de estacas profundas é um desafio para a engenharia geotécnica. A necessidade de transmissão de elevadas cargas ao solo se traduz na necessidade da compreensão do comportamento de estacas submetidas a carregamentos axiais e dos mecanismos de interação solo-estrutura para melhor entendimento das limitações dos métodos de cálculo.

O comportamento de fundações profundas sob carga é dependente de inúmeros fatores, impossíveis de incorporar em métodos de previsão. Os métodos são formulações simples que servem de ferramenta para projeto, com limitações significativas. A própria caracterização de carga de ruptura de uma estaca submetida a carregamento é altamente dependente da definição utilizada. Os valores de capacidade de carga são função das propriedades e condições do solo existentes antes da execução da estaca, dos efeitos que a execução provoca nestas condições e propriedades (variáveis com o tempo), do método de ensaio de carregamento utilizado (CRP, SMT, cíclico, etc) e da definição de carga de ruptura utilizada.

Os métodos tradicionais de determinação de cargas utilizam resultados de campo ou laboratório combinados com resultados de provas de carga, sendo os mesmos semi-empíricos por natureza. Os métodos de previsão de capacidade de carga axial encontrados na literatura estão frequentemente associados a resultados experimentais obtidos por provas de carga instrumentadas em estacas modelo. Tais procedimentos fornecem parâmetros para obtenção dos coeficientes que são utilizados em equações muito simples, destinados à previsão de valores limites de atrito lateral unitário e resistência de ponta em função do tipo de solo e estaca. Em contrapartida, em menor escala são conduzidos estudos em escala real, que permitiriam verificações dos modelos utilizados e aperfeiçoamento dos métodos de cálculo empíricos e semi-empíricos.

Poucos dados existem atualmente no estado de conhecimento quanto ao desempenho de fundações profundas em solos granulares. Com o propósito de investigar o comportamento que envolve as interações solo-estaca ao longo do fuste e na ponta de estacas em uma

condição estratigráfica bem definida (areia saturada), buscando ampliar o conhecimento nesta área, foi construído na planície costeira do Estado de Santa Catarina, no município de Araquari, um campo experimental de estacas instalados em depósitos granulares.

Uma das estacas escavadas executadas no campo experimental de Araquari foi utilizada para a realização de um evento internacional de previsão de comportamento da relação carga-recalque e da distribuição de cargas ao longo do fuste até atingir a ruptura definida como $w/D = 10\%$, que foi apresentado no 8º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia (SEFE8), realizado em São Paulo, Brasil, no dia 25 de junho de 2015. A estaca escavada em estudo foi executada com polímero, de diâmetro de 100 cm e comprimento de 24 m.

Foi solicitado aos participantes do evento de previsão o envio de dois arquivos, um arquivo pdf com descrições nos métodos utilizados para as previsões e uma planilha Excel padrão com a previsão das cargas e recalques até atingir deslocamento no topo do bloco de 100 mm (10% do diâmetro da estaca), das parcelas de contribuição da carga no fuste e na ponta da estaca e da distribuição da carga ao longo do fuste da estaca. Foram recebidos pelo comitê organizador do evento o total de setenta e três previsões, provenientes de vinte diferentes países. As estimativas foram realizadas através de diversos métodos para cálculo de estacas escavadas, segundo a prática brasileira e internacional, baseadas em ensaios *in situ* realizados no local (sondagem a percussão, ensaio de cone e ensaio dilatométrico).

As estimativas preliminares foram comparadas aos resultados obtidos em campo, verificando as variações obtidas para as contribuições das parcelas do fuste e da ponta da estaca e as tendências dos comportamentos para cada uma das previsões. Além disso, são analisados os métodos utilizados e as variações em relação aos dados obtidos em campo, buscando avaliar as diferenças e contribuir na compreensão do comportamento de interação solo arenoso-estaca para o caso de estacas profundas tipo escavadas com polímero.

1.1 OBJETIVOS DO TRABALHO

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral desse trabalho consiste na análise das previsões submetidas ao evento internacional realizado no 8º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia (SEFE8) do comportamento carga-recalque da estaca escavada com polímero E-04 executada no campo experimental de Araquari, o qual possui perfil do subsolo predominantemente granular.

1.1.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- a) descrição dos principais métodos utilizados para previsão do comportamento carga-recalque, das parcelas de contribuição de fuste e de ponta e a distribuição da carga ao longo do fuste de estacas escavadas;
- b) verificação da prática atual de previsão de capacidade de cargas em estacas escavadas com polímero em solos granulares através das estimativas submetidas ao evento internacional de previsões;
- c) avaliação das estimativas comparadas aos resultados obtidos pelo ensaio em escala real realizado no campo experimental de Arquari/SC.

1.2 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho será apresentado em seis capítulos. O capítulo 1 é introdutório, onde são apresentadas as motivações e relevâncias da pesquisa, a descrição geral do tema e definidos os objetivos do trabalho.

Na revisão bibliográfica, que é apresentada no capítulo 2, foram descritas as informações necessárias para criar um embasamento teórico acerca do tema proposto. São nela analisados itens como métodos de execução de estacas escavadas, relação de cargas transferidas pelo fuste e pela ponta de estacas, a influência do uso de polímero com a

capacidade de carga das estacas, incerteza inerentes a projetos de fundações e alguns dos métodos teóricos de cálculo do comportamento carga recalque de fundações profundas utilizados nas previsões recebidas pelo comitê. São também abordados o tema de prova de carga e as normalizações e recomendações nacionais e internacionais para execução.

O capítulo 3 é intitulado “Campo Experimental de Araquari”, sendo apresentadas as motivações para a realização do mesmo, a localização do mesmo e os ensaios in situ executados. É dada ênfase à estaca ET-04, estaca escavada com polímero, utilizada para a realização do evento de previsões do 8º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia (SEFE8). São descritos os procedimentos e detalhes executivos da estaca e do ensaio de prova de carga, com carregamento lento, executado.

As 73 previsões recebidas pelo comitê são apresentadas e avaliadas no capítulo 4. Nesse capítulo são apresentados dados dos participantes, tais como países de origem, os ensaios utilizados para a realização das previsões e os métodos para estimativa de capacidade de carga e das curvas carga-recalque e carga-profundidade.

As avaliações das dispersões são descritas no capítulo 5. As capacidades de carga são analisadas quanto aos desvios em percentagem e são comparados os desvios das previsões de carga total, lateral e de ponta. As curvas carga-recalque e distribuição de carga ao longo da profundidade são avaliadas quanto aos dados fornecidos pelas previsões por desvios médios e por variância. As médias fornecem dados dos desvios, em percentagem, para avaliação das curvas, sendo quanto maior o desvio médio, mais distante a curva de previsão está da curva medida em campo. A variância fornece avaliação do formato da curva, pois mesmo que a previsão de carga esteja incorreta a curva pode apresentar formato (comportamento) com boa previsão.

No capítulo 6 são apresentadas as conclusões e considerações finais, além de sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Estacas escavadas são fundações profundas classificadas como "de substituição" pela norma inglesa de fundações (Code of Practice for Foundations - CP 2004: 1972). A transmissão de cargas ao terreno é realizada pela base (resistência de ponta) e pela superfície lateral (resistência de fuste). Segundo a publicação do FHWA NHI-10-016 (Brown et al., 2010), método executivo é, em princípio, muito simples, consistindo na escavação do solo e posterior concretagem do furo, porém na prática existem diversas dificuldades executivas, como:

- a) escavações em grandes profundidades, atravessando materiais variáveis (desde solos moles até rochas);
- b) o furo deve ser mantido aberto e estável, estando muitas vezes abaixo do nível do lençol freático;
- c) o concreto é moldado *in loco*, devendo assegurar a resistência de interface solo-estaca;
- d) a estaca, concretada *in loco*, deve ser um elemento estrutural competente que proporcione resistência estrutural suficiente para transferir as cargas da estrutura.

A remoção do solo causa redução nas tensões horizontais geostáticas. A descompressão do terreno depende do método de execução das estacas. Estacas escavadas executadas em solos com alguma porcentagem de finos e acima do nível d'água sem uso de suporte apresentam descompressão pronunciada. Casos em que são utilizadas camisas metálicas que avançam praticamente a mesma profundidade que a ferramenta de escavação, o alívio é muito reduzido. De forma intermediária se encontram as estacas executadas com uso de fluido estabilizante. A figura 2.1 apresenta um croqui com os efeitos da escavação das estacas no terreno, com indicação da região amolgada ou plastificada de pequena espessura e uma região maior em que ocorrem os alívios de tensões (Velloso e Lopes, 2010).

As figuras 2.1b e 2.1c apresentam a evolução das tensões horizontais e da umidade junto ao fuste para estacas executadas com uso de lama bentonítica para uma dada profundidade (z). Na fase de escavações as tensões horizontais são reduzidas ao empuxo da lama (γ_l sendo o peso específico da lama) e após a concretagem são elevadas às tensões do concreto fresco (γ_c sendo o peso específico do concreto fresco). Com o tempo as tensões podem crescer ligeiramente. O gráfico da umidade indica que, quanto menor o tempo que a escavação permanecer aberta até a concretagem, menor será o aumento da umidade do solo junto ao fuste. Assim, quanto menor o tempo entre a escavação e a concretagem da estaca, menor será a descompressão e, conseqüentemente, menor a deterioração das características do subsolo.

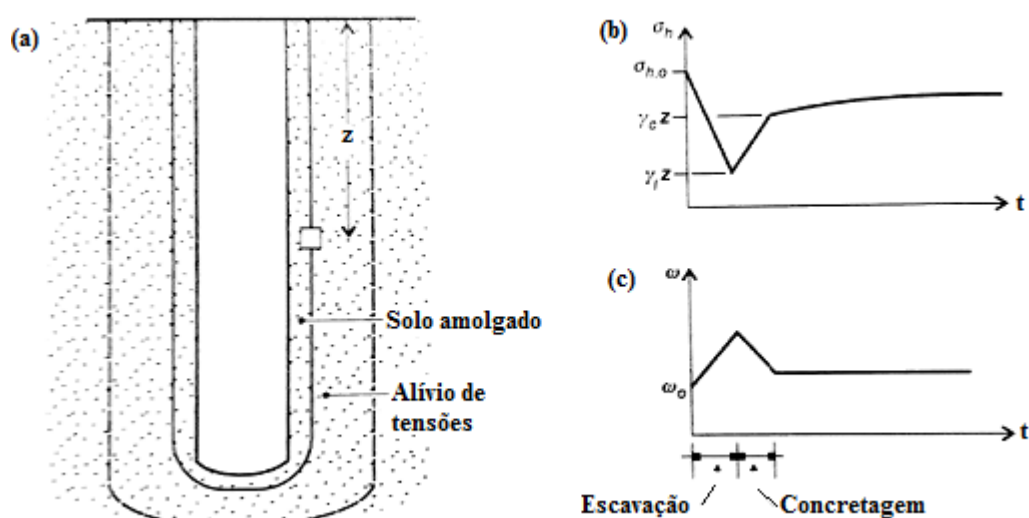


Figura 2.1: Efeitos da escavação das estacas escavadas (Veloso e Lopes, 2010)

Dentre as principais vantagens no uso de estacas escavadas pode-se indicar a possibilidade de execução em regiões urbanas, pois não apresentam perturbações na vizinhança ou vibrações durante a instalação, capacidade de chegar a grandes profundidades, elevadas cargas admissíveis, a adaptação fácil às variações do terreno e o conhecimento do terreno atravessado. Dentre as desvantagens pode ser citado o canteiro de obra com mais movimentação de equipamentos e a mobilização de grandes volumes de concreto para utilização em curto intervalo de tempo.

2.1 ESTACAS ESCAVADAS COM USO DE POLÍMERO

Escavações submersas executadas sem uso de revestimento devem utilizar fluido estabilizante, que pode ser lama bentonítica ou polímero sintético para sustentação das paredes da escavação. O uso de polímeros tornou-se popular, em comparação com lamas bentoníticas, porque exigem menos processamento antes de serem reutilizados e os custos da eliminação são inferiores (Brown et al., 2010), além de aspectos ambientais.

Os polímeros são constituídos por moléculas de hidrocarbonetos de cadeia longa que formam uma rede tridimensional de cadeias poliméricas. Esta estrutura organizacional, em combinação com várias outras características físicas ou de desempenho, permite formar uma membrana polimérica na parede lateral da escavação. A membrana permite o controle da perda de fluido e a pressão positiva a ser exercida contra a parede lateral da escavação.

A escavação é feita simultaneamente ao lançamento do fluido, devendo estar no mínimo 1,50m acima do nível do lençol freático, sendo prática usual 2,50m. Ao ser terminada a escavação deve ser verificada a porcentagem de areia em suspensão na lama e, em função desse valor, deve-se proceder a sua desarenação para garantir a qualidade. Caso o fluido utilizado seja polímero a desarenação é imediata, necessitando apenas de limpeza de fundo. A limpeza de fundo pode ser realizada com uso do sistema *air lift* ou bombeamento submerso de eficiência equivalente, dependendo das especificações de projeto, a fim de melhorar o contato concreto-solo ou rocha (ABNT NBR 6122, 2010).

Antes do início da concretagem deve ser colocada a armadura especificada em projeto com uso de espaçadores para garantir o cobrimento e sua centralização. Durante a concretagem, o fluido estabilizante é deslocado pelo concreto em direção ascendente para fora da furo. A técnica de concretagem é submersa e contínua com uso de tubo tremonha, devendo ser realizada logo após as etapas anteriores. O tubo é mergulhado no fluido chegando ao fundo da escavação, conforme apresentado na figura 2.2. Uma bola plástica é colocada no interior do tubo para evitar que o fluido que está no interior do tubo se misture com o concreto, funcionando como êmbolo, expulsando o fluido pela ação do peso do concreto. O tudo é levantado o suficiente para a passagem da bola logo no início da concretagem. Para não

prejudicar a continuidade do fuste da estaca com as chamadas "juntas frias" as ações como manobras dos caminhões betoneiras e encurtamento da tremonha devem ser o mais breve possível.

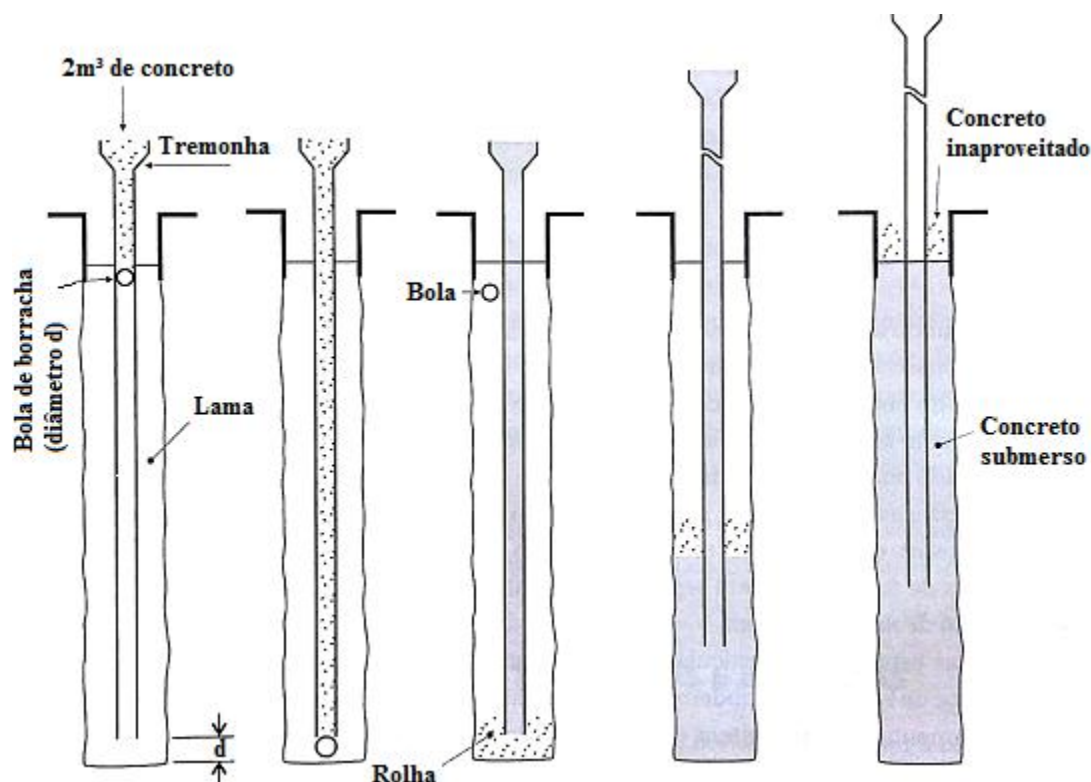


Figura 2.2: Concretagem de estaca escavada com lama (uso de tubo tremonha)

A norma brasileira NBR6122:2010 estabelece as propriedades para o polímero a ser utilizado para execução das estacas escavadas com fluido estabilizante, conforme apresentado nas tabela 2.1.

Tabela 2.1: Propriedades do polímero a ser utilizado para execução das estacas escavadas com fluido estabilizante

Propriedades	Valores	Equipamentos para ensaio
Densidade	1,005 g/cm ³ a 1,05 g/cm ³	Densímetro
Viscosidade	35 s a 120 s	Funil Marsh
pH	8 a 12	Indicador de pH
Teor de Areia	Até 3%	<i>Baroid sand content</i> ou similar

fonte: ABNT NBR 6122/2010

As exigências mínimas da norma brasileira para o concreto a ser utilizado para estacas escavadas com fluido são:

- a) consumo de cimento mínimo de 400 kg/m³;
- b) abatimento ou slump test igual a (22 ±3) cm;
- c) fator água cimento ≤ 0,6;
- d) dimensão máxima do agregado de 19 mm (brita 1);
- e) % de argamassa em massa ≥ 55%;
- f) traço tipo bombeado;
- g) fck ≥ 20 MPa.

O valor de fck está sendo discutido atualmente para ser especificado em no mínimo 30MPa, uma vez que para concretos com consumo de 400 kg/m³ de cimento são atingidos valores de resistência maiores que o especificado de 20MPa.

A textura viscosa da lama polimérica pode sugerir que a suspensão lubrifique a interface entre o solo e o concreto. Porém estudos realizados por O'Neill e Hassan (1994) em solos areno-siltoso de Los Angeles mostram que o polímero se decompõe a valores de pH superiores a aproximadamente 11,7 e quando expostos a cal no concreto geram reações químicas que tem como resultantes água e dióxido de carbono. O concreto fluido geralmente tem um pH superior a 12, levantando-se a hipótese de que a exposição da lama polimérica ao concreto destrói o polímero e deixa o concreto em contato com o solo na superfície do furo. A pequena quantidade de água residual e dióxido de carbono restante perto da interface aparentemente não causam problemas à resistência da estaca.

Comparando o uso de lama polimérica com bentonítica, Meyers (1996) compara as capacidades de carga de duas estacas escavadas executadas em solos saturados de areia e cascalho no Novo México. Uma estaca foi executada com lama de bentonítica controlada e a outra com polímero de alta massa molecular. Embora ambas as estacas tenham apresentado resistências lateral mais elevadas que as de projeto, a estaca perfurada com a

lama polimérica desenvolveu resistência lateral mais elevada do que a com lama de bentonítica.

Segundo (Brown et al., 2010), os principais riscos associados com o uso de polímeros para estabilização são: incompatibilidade com as condições do solo, danos nas cadeias poliméricas devido a equipamentos de mistura inadequados, instabilidade do furo devido à pressão insuficiente e inadequado tempo de sedimentação e limpeza. Para evitar problemas em estacas escavadas com uso de polímeros são importantes os seguintes cuidados:

- a) verificação com o fornecedor de polímero as indicações: fluidos de perfuração englobam uma grande variedade de produtos com diferentes composições químicas e aditivos. É importante selecionar os produtos e os aditivos apropriados ao de tipo de solo e à composições química existentes na água;
- b) misturas: qualquer ação mecânica perturba a estrutura da cadeia de polímeros e diminui a eficácia da lama;
- c) pressões adequadas: a boa prática inclui introdução da lama antes escavação em estratos e manutenção no topo da lama. A diferença entre a elevação do topo da lama e da altura piezométrica é importante também quando se utiliza lama bentonítica, mas é especialmente crítica com lamas poliméricas por causa de suas baixas densidades;
- d) tempo suficiente para sedimentação: lamas poliméricas não suspendem as partículas de solo. É importante para que haja tempo suficiente da sedimentação para o fundo da coluna de lama antes da colocação do concreto. O tempo necessário para a sedimentação pode variar de 30 minutos até 2 horas, dependendo do tamanho dos veios, da quantidade de sedimentos e do tipo de polímero.

2.2 INCERTEZAS DE PROJETOS DE FUNDAÇÕES

As soluções de problemas de engenharia estão relacionadas a incertezas inevitáveis. A natureza das incertezas podem ser classificadas em três tipos: intrínsecas, de parâmetros e de modelo (Hachich e Wolle, 1996). As incertezas intrínsecas é natural ou fundamental proveniente da própria aleatoriedade dos fenômenos naturais (ventos máximos anuais, padrões geológicos de deposição e intemperismo, etc). As incertezas de parâmetro são relacionadas às estimativas dos modelos utilizados (por exemplo, a resistência média do solo de fundação), proveniente da falta ou insuficiência de dados e informações, podendo ser reduzida com maiores amostragens. A de modelo é a incerteza quanto ao modelo adotado para descrever o fenômeno, podendo ser modelos físicos, que são constitutivos para representação do comportamento dos solos, ou probabilísticos, que são usados para descrever as variáveis aleatórias do modelo físico.

Na Engenharia Geotécnica as propriedades do material, ou seja, do solo, são estimadas em função de ensaios *in situ*. Porém as propriedades dos solos são inerentemente heterogêneas e altamente variáveis, sendo depósitos de solos naturais caracterizados por camadas irregulares de vários materiais (argila, silte, areia, pedregulho ou combinações desses) com largas faixas de densidades, proporções de mistura e outras propriedades que afetam a resistência e compressibilidade dos depósitos (Ang e Tang, 2007).

As incertezas são oriundas não somente da variabilidade natural do solo, mas também dos efeitos dos detalhes construtivos não controláveis no desempenho das estacas sob carga. A tabela 2.2 apresenta os resultados de prova de carga dinâmica em estacas de mesmo bloco com idades diversas (Milititsky et al., 2015). Mandolini (2005) apresenta a variabilidade de comportamento de estacas supostamente idênticas submetidas a ensaios de prova de carga estática, conforme apresentado na figura 2.3.

Tabela 2.2: Resultados de prova de carga dinâmica em estacas do mesmo bloco

Data de Ensaio	Estaca	Composição (m)	Comprimento Total (m)	Comprimento Cravado (m)	Resistência Máxima Mobilizada (kN)
14/12/2011	E-02A	11+11+11	33,00	28,50	2.516
08/12/2011	E-06	11+11+11	33,00	30,20	3.085
16/12/2011	E-06	11+11+11	33,00	30,20	3.544
08/12/2011	E-20	11+11+11	33,00	30,00	3.088
14/12/2011	E-20	11+11+11	33,00	30,00	3.542
08/12/2011	E-24	11+11+11	33,00	29,70	2.080
14/12/2011	E-24	11+11+11	33,00	29,70	2.212

fonte: Mititsky et al., 2015

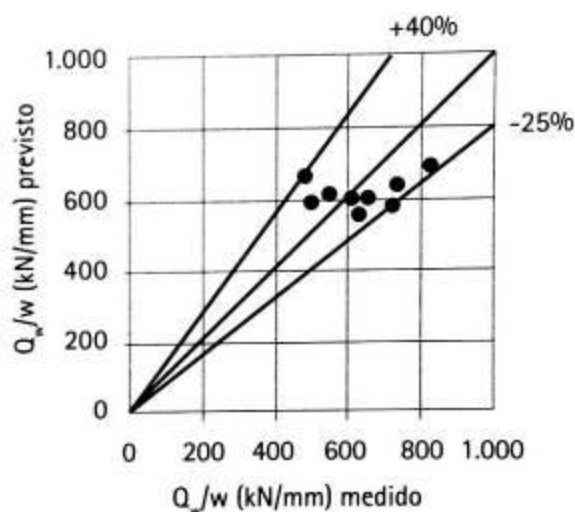
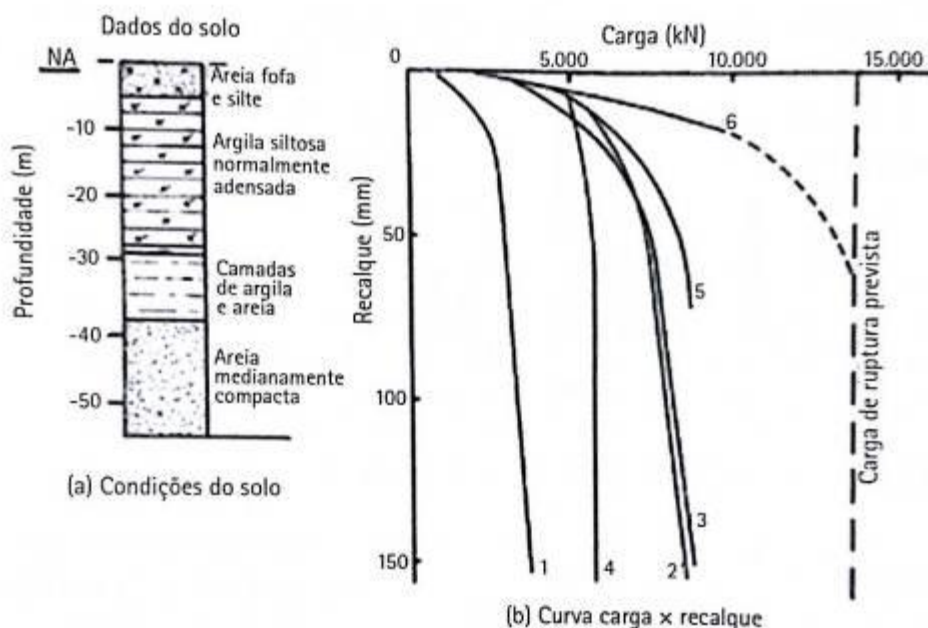


Figura 2.3: Variabilidade de estacas idênticas ensaiadas estaticamente (Mandolini, 2005 apud Milititsky et al., 2015)

Segundo Milititsky et al. (2015) é relevante salientar que quando são ensaiadas estacas idênticas, ou seja, que foram executadas pelo mesmo processo, equipamento e local e que possuem a mesma geometria, dependendo do tipo de estaca, os resultados também apresentam variabilidade. Segundo O'Neill e Reese (1999), o desempenho de estacas escavadas é dependente do método de construção. Ensaio em estacas escavadas de grande diâmetro com diferentes métodos executivos apresentam dispersão nos resultados, conforme figura 2.4, que mostra os resultados de seis estacas ensaiadas.



Resultados dos ensaios realizados em estacas escavadas com uso de lama em Porto Toelle, Itália. Prova de carga constante:

- (1) Estaca de 800 mm de diâmetro, 42 m de profundidade, escavação com bucket
- (2) Estaca de 1.000 mm de diâmetro, 42 m de profundidade, escavação com bucket
- (3) Estaca de 1.000 mm de diâmetro, 42 m de profundidade, escavação com bucket
- (4) Estaca de 1.000 mm de diâmetro, 43,5 m de profundidade, circulação de lama bentonítica
- (5) Estaca de 1.000 mm de diâmetro, 43 m de profundidade, circulação de lama bentonítica
- (6) Estaca de 1.000 mm de diâmetro, 46 m de profundidade, escavação com bucket com injeção na base

Figura 2.4: Variabilidade de resultados de estacas escavadas executadas com diferentes processos (Fleming e Sliwinski, 1977 *apud* Mititsky et al., 2015)

Na figura 2.5 apresenta resultados de desempenho de estacas hélice contínua versus os valores de capacidade de carga prevista usando o método preconizado pelo Brown et al. (2007).

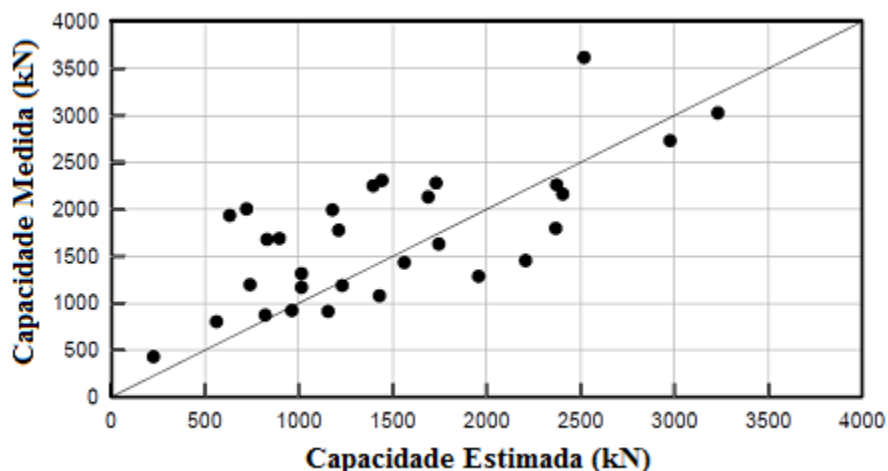


Figura 2.5: Resultado previsões versus desempenho de estacas hélice contínua usando o método FHWA (Brown et al., 2007)

Em projetos de fundações é usual a adoção de um perfil característico, com valores mínimos ou médios de projeto, sendo necessária a escolha e utilização de fatores de segurança representativos do nível de incertezas e variabilidade inerentes das previsões. Existem inúmeras propostas de métodos, com fatores de ajuste e coeficientes de segurança indicados pelos autores, sendo previsões resultantes da experiência de seus autores. Quando os métodos são utilizados em projeto as previsões obtidas para um mesmo perfil de sondagem são diversas. Dependendo do tipo de solo e de estaca alguns resultados são mais conservadores e outros mais otimistas, devendo serem avaliados em projetos por provas de carga para ajuste de representatividade. A variabilidade dos valores de capacidade de carga calculados para estacas escavadas pelos métodos de Aoki e Velloso (1975), Décourt e Quaresma (1978) e o método UFRGS, pode ser observado na figura 2.6.

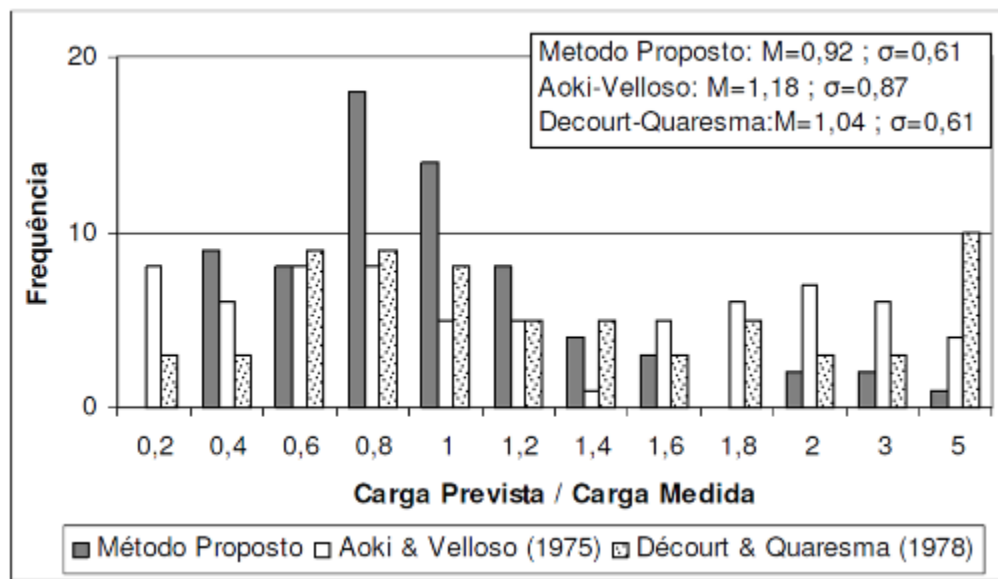


Figura 2.6: Variabilidade dos valores fornecidos por diferentes métodos de cálculo (Lobo, 2005)

As capacidades de carga de estacas são calculadas utilizando correlações empíricas entre valores medidos de características ou propriedades (ou contagem de valores de N_{SPT}) por meio de ensaios de campo ou de laboratório e resultados de ensaios de carregamento (em geral, provas de carga estática). Os métodos são resultado de experiências e práticas regionais, relacionadas com as seguintes variáveis ou aspectos, entre outros (Milititsky et al., 2015):

- a) propriedades características dos materiais locais;
- b) métodos de investigação do subsolo;
- c) métodos e detalhes executivos dos diferentes tipos de estacas;
- d) efeitos desses métodos executivos nas propriedades e condições dos solos anteriores à execução das estacas;
- e) tipo de ensaio de carregamento e definição de "carga de ruptura" adotada (diferente nas diversas normas e práticas).

Trevor (2016) apresentou no International Symposium on Design of Piles in Europe, realizado na Bélgica, um comparativo de diferentes práticas para determinação de

capacidade de carga de estaca escavadas realizadas por membros do European Technical Committee 3 da International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). O artigo indica que todos os membros consideram o Eurocode 7 para previsões do comportamento de fundações profundas, porém a norma não especifica nenhum método de cálculo. Foram fornecidos os resultados de 3 CPT, 2 SPT, 2 DMT e ensaios triaxial realizados em uma área de 36m x 18m. O total de 10 previsões foram fornecidas de 8 diferentes países. As previsões utilizaram os métodos apresentados na tabela 2.3.

Tabela 2.3: Métodos utilizados na previsão de estacas escavadas no “*International Symposium on Design of Piles in Europe*”

País	Ensaio de Investigação	Modelos de Cálculo
Bélgica	CPT	qb baseado em De Beer. Fatores de instalação da estaca, efeito de escala, forma da estaca, etc. são dadas na norma belga para calcular R_c e R_s
França	DMT	Modelo de cálculo baseado na pressão limite de Ménard
Rep. Macedônia	c' e ϕ' por ensaios de lab.	Modelo de cálculo de normas macedônicas
Hungria	CPT	Resistência determinada a partir dos resultados CPT usando um dos três métodos: (1) Antigo método padrão holandês da EC7 Parte 2, (2) método de cálculo Fellenius-Eslami e (3) método Szepesházi usando planilha do Excel
Itália	CPT	Método livre baseado na experiência dos autores
Holanda	CPT	Baseado em NEN 9997-1 - ULS com 20% deformação de ponta; Método com fatores para explicar tipo de estaca e forma de base
Polônia (a)	I_L por CPT	Calculado de acordo com a norma polonesa PN-83 / B-02482
Polônia (b)	CPT	Calculado de acordo com a norma polonesa PN-83 / B-02482 e modelo de cálculo Gwizdala e Stec Zniwski
Polônia (c)	c_u por ensaios de lab.	Calculado de acordo com a norma polonesa PN-83 / B-02482
Rússia	CPT	Resistência calculada usando equações e fatores dados pela norma russa GOST 19.912-21.202

fonte: Trevor, 2016

A figura 2.7 apresenta os resultados de resistências médias de ponta ($R_{b,cal}$), lateral ($R_{s,cal}$) e total ($R_{t,cal}$) das dez previsões. As previsões forneceram valores de resistência total que variam de 989kN a 3026kN, sendo o máximo uma previsão polonesa e o mínimo uma previsão russa.



Figura 2.7: resistências médias de ponta ($R_{b,cal}$), lateral ($R_{s,cal}$) e total ($R_{t,cal}$) das previsões (adaptado de Trevor, 2016)

2.3 MÉTODOS DE PREVISÃO

Projetos de fundações profundas devem atender simultaneamente ao estado limite último (ELU) e de serviço (ELS), adotando-se tensões e cargas admissíveis para atender essas condições (NBR 6122, 2010). O estado limite último representa os mecanismos que conduzem ao colapso da fundação, como perda de estabilidade global, ruptura por esgotamento da capacidade de carga do terreno, ruptura estrutural do elemento de fundação. O estado limite de serviço se refere a deformações e fissuras que comprometam o uso da obra.

A carga admissível de uma estaca isolada é, considerando os estados limites último e de serviço, a força que, aplicada sobre a mesma, provoca apenas recalques compatíveis com a construção, oferecendo simultaneamente segurança satisfatória contra a ruptura do solo e do elemento de fundação. Como a carga para a ruptura estrutural da estaca é geralmente

maior do que a necessária para a ruptura do solo, a capacidade de carga da fundação está condicionada ao mecanismo de interação solo-estaca (Lobo, 2005).

Existem inúmeros métodos de previsão do comportamento de fundações profundas submetidas a carregamentos axiais, com cálculos para a transmissão das cargas por meio da resistência lateral e da ponta. Esses métodos podem ser teóricos, semiempíricos e empíricos. Os métodos teóricos, também chamados de indiretos ou racionais, utilizam parâmetros do solo, como ângulo de atrito e coesão, e equações matemáticas que simulam a capacidade de carga. Os semiempíricos, ou diretos, se baseiam em correlações entre a capacidade de carga do elemento com resultados de ensaios *in loco*, como o CPT e o SPT. Os métodos empíricos a capacidade de carga é estimada com base na classificação das camadas, devendo ser utilizados apenas para estimativas iniciais.

Os métodos de previsão se baseiam no equilíbrio entre a carga aplicada, o peso próprio da estaca e a resistência oferecida pelo solo na ponta e no fuste, conforme a equação 2.1.

$$Q_{ult} + W = Q_{b,ult} + Q_{s,ult} \quad (2.1)$$

Sendo:

Q_{ult} - capacidade de carga total da estaca

W - peso próprio da estaca

$Q_{b,ult}$ - capacidade de carga da ponta da estaca

$Q_{s,ult}$ - capacidade de carga do fuste da estaca

Desprezando-se a parcela de peso próprio da estaca, a equação pode ser reescrita em resistências unitárias:

$$Q_{ult} = A_b \cdot q_b + U \cdot \sum q_s \cdot \Delta l \quad (2.2)$$

Sendo:

A_b - área da ponta da estaca

q_b - resistência unitária da ponta

U - perímetro da estaca, suposto constante

q_s - resistência unitária lateral

Δl - trecho do comprimento da estaca, no qual se aplica a resistência unitária lateral q_s

A determinação das resistências unitárias de ponta e lateral são estimadas por diversos métodos. Serão abordados aqui os métodos mais utilizados e os que obtiveram melhores resultados pelos participantes do concurso para as previsões de comportamento da estaca escavada com polímero ET-04.

2.3.1 Métodos Racionais para Determinação de Capacidade de Carga

Dentre os métodos teóricos de determinação de capacidade de carga, ou seja, que utilizam ensaios para determinação de parâmetros e propriedades do solo para cálculo das resistências unitárias laterais e de ponta (q_s e q_b), foram utilizados nas previsões de capacidade de carga o utilizando o método α (Alpha Method - Total Stress Analyses), para solos argilosos, e o método β (Beta Method - Effective Stress Approaches), para solos arenosos (Poulos, 1989).

Segundo o Beta Method, a resistência unitária lateral para diferentes tipos de estacas e métodos executivos pode ser calculada por (Kulhawy et al., 1983):

$$q_s = C_M \cdot C_K \cdot K_o \cdot \sigma'_{vo} \cdot \tan \phi' \quad (2.3)$$

Sendo:

C_M - fator de interação solo-estaca (tipo de material da estaca);

C_K - fator quanto ao método executivo;

K_o - coeficiente de empuxo lateral;

σ'_{vo} - tensão vertical efetiva;

ϕ' - ângulo de atrito interno efetivo.

Os valores de C_M e C_K são apresentados na tabela 2.4.

Tabela 2.4: Valores dos fatores C_M e C_K

Fator quanto ao método executivo C_K	Estaca injetada	$C_K = 0,5$ a $0,6$
	Estaca escavada	$C_K = 0,9$ a $1,0$
	Hélice contínua de pequeno deslocamento	$C_K = 1,0$ a $1,1$
	Hélice contínua de grande deslocamento	$C_K = 1,1$ a $1,2$
Fator de iteração solo-estrutura C_M	Solo/concreto áspero (escavada)	$C_M = 1,0$
	Solo/concreto regular (pré-moldado)	$C_M = 0,9$
	Solo/madeira	$C_M = 0,8$
	Solo/aço áspero	$C_M = 0,7$
	Solo/aço regular	$C_M = 0,6$
	Solo/aço inoxidável	$C_M = 0,5$

(Kulhawy et al., 1983)

A resistência unitária de ponta, q_b , é calculada com base na teoria de expansão de cavidades, considerando as equações 2.4 e 2.5 para não-drenados e drenados, respectivamente.

$$q_b = N_c \cdot Su \quad (2.4)$$

$$q_b = N_q \cdot \sigma'_{vo} \quad (2.5)$$

2.3.2 Métodos Semiempíricos para Determinação de Capacidade de Carga

Os métodos semiempíricos podem utilizar ensaios como o SPT e o CPT para estimativas da capacidade de carga de fundações profundas. Aqui serão apresentados os métodos de Décourt e Quaresma (1982) e de Teixeira (1996) ensaios a percussão SPT. Baseados em ensaios CPT serão abordados os métodos de De Ruyter e Beringen (1979), ou Dutch Method, Bustamante e Gianceselli (1982), ou LCPC Method, e Eslami e Fellenius (1997).

O método de Décourt e Quaresma (1982) correlaciona a resistência de ponta, em tf/m^2 , e os valores de N_{SPT} , conforme a equação 2.6.

$$q_b = CN_{mb} \quad (2.6)$$

Sendo os valores de C relacionados com o tipo de solo apresentados na tabela 2.5. O valor de N_{mb} deve ser calculado como a média entre o valor da ponta da estaca e dos valores imediatamente anterior e posterior.

Tabela 2.5: Valores de C

Tipo de Solo	C (tf/m²)
Argilas	12
Siltos argilosos (alteração de rocha)	20
Siltos arenosos (alteração de rocha)	25
Areias	40

(Décourt e Quaresma, 1978)

A resistência lateral, em tf/m², é dada pela equação 2.7.

$$q_s = \frac{N_{\text{médio}}}{3} + 1 \quad (2.7)$$

Tendo $N_{\text{médio}}$ dado pela média dos valores de N_{SPT} ao longo do fuste da estaca. A expressão independe do tipo de solo. Os valores de N_{SPT} ao longo do fuste deve ser considerado de no mínimo 3 e no máximo 50.

Para estacas escavadas com lama bentonítica, cujo recalque não deve exceder 1 cm, Décourt sugere que seja considerado apenas a resistência lateral calculada pela expressão 2.7. Caso se admitam valores maiores de recalques, pode-se considerar uma resistência de ponta admissível igual a $N_{\text{médio}}/3$ somada a resistência lateral.

Teixeira (1996) propôs um método para determinação da capacidade de carga de estacas em função de parâmetros α e β .

$$Q_{s,\text{ult}} = \alpha N_b A_b + U \beta N_L L \quad (2.8)$$

Sendo:

N_b - valor médio de N_{SPT} no intervalo de 4 diâmetros acima da ponta da estaca e um diâmetro abaixo;

N_L - valor médio de N_{SPT} ao longo do fuste da estaca;

A_b - área da ponta da estaca;

L - comprimento da estaca.

Os valores de α para estacas escavadas são indicados na tabela 2.6 em função da natureza do solo. O valor de β é indicado como 0,4 para estacas escavadas a céu aberto. Segundo o autor para estacas escavadas recomenda-se o uso de fatores de segurança de 4 e 1,5 respectivamente para a ponta e para o atrito lateral.

Tabela 2.6: Valores de α

Solo	α (tf/m²) para 4<N<40
Argila siltosa	10
Silte argiloso	11
Argila arenosa	13
Silte arenoso	16
Areia argilosa	20
Areia siltosa	24
Areia	27
Areia com pedregulhos	31

fonte: Teixeira, 1996

No Método Holandês - Dutch Method (De Ruiters e Beringen, 1979) a resistência de ponta da estaca, q_b , é estimada em solos não coesivos pela média da resistência do cone (q_c) entre as profundidades de 8D acima e 4D abaixo da ponta da estaca, sendo D o diâmetro da estaca. Como pode ser observado na figura 2.8, a média da resistência do cone q_{c1} para o trecho abaixo da ponta da estaca é determinado pelo caminho 'abcd', sendo o trecho x selecionado de forma a minimizar q_{c1} . Para o trecho acima da ponta da estaca a média da resistência do cone é calculada similarmente pelo caminho 'efgh'. A resistência da ponta é obtida pela média de q_{c1} e q_{c2} , conforme a equação 2.9.

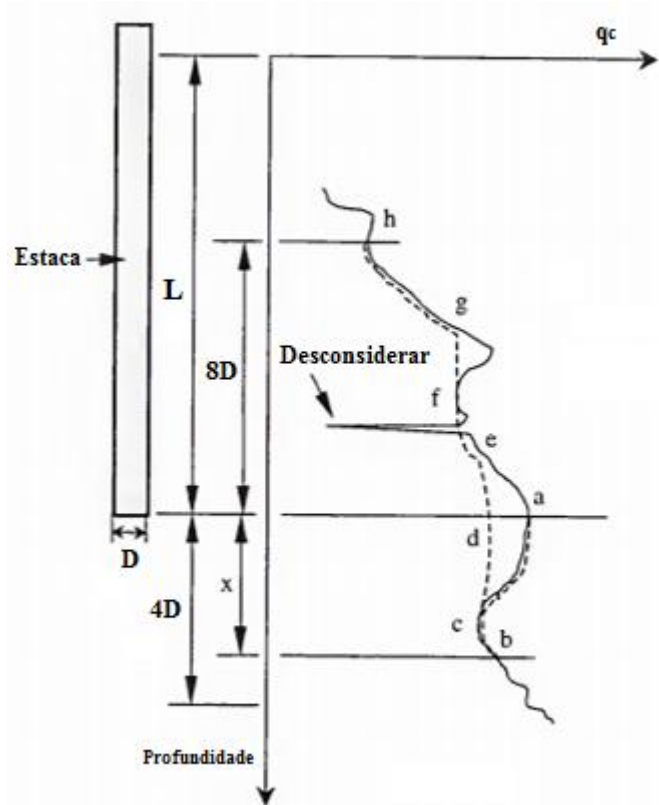


Figura 2.8: Dutch Method para determinação da capacidade de carga de ponta (Salgado e Lee, 1999)

$$q_b = \frac{w \cdot (q_{c1} + q_{c2})}{2} \geq 150 \text{ Pa} \quad (2.9)$$

Sendo:

w - fator de correlação;

q_{c1} - média da resistência do cone no trecho abaixo da ponta da estaca;

q_{c2} - média da resistência do cone no trecho acima da ponta da estaca;

P_a - pressão atmosférica $\approx 100 \text{ kPa}$

Os valores do fator de correlação do Dutch Method são apresentados na tabela 2.7.

Tabela 2.7: Valores do fator de correlação w

Condição do solo	Valores de w
Areia com OCR = 1	1,00
Areia grossa com cascalho; areia com OCR = 2 a 4	0,67
Cascalho fino; areia com OCR = 6 a 10	0,50

fonte: Salgado e Lee, 1999

Bustamante e Gianeselli (1982) propôs um método para determinação da capacidade resistente de estacas com base nos dados do ensaio CPT, conhecido como LCPC Method. O método foi calibrado com base na interpretação de 94 estudos com ensaios de carga realizados em vários tipos de solo e cinco tipos de estacas, sendo 55 estacas escavadas com comprimentos entre 6 e 44m. As resistências de ponta, q_b , e lateral, q_s , são calculadas por:

$$q_b = k_c \cdot q_{ca} \quad (2.10)$$

$$q_s = \frac{1}{k_s} \cdot q_c \quad (2.11)$$

Sendo:

k_c - fator de resistência da ponta;

q_{ca} - resistência equivalente do cone na base da estaca;

k_s - fator de resistência lateral;

q_c - resistência equivalente do cone no nível correspondente.

Os valores dos parâmetros k_c e k_s foram estabelecidos a partir de ensaios de carga em verdadeira grandeza. Os valores variam conforme o tipo e compacidade do solo, dada pela resistência à cravação do cone, q_c , e o tipo de estaca. São apresentados nas tabelas 2.8 e 2.9 os valores para k_s e k_c , respectivamente.

Tabela 2.8: Valores de k_s para diferentes tipos de solos e estacas

Tipo de solo	q_c/Pa	Valor de k_s				Máximo q_s/Pa					
		Tipo									
		IA	IB	IIA	IIB	IA	IB	IIA	IIB	IIIA	IIIB
Argila mole	< 10	30	30	30	30	0,15	0,15	0,15	0,15	0,35	-
Argila levemente compacta	10 a 50	40	80	40	80	0,35 (0,8)	0,35 (0,8)	0,35 (0,8)	0,35	0,80	$\leq 1,2$
Silte e areia fofa	≤ 50	60	150	60	120	0,35	0,35	0,35	0,35	0,80	-
Argila compacta a rija e silte compacto	> 50	60	120	60	120	0,35 (0,8)	0,35 (0,8)	0,35 (0,8)	0,35	0,80	$\leq 2,0$
Cal mole	≤ 50	100	120	100	120	0,35	0,35	0,35	0,35	0,80	-
Areia e cascalho levemente compacto	50 a 120	100	200	100	200	0,80 (1,2)	0,35 (0,8)	0,80 (1,2)	0,80	1,20	$\leq 2,0$
Cal rígida a fragmentada	> 50	60	80	60	80	1,20 (1,5)	0,80 (1,2)	1,20 (1,5)	1,20	1,50	$\leq 2,0$
Areia e cascalho compacto a muito compacto	>120	150	300	150	200	1,20 (1,5)	0,80 (1,2)	1,20 (1,5)	1,20	1,50	$\leq 2,0$

$P_a = 100kPa = 0,1 MPa$

Tipo IA: estacas escavadas e estacas escavadas com lama, barretes, microestacas injetadas com baixas pressões

Tipo IB: Estacas escavadas com revestimento metálico e estacas hélice contínua

Tipo IIA: Estacas pré-moldadas

Tipo IIB: Estacas metálicas

Tipo IIIA: Estacas franki

Tipo IIIB: Estacas injetadas com diâmetros maiores que 250mm e instaladas com alta pressão

fonte: Bustamante e Ganeselli, 1982

Tabela 2.9: Valores de k_c para diferentes tipos de solos e estacas

Tipo de solo	q_c/Pa	Valor de k_c	
		Grupo I	Grupo II
Argila mole	< 10	0,40	0,50
Argila levemente compacta	10 a 50	0,35	0,45
Silte e areia fofa	≤ 50	0,40	0,50
Argila compacta a rija e silte compacto	> 50	0,45	0,55
Cal mole	≤ 50	0,20	0,30
Areia e cascalho levemente compacto	50 a 120	0,40	0,50
Cal rígida a fragmentada	> 50	0,20	0,40
Areia e cascalho compacto a muito compacto	> 120	0,30	0,40

$P_a = 100kPa = 0,1 MPa$

Grupo I: estacas escavadas e estacas escavadas com lama, barretes, microestacas injetadas com baixas pressões

Grupo II: Estacas hélice contínua e tipos IIA, IIB, IIIA e IIIB da tabela 2.8

fonte: Bustamante e Gianceselli, 1982

A resistência equivalente, q_{ca} , é a média aritmética das resistências de ponta q_c , medidas entre $1,5D$ e $-1,5D$ em torno da ponta da estaca, ou seja, acima e abaixo da cota de fundo da estaca, sendo D o diâmetro da estaca. O procedimento para determinação de q_{ca} consiste nas seguintes etapas (ver figura 2.9):

- 1 - A curva da resistência do cone, dada por q_c , é suavizada para eliminar irregularidades locais da curva bruta, ou seja, para questões de segurança a suavização faz com que a curva seja mais próxima dos vales que dos picos da curva bruta;
- 2 - Com a curva de suavizada, calcula-se a média da resistência do cone dessa curva, q_{cm} , entre a distância igual a $1,5D$ acima e $1,5D$ abaixo da ponta estaca;
- 3 - Baseado no valor da média da resistência do cone, q_{cm} , a curva é recortada para valores superiores a $1,3q_{cm}$ entre $1,5D$ e $-1,5D$ e inferiores a $0,7q_{cm}$ para o trecho de $1,5D$ acima da ponta da estaca. A resistência equivalente do cone, q_{ca} , é calculada como a média após os cortes da curva suavizada.

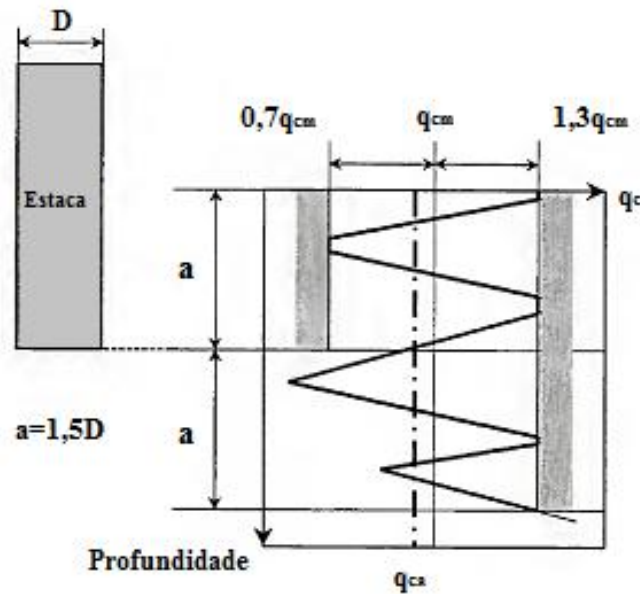


Figura 2.9: Determinação da resistência equivalente q_{ca} pelo LCPC Method (Bustamante e Gianselli, 1982)

Eslami e Fellenius (1997) desenvolveram um método baseado em dados do ensaio CPT a partir de dados de amostras e testes de laboratório de vinte locais em cinco diferentes países (Figura 2.10). Os dados foram divididos em cinco categorias principais de solo, conforme apresentado no gráfico de q_E , resistência efetiva do cone, versus f_s , apresentado na figura 2.9. A base de dados não inclui casos com solos cimentados ou argilas muito duras, por essa razão essas não são incluídas no gráfico. O valor de q_E é calculado pela fórmula 2.12.

$$q_E = (q_t - u_2) \quad (2.12)$$

Sendo:

q_t - resistência do cone corrigida para a pressão da água intersticial (equação 2.21);

u_2 - poropressão medida pelo ensaio cone.

$$q_t = q_c + u_2 \cdot (1-a) \quad (2.13)$$

Sendo:

a - relação entre a área da base do cone não afetada pela poropressão da água para a área total da base.

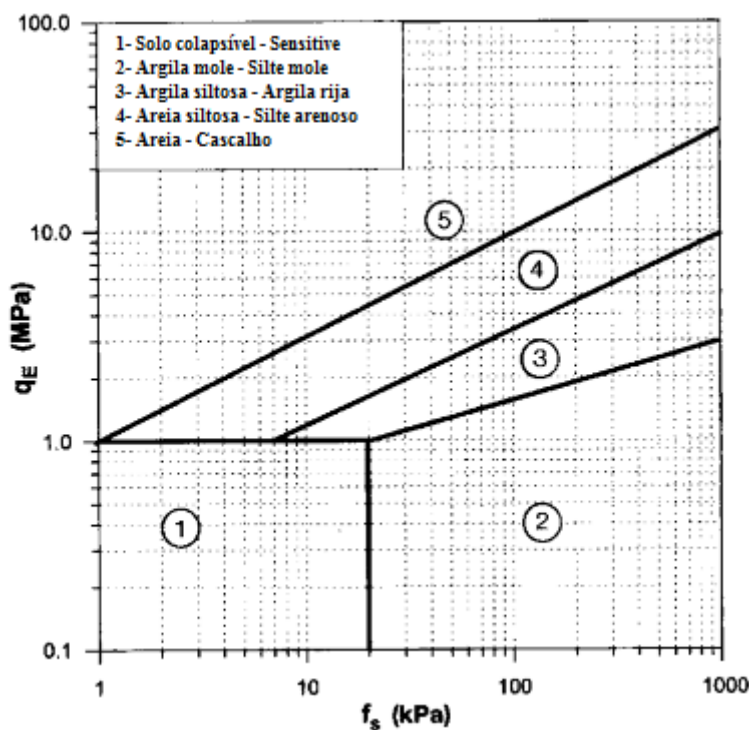


Figura 2.10: Gráfico de perfis (Eslami e Fellenius, 1997)

As resistências unitárias de ponta e lateral são calculadas considerando valores de q_E , conforme apresentado respectivamente nas equações 2.14 e 2.15.

$$q_b = C_t \cdot q_E \quad (2.14)$$

$$q_s = C_s \cdot q_E \quad (2.15)$$

Sendo:

C_t – coeficiente de correlação da base, indicado uso igual a 1,0;

C_s – coeficiente de correlação lateral.

O valor de C_s é dependente do tipo de solo, conforme apresentado na tabela 2.10. O tipo de solo deve ser classificado entre os cinco perfis conforme a figura 2.10.

Tabela 2.10: Valores de C_s (Eslami e Fellenius, 1997)

Tipo de Solo	C_s	
	Variação (%)	Estimativa (%)
Solos moles	7,37 – 8,64	8,0
Argila	4,62 – 5,56	5,0
Argila rija e mistura de argila e silte	2,06 – 2,80	2,5
Mistura de silte e areia	0,87 – 1,34	1,0
Areia	0,34 – 0,60	0,4

fonte: Eslami e Fellenius, 1997

2.3.3 Métodos para Determinação da Relação Carga e Recalque

A capacidade de carga de uma estaca, Q_{ult} , busca estimar o valor de carga que mobiliza toda a resistência do solo, dados pela lateral e pela ponta. A compreensão do mecanismo de transferência de carga de uma estaca para o solo, também chamado de interação solo-estaca, visa compreender o comportamento de uma estaca desde o início do carregamento até a ruptura.

A carga aplicada a uma estaca é transferida ao solo por tensões cisalhantes ao longo do fuste da estaca e das tensões normais na base da estaca, gerando um recalque na cabeça da estaca, w , e na ponta da estaca, w_b . O recalque na cabeça da estaca deve considerar ainda o encurtamento da estaca (essencialmente elástico), ρ , tal que:

$$w = w_b + \rho \quad (2.16)$$

Tal que:

$$\rho = \frac{1}{AE_p} \int_0^L Q(z) dz \quad (2.17)$$

Sendo E_p o módulo de elasticidade do material da estaca, considerado constante com a profundidade, assim como a área da estaca.

Lopes (1979) apresenta diagramas esquemáticos do comportamento de estacas carregadas em quatro estágios, sendo o último correspondente à ruptura (figura 2.11). No início do carregamento apenas a parte superior da estaca se mobiliza, ocorrendo a mobilização do atrito lateral de cima para baixo da estaca e ocorrendo o recalque elástico da estaca. Como o recalque devido à mobilização do atrito lateral exige deslocamentos menores do que para a mobilização da base, a resistência de ponta começa a ser mobilizada após a maior parte do atrito lateral ter se esgotado. A figura 2.11f mostra a relação carga-recalque na cabeça da estaca, resultada da composição das figuras 2.11d e 2.11e, respectivamente, do fuste e da base da estaca.

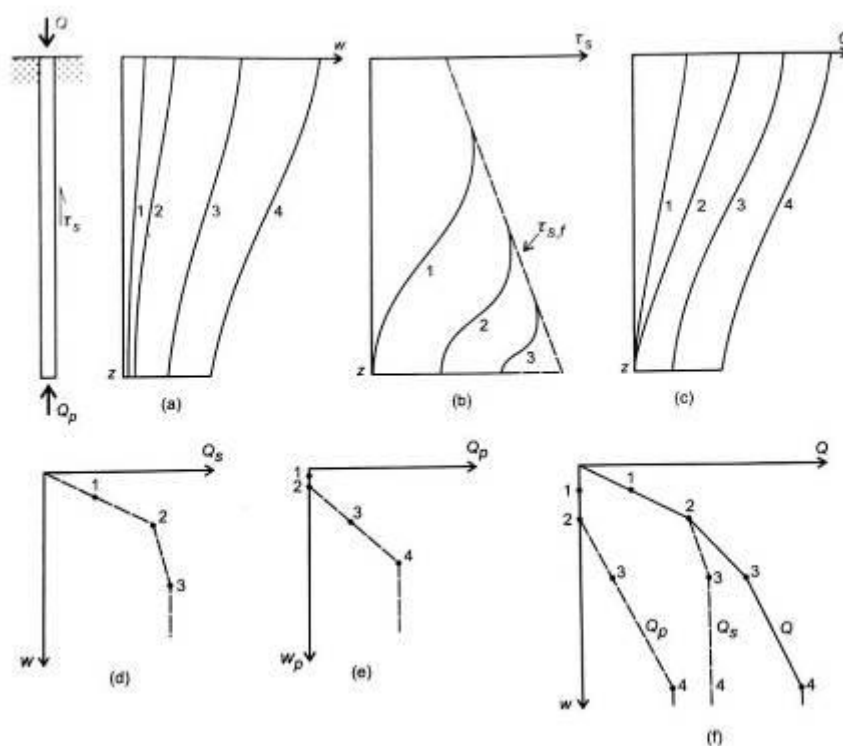


Figura 2.11: Comportamento de estaca esbelta com diagramas (a) de recalque, (b) de atrito lateral, (c) de carga versus profundidade e relações carga-recalque para (d) o fuste, (e) a base e (f) o topo da estaca (Lopes, 1979)

Os métodos de previsão do comportamento carga-recalque de estacas isoladas são baseados em soluções numéricas, como por exemplo Elementos Finitos (FEM), Boundary Element Method (BEM) e Load Transfer Method, também chamado de 't-z' Method.

As aproximações dadas por elementos finitos são baseadas em teorias de elasticidade de Poulos e Davis (1980), tendo como vantagem a possibilidade de modelamento de complexas condições e de representações de tensão-deformação não lineares do solo ao longo de toda zona do solo considerada.

O Load Transfer Method considera que a carga será transferida ao subsolo e camadas subjacentes em parte pelo atrito lateral, que será mobilizado com os incrementos de recalque devido à interface solo-estaca e à compressão da estaca, e outra parte pela ponta da estaca. Com o objetivo de determinar a curva carga-recalque é necessário serem determinados (Murthy, 2002):

- a) Os recalques verticais, s , de qualquer seção transversal em uma profundidade z de uma estaca submetida a um carregamento na parte superior;
- b) A carga correspondente Q_z atuando na seção da estaca na profundidade z ;
- c) O movimento vertical da ponta da estaca e a tensão correspondente.

A mobilização de tensão de cisalhamento a qualquer profundidade z , a partir da superfície do solo depende do recalque vertical da seção transversal estaca nesse ponto. A relação entre os dois pode ser linear ou não-linear. A tensão de cisalhamento atinge o valor máximo na seção quando o movimento vertical da seção da estaca é adequado. Isso torna necessária a construção de curvas τ - s para várias profundidades, conforme necessário. Após a mobilização do atrito lateral ocorrerão recalques devido à ponta da estaca. Esse recalque, s_b , pode ser assumido como linear com a pressão de base, q_p . A fim de resolver o problema de transferência de carga é essencial construir a curva q_p - s , conforme apresentado na figura 2.12.

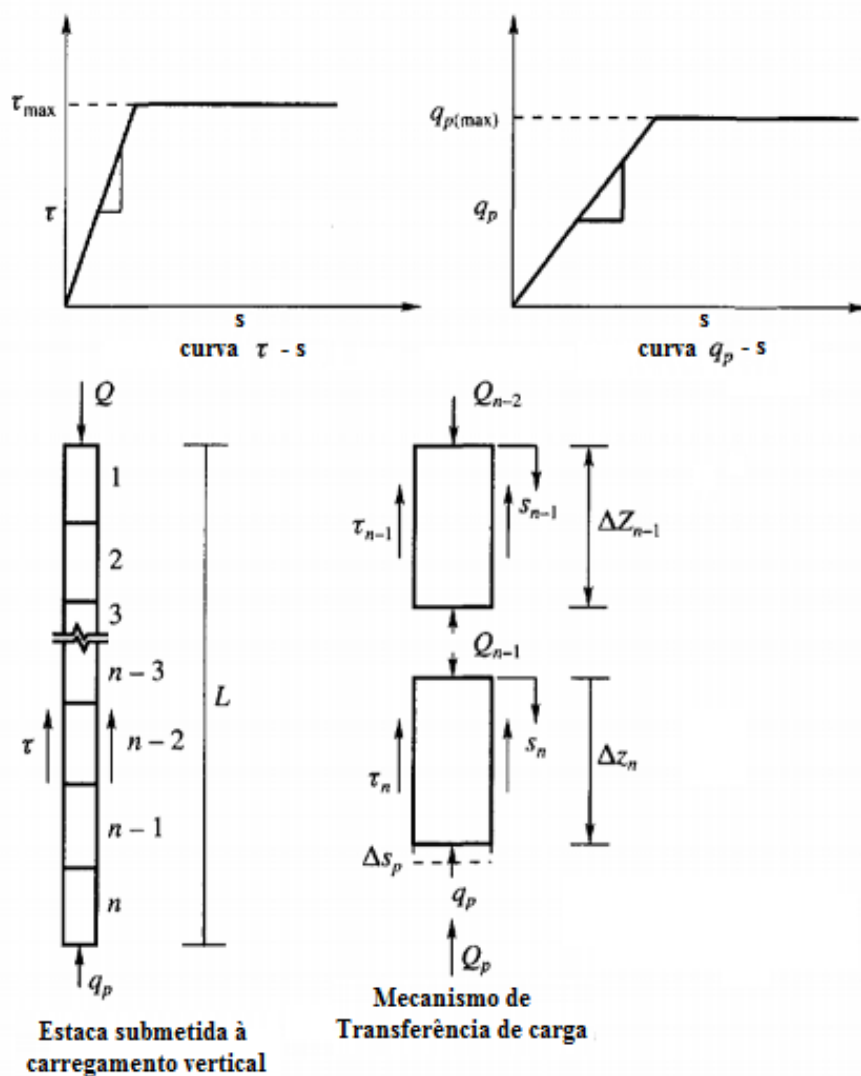


Figura 2.12: Análise da relação carga-recalque pelo Load Transfer Method ou 't-z' Method (Murthy, 2002)

Coyle e Reese (1966, *apud* Ashour, 2004) propuseram um conjunto de curvas médias de transferência de carga para diferentes profundidades com base em testes em laboratório e em campo com estacas instrumentadas em solos argilosos. O modelo apresenta um processo de cálculo baseado no Load Transfer Method que considera a deformação elástica da estaca. Com os dados das curvas de transferência de carga *versus* recalque da estaca foi observada uma relação linear entre a transferência de carga e o recalque para pequenos

deslocamentos medidos de recalque, conforme pode ser observado na figura 2.13. Coyle e Sulaiman (1967) avaliaram curvas de transferência de carga para estacas em areia.

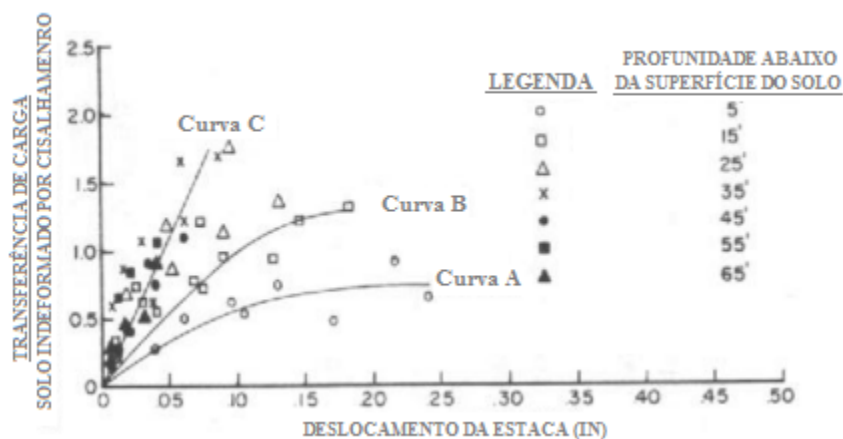


Figura 2.13: Relação de transferência de carga e recalque de estacas (Coyle e Reese, 1966)

Baseado em ensaios CPT, Verbrugge (1981) propôs modelos teóricos elasto-plásticos para as curvas τ -s e q_p -s, com inclinação das partes elásticas fornecidas pelas equações 2.18 e 2.19.

$$\frac{\tau}{s} = \frac{0,22.E_s}{2R} \quad (2.18)$$

$$\frac{q_p}{s} = \frac{3,125.E_s}{2R} \quad (2.19)$$

Segundo Verbrugge (1981) o módulo de elasticidade para solos não coesivos e estacas escavadas pode ser obtido pela equação 2.20, válida para valores de q_c maiores que 4kg/cm^2 .

$$E_s = (36 + 2,2.q_c) \text{ kg/cm}^2 \quad (2.20)$$

Sendo:

q_c – resistência do ensaio cone, em kg/cm^2

A tensão de cisalhamento máxima, $\tau_{\text{máx}}$, a ser considerada para estacas escavadas é dada pela equação 2.21.

$$\tau_{\text{máx}} = 0,005 \cdot q_c \text{ (kN/m}^2\text{)} \quad (2.21)$$

O valor máximo de q_p , pode ser obtido pelo ensaio pressiométrico, de cone ou pela equação 2.22 válida para solos não coesivos.

$$q_{p\text{máx}} = q'_o \cdot N_q \quad (2.22)$$

Para a determinação da curva carga-recalque devem ser seguidas as seguintes etapas:

- a) Dividir a estaca em segmentos conforme conveniente, sendo indicado mínimo de três trechos;
- b) Assumir uma pressão q_p menor que a máxima;
- c) Verificar o correspondente valor de s_p para na curva q_p - s ;
- d) Assumir que a carga no segmento da estaca mais próximo da ponta para o segmento n é igual à carga na ponta;
- e) Calcular a compressão no segmento n para a carga, conforme a equação 2.23;

$$\Delta S_n = \frac{Q_p \cdot L}{A \cdot E_p} \quad (2.23)$$

Sendo:

$$Q_p = q_p \cdot A_b$$

E_p – módulo de elasticidade do material da estaca

- f) Calcular o recalque no topo do segmento n , conforme a equação 2.24

$$s_n = s_p + \Delta s_n \quad (2.24)$$

- g) Utilizar a curva τ - s para determinar τ_n para o recalque s_n ;

h) Calcular a carga no segmento n-1 da estaca pela equação 2.25

$$Q_{n-2} = \tau_n \cdot \Delta z_n \cdot \pi \cdot D + Q_p \quad (2.25)$$

Sendo:

Δz_n - comprimento do segmento n;

D – diâmetro da estaca no segmento n;

i) Repetir as etapas “d” a “h” até o topo do segmento.

A carga e o recalque calculados com essas etapas fornecem um ponto da curva de carga-recalque correspondente ao q_p arbitrado. Para obtenção de mais pontos da curva é necessária a adoção de outros valores de q_p (etapa “b”).

Poulos e Davis (1980) apresentam soluções desenvolvidas em pela Teoria da Elasticidade em forma de ábacos. Na metodologia a estaca é dividida em elementos uniformemente carregados e a solução é obtida impondo compatibilidade entre os deslocamentos da estaca e os deslocamentos do solo adjacente. Para estacas compressíveis em solos de espessura finita e com ponta em material resistente, a expressão para cálculo de recalques é:

$$w = \frac{QI}{ED} \quad (2.26)$$

Onde D o diâmetro da estaca e I o fator de influência dado por:

$$I = I_o R_k R_h R_v R_b \quad (2.27)$$

Sendo:

I_o - fator de influência que é função da razão entre o diâmetro da base da estaca, B_b , e o diâmetro da estaca (figura 2.14a).

R_k - fator de correção para a compressibilidade da estaca (figura 2.14b), tal que $K = E_p/E$ para estacas maciças;

R_h - fator de correção para a espessura h (finita) do solo compressível (figura 2.14c);

R_v - fator de correção para o coeficiente de Poisson do solo (figura 2.14d);

R_b - fator de correção para a base em solo mais rígido (figura 2.15), sendo E_b o módulo de Young do solo sob a base.

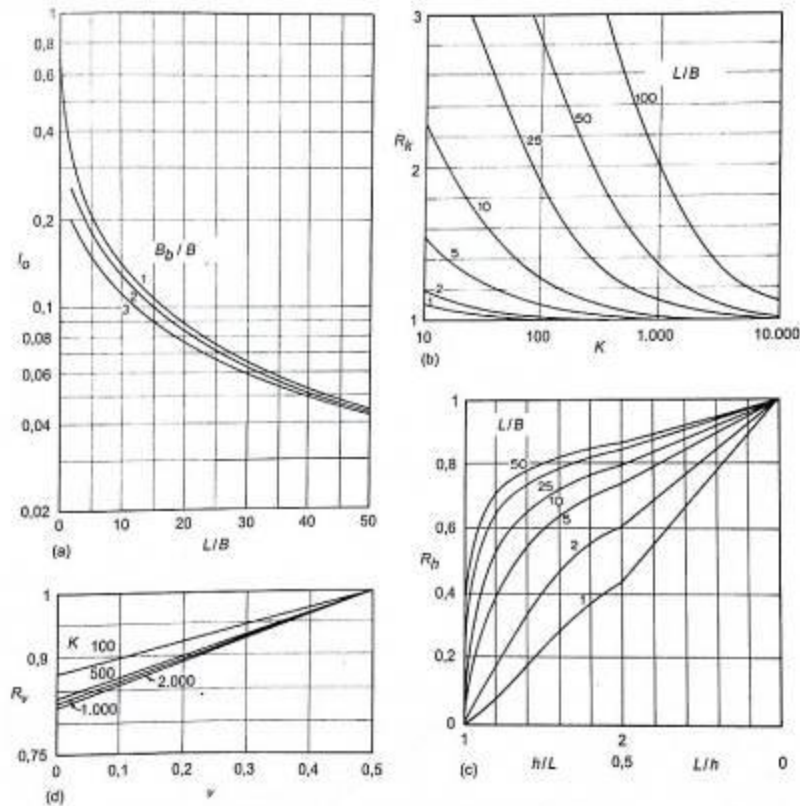


Figura 2.14: Fatores para cálculo de recalque de estacas (Poulos e Davis, 1974)

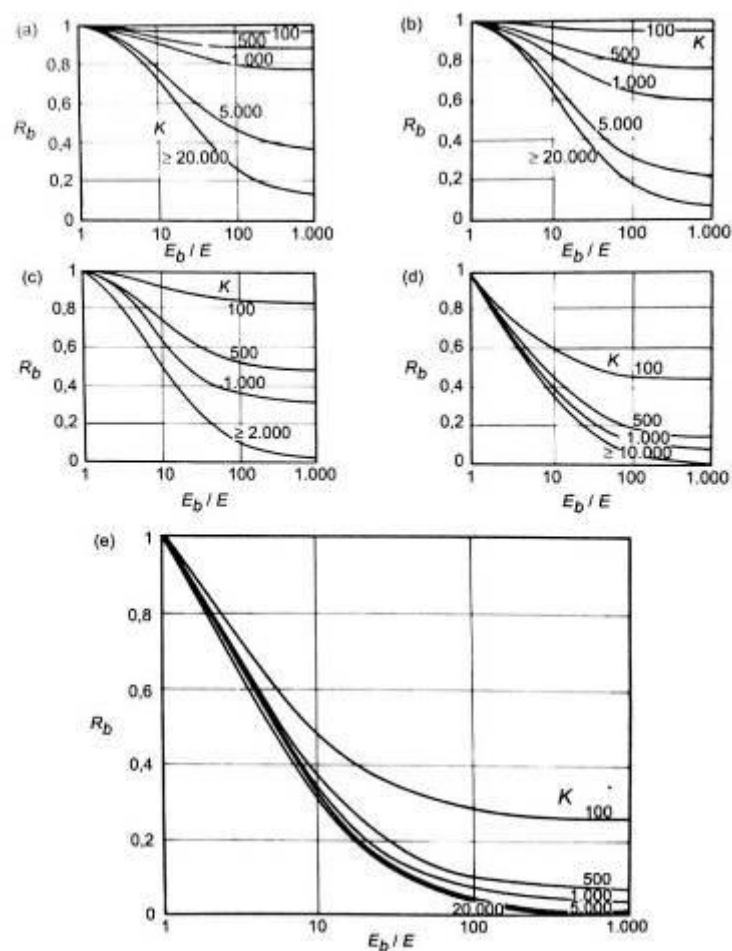


Figura 2.15:Fator de correção para a base da estaca em solo mais rígido (Poulos e Davis, 1974)

Randolph e Wroth (1979) consideram um modelo no qual o solo afetado pela estaca é dividido em duas camadas por um plano horizontal que passa pela base da estaca. Considera-se que a camada superior se deforma exclusivamente devido à carga transferida pelo fuste e a camada inferior devido à carga transferida pela base.

Considerando a interação entre o fuste da estaca e o solo, a relação de carga e recalque pode ser obtida pela equação 2.28, sendo que a tensão cisalhante não varia com a profundidade.

$$\frac{Q_s}{w_s} = \frac{2\pi LG}{\zeta} \quad (2.28)$$

Onde:

Q_s - Carga total transferida pela estaca ao solo;

w_s - recalque;

L - comprimento da estaca;

G - módulo de elasticidade transversal.

O módulo de elasticidade transversal é definido em função do módulo de elasticidade longitudinal e do coeficiente de Poisson, conforme equação 2.29.

$$G = \frac{E}{2(1-\nu)} \quad (2.29)$$

ζ - dado pela equação 2.30

$$\zeta = \ln\left(\frac{r_m}{r_o}\right) \quad (2.30)$$

Sendo r_o o raio da estaca e r_m o raio máximo definido por $r_m = 2,5L(1-\nu)$

Considerando somente a interação da base da estaca e o solo, deve ser considerada a equação 2.31.

$$w_b = \frac{(1-\nu)P_b}{4r_oGb} \quad (2.31)$$

Sendo o índice "b" referente ao solo abaixo da ponta da estaca. Para uma estaca rígida devem ser consideradas as equações 2.32 e 2.33.

$$w = w_s + w_b \quad (2.32)$$

$$Q = Q_s + Q_b \quad (2.33)$$

De onde vem a relação carga-recalque na cabeça da estaca dada pela equação 2.34.

$$\frac{Q}{wr_0G} = \frac{4}{(1-\nu)} + \frac{2\pi L}{\xi r_0} \quad (2.34)$$

A partir dessas equações, foram encontradas soluções para estacas compressíveis, solos com casos simples de heterogeneidade, aumento abrupto do módulo cisalhante (G) abaixo da ponta da estaca e estacas com base alargada, chegando à solução completa, fornecida pela equação 2.35.

$$\frac{Q}{wr_0G_L} = \frac{\frac{4\eta}{(1-\nu)\Omega} + \frac{2\pi L \operatorname{tgh}(\mu L)}{\xi r_0} \frac{\rho}{\mu L}}{1 + \frac{4\eta}{(1-\nu)\Omega} \frac{1}{\pi \lambda} \frac{L}{r_0} \frac{\operatorname{tgh}(\mu L)}{\mu L}} \quad (2.35)$$

Sendo:

G_L - módulo cisalhante do solo a uma profundidade $Z = L$;

r_m - dado pela expressão $r_m \cong 2,5L(1 - \nu)\rho$;

r_0 - raio da estaca;

η - dado pela expressão $\eta = r_b/r_0$, tal que r_b é o raio na ponta da estaca;

Ω - dado pela expressão $\Omega = G_L/G_b$, tal que G_b é o módulo cisalhante abaixo da ponta da estaca;

ρ - dado pela expressão $\rho = G_{L/2}/G_L$, tal que $G_{L/2}$ é o módulo cisalhante médio do solo no trecho penetrado pela estaca;

λ - dado pela expressão $\lambda = E_p/G_L$, tal que E_p é o módulo de elasticidade do material da estaca;

μL - dado pela expressão 2.36.

$$\mu L = \frac{L}{r_0} \sqrt{\frac{2}{\xi \lambda}} \quad (2.36)$$

2.4 PROVA DE CARGA ESTÁTICA

A execução de provas de carga estática constitui a melhor maneira de se avaliar a capacidade de carga das fundações, pois replicam as condições de carregamento imposta por estruturas durante o carregamento. Segundo a NBR ABNT 12131/2006, que tem como título "Estacas - Prova de Carga Estática", o objetivo da prova de carga estática em estacas é "fornecer elementos para avaliar seu comportamento carga *versus* deslocamento e estimar suas características de capacidade de carga". O ensaio consiste em "aplicar esforços estáticos crescentes à estaca e registrar os deslocamentos correspondentes. O dispositivo de aplicação de carga é constituído por um ou mais macacos hidráulicos [...] atuando como um sistema de reação estável".

Os sistemas de reação podem ser de três tipos:

- a) plataforma carregada;
- b) estruturas fixadas ao terreno por elementos tracionados;
- c) a própria estrutura da obra, devidamente verificada.

As estruturas fixadas ao terreno podem ser tirantes ou estacas devidamente projetadas para as solicitações de tração. Durante a montagem da prova de carga, para não comprometer a interpretação dos resultados, alguns itens devem ser cuidados, como a distância mínima entre os elementos tracionados e a estaca a ser ensaiada e o excesso de carga aplicada ao sistema de reação.

Quanto ao tipo de carregamento aplicado, podem ser de carga constante (*Maintained Load*), no qual o carregamento é realizado por incrementos iguais até atingir a estabilização dos deslocamentos, ou de velocidade de recalque constante (*Constant Rate of Penetration*), no qual a carga é ajustada para manter constante a velocidade de recalque no topo da estaca (Janes et al., 1991). A aplicação da carga é levada até atingir níveis de deslocamentos adotados segundo critérios estabelecidos.

Os procedimentos de execução da prova de carga estática apresentam diferenças quanto a critérios estabelecidos por normalizações brasileira, europeia e americana, porém todas

consideram adoção de incrementos de carga e estabilização para posterior aplicação de novo incremento.

2.4.1 Norma Brasileira ABNT NBR 12131:2006

Segundo a norma brasileira a capacidade de carga de uma estaca ensaiada em prova de carga deve ser considerada definida quando ocorrer ruptura nítida caracterizada por deformações contínuas, sem novos acréscimos de cargas. São dois casos em que a estaca pode não apresentar ruptura nítida:

- quando a carga aplicada, por exemplo por limitação de reação, é menor que a capacidade de carga da estaca;
- quando a estaca apresenta recalques elevados, porém não configura a ruptura descrita.

Para casos em que não ocorre a ruptura a norma NBR 6122:2010 indica a extrapolação da curva carga-recalque, conforme a figura 2.16. A extrapolação da curva deve ser feito com base em métodos como Van Der Veen, Massad, Brich Hansen, entre outros.

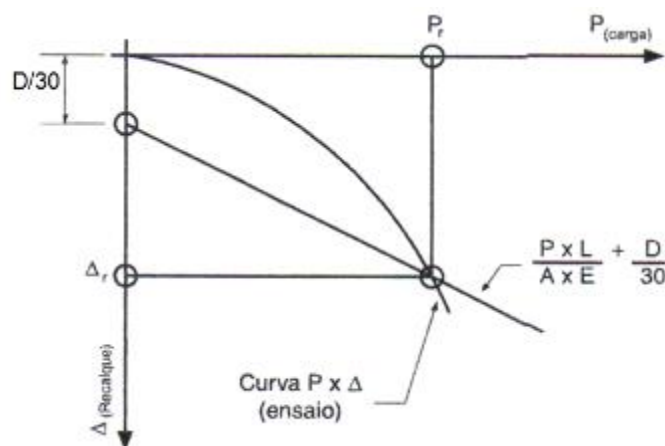


Figura 2.16:Carga de ruptura convencional pela NBR 6122:2010

A carga de ruptura fica então definida em função do recalque elástico da estaca somado a 3,33% do diâmetro da estaca, conforme a equação 2.37.

$$\Delta_r = \frac{P.L}{A.E} + \frac{D}{30} \quad (2.37)$$

Sendo:

Δ_r - o recalque de ruptura convencional;

P - a carga de ruptura convencional;

L - o comprimento da estaca;

A - área da seção transversal da estaca (estrutural);

E - módulo de elasticidade do material da estaca;

D - diâmetro do círculo circunscrito à estaca.

A norma brasileira recomenda, quanto à execução do ensaio, que a estaca seja carregada até a ruptura ou ao menos até duas vezes a carga prevista de trabalho, podendo ser realizado por carregamento lento ou rápido.

Para o carregamento lento deve-se atender às seguintes recomendações:

- a) o carregamento é feito em estágios iguais e sucessivos, sendo a carga aplicada em cada patamar não deve ser superior a 20% da carga de trabalho prevista para a estaca a ser ensaiada. Além disso, a carga de cada estágio deve ser mantida até a estabilização dos deslocamentos e, no mínimo, 30 minutos;
- b) em cada patamar os deslocamentos devem ser lidos imediatamente após a aplicação da carga correspondente, seguindo-se leituras decorridos 2, 4, 8, 15, 30 minutos, 1, 2, 3, 4 horas, etc., contados a partir do início do carregamento, até se atingir a estabilização;
- c) a estabilização dos deslocamentos é determinada através da avaliação do desempenho da curva carga x recalque, sendo admitida quando a diferença entre duas leituras realizadas nos tempos t e t/2 corresponder a no máximo 5% do

- deslocamento havido no mesmo estágio (entre o deslocamento da estabilização do patamar anterior e o atual);
- d) não sendo atingida a ruptura da estaca (definida pela NBR 6122:2010), a carga máxima do ensaio deve ser mantida durante um intervalo mínimo de 12 horas entre a estabilização dos assentamentos e o início do descarregamento;
 - e) o descarregamento deve ser feito em, no mínimo, quatro patamares; cada patamar deverá ser mantido até a estabilização dos deslocamentos com registo segundo os critérios estabelecidos nas alíneas b e c; o tempo mínimo de cada patamar deverá ser de 15 minutos;
 - f) após o descarregamento total, as leituras dos deslocamentos devem continuar até a sua estabilização.

2.4.2 Norma Européia Eurocode 7

O Eurocode 7 recomenda que para realização de provas de carga estática seja seguido o procedimento publicado no *ASTM Geotechnical Testing Journal*, em Junho de 1985, páginas 79 a 90, intitulado “*Axial Pile Loading Test: Suggested Method*”.

O procedimento de execução do ensaio consiste na aplicação de carregamento em oito estágios de uma hora cada e o descarregamento em quatro estágios de 10 minutos. Cada patamar deve ser mantido durante um período de 1h ou até uma completa estabilização dos deslocamentos, considerando essa estabilização verificada para taxas de deslocamento inferiores a 0,20mm em uma hora. De acordo com o Eurocode, a capacidade de carga final é definida como a carga medida correspondente a um recalque de 10% do diâmetro da estaca, quando a carga de ruptura não ocorrer.

As figuras 2.17 e 2.18 apresentam os procedimentos de carga e descarga para, respectivamente, carregamento único e com ciclo de carga e descarga. O ciclo de descarregamento serve para mostrar o comportamento da região elástico e plástico sob carga da estaca e também detectar possíveis defeitos internos da estaca.

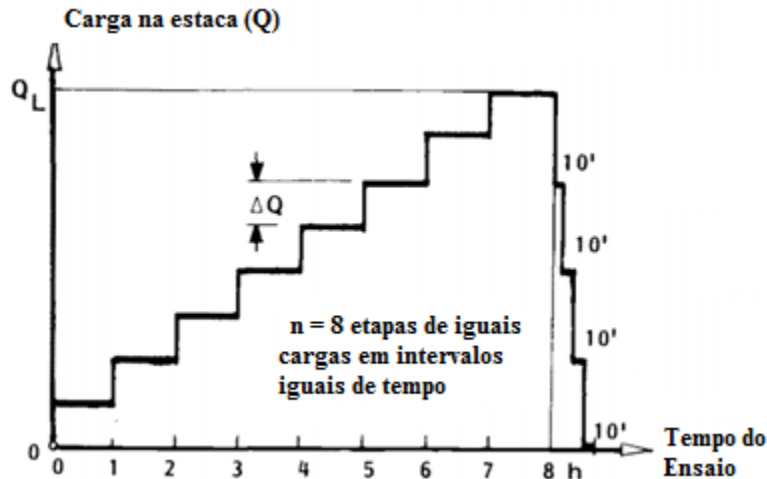


Figura 2.17: Carregamento único (ISSMFE Subcommittee on Field and Laboratory Testing, 1985)

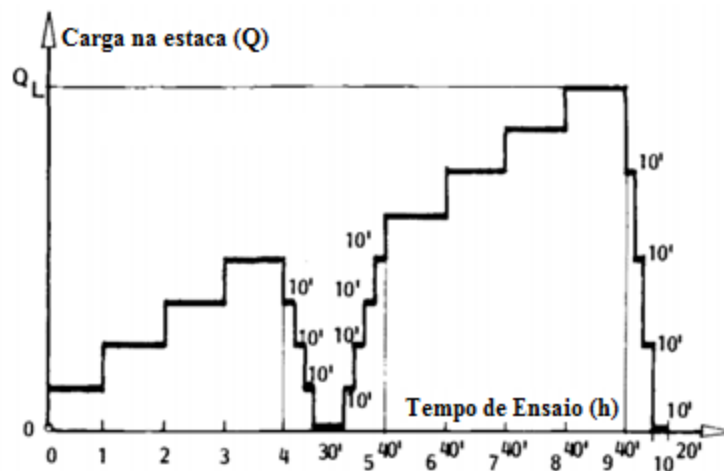


Figura 2.18: Carregamento com ciclo de carga e descarga (ISSMFE Subcommittee on Field and Laboratory Testing, 1985)

2.4.3 Norma Americana ASTM D1143/D1143M-07

Segundo a norma americana ASTM D1143:2007 recomenda carregamento de duas vezes a capacidade de carga prevista em projeto a ser aplicada em incrementos de 25% e mantidos até a estabilização dos deslocamentos. A estabilização deve ser verificada considerando

taxas de deslocamentos inferiores a 0,25mm em uma hora, com um período máximo de 2 horas após a aplicação da carga (não é definido tempo mínimo).

A descarga deve ocorrer após 12 horas ou, caso da estabilização não se verificar, 24 horas. O descarregamento deve ser efetuado em decrementos de 25% da carga máxima atingida, com tempos de intervalo de 1 hora. Se ocorrer a ruptura durante o carregamento, a carga deverá ser mantida, ou o máximo de carga possível, até que o movimento axial total atinja 15% do diâmetro ou igual a largura da estaca.

2.4.4 Considerações Finais

Com base nas recomendações das normas ABNT NBR 12131:2006, Eurocode 7 e ASTM D1143:2007, podem ser verificadas algumas similaridades nos procedimentos. A tabela 2.11 apresenta resumidamente os principais critérios adotados pelas três normas.

Tabela 2.11: Critérios de normas para realização de prova de carga estática

Critérios	ABNT NBR 12131:2006	Eurocode 7	ASTM D1143:2007
Carregamento	Ruptura ou $2xQ_t$	Ruptura ou $Q_L \geq c * Q_t^1$	Ruptura ou $2xQ_t$
Estágios	20% Q_t com mínimo de 30min	12,5% Q_L	25% Q_t com máximo de 2h
Estabilização	$w_{t-t/2} \leq 5\% w$	Taxa de 0,20mm/h	Taxa de 0,25mm/h
Tempo para estabilização no carregamento	Mínimo 30min	1h	Máximo 2h (sem valor mínimo)
Tempo para descarregamento	12h	-	12h ou 24h (caso não estabilizar)
Estágios de descarregamento	25% Q_t	25% Q_L	25% Q_t
Tempo para estabilização no descarregamento	Mínimo 15min	10min	Máximo 1h

¹ c deve ser igual ao fator de segurança utilizado para determinar a carga de projeto, nunca devendo ser menor que 1,50

3 CAMPO EXPERIMENTAL DE ARAQUARI

Nesse capítulo serão apresentadas as motivações que levaram a implantação do campo experimental de Araquari/SC, a caracterização do local e as investigações geotécnicas realizadas, tendo como tema principal a estaca escavada com polímero E-04, que teve os dados de ensaio utilizados para o evento de previsões apresentado no 8º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia (SEFE8), realizado em São Paulo, Brasil, no dia 25 de junho de 2015.

3.1 MOTIVAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

Segundo Cavalcante (2006), buscou sintetizar os dados dos campos experimentais de Geotecnia no Brasil, criados entre os anos de 1974 e 1998. Onze campos foram analisados, sendo distribuídos em seis estados brasileiros, das regiões Sul (Paraná) com três campos, Sudeste (São Paulo e Rio de Janeiro) com seis campos e Centro-Oeste e Nordeste com um campo em cada. Além dos campos experimentais representados na Figura 6.1, é importante serem relatados os campos de Passo Fundo e de Cachoeirinha, do Estado do Rio Grande do Sul, também identificados na Figura 3.1.

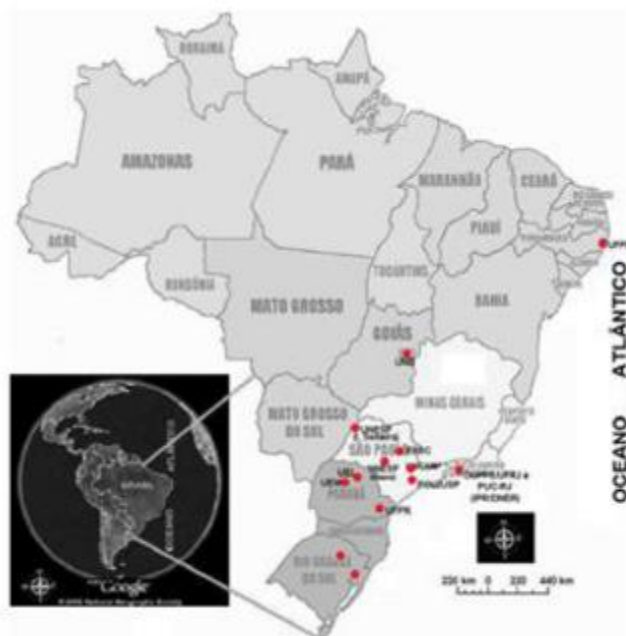


Figura 3.1: Localização dos campos experimentais de Geotecnia no Brasil relatador por Cavalcante e campos de Passo Fundo e Cachoeirinha no Rio Grande do Sul (baseada em: Cavalcante, 2006)

As principais pesquisas nos campos experimentais do Brasil são relacionadas ao comportamento de solos moles, argilas orgânicas, solos não saturados e solos colapsíveis ou expansivos (Cavalcante, 2006). Com o intuito de realizar pesquisas específicas em solos arenosos, para avançar no entendimento dos mecanismos que controlam o comportamento de interação estaca-solo não coesivo, foi concebido o Campo Experimental de Araquari/SC.

O campo experimental foi executado no município de Araquari, no Estado de Santa Catarina, à direita da rodovia BR-101 no sentido Norte, em uma área de mineração pertencente à maior produtora de areia industrial da Região Sul do Brasil, a Mineradora Veiga Ltda (figura 3.2). A areia, que apresenta em sua composição 99,6% de sílica (SiO_2) e 0,1% de argila, é utilizada principalmente na construção civil e na produção de argamassa (Carneiro e Carneiro, 2004).



Figura 3.2: Localização Campo Experimental de Araquari/SC (adaptado de Google Maps, 2016)

3.2 CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

A caracterização geotécnica do Campo Experimental de Araquari foi realizada por ensaios de campo e de laboratório. Foram realizadas duas campanhas de ensaios *in situ*, sendo a primeira para caracterização geral da região e determinação do local de execução do campo experimental e a segunda campanha realizada na área determinada para a execução do campo experimental. Na primeira campanha foram realizados sete ensaios CPTu (realizados pela empresa Geoforma), conforme apresentado por Bochero (2014). Na segunda campanha, conforme apresentado na figura 3.3, foram realizados mais sete ensaios CPTu, três SPT e dois DMT.

Os três perfis de sondagem SPT indicaram um perfil composto predominantemente por areia com uma camada de argila entre os 18 e 22m de profundidade, com nível da água entre 2,15 e 2,77m abaixo da cota da boca do furo. Nienov (2016) apresenta a compilação dos furos de sondagem SPT, que indicam perfis muito semelhantes entre si, sem muitas variações nos valores de N_{SPT} de cada camada (Figura 3.4).

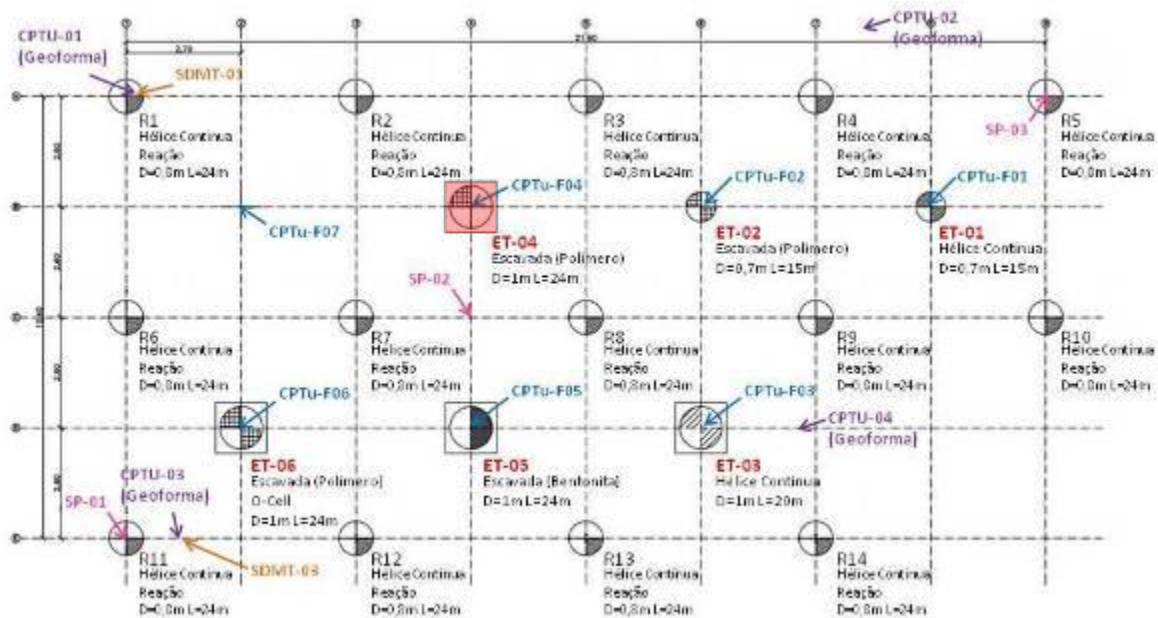


Figura 3.3: Croqui das locações das estacas do Campo Experimental e dos ensaios *in situ* executados

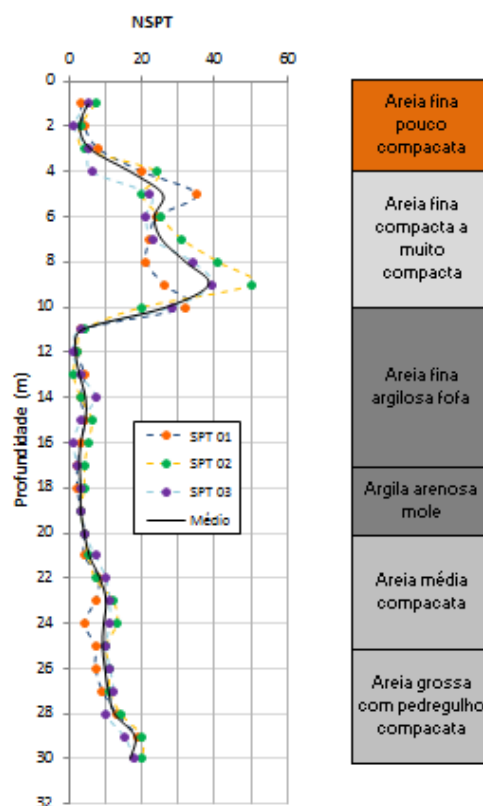


Figura 3.4: Resultados das sondagens SPT (Nienov, 2016)

Os ensaios CPTu foram executados um em cada eixo das estacas a serem ensaiadas. Com a sobreposição é possível observar também um padrão similar de comportamento entre os sete perfis, indicando a homogeneidade da área. A figura 3.5 apresenta os valores obtidos pelo ensaio de resistência de ponta (q_c), poropressão (u) e atrito lateral (f_s).

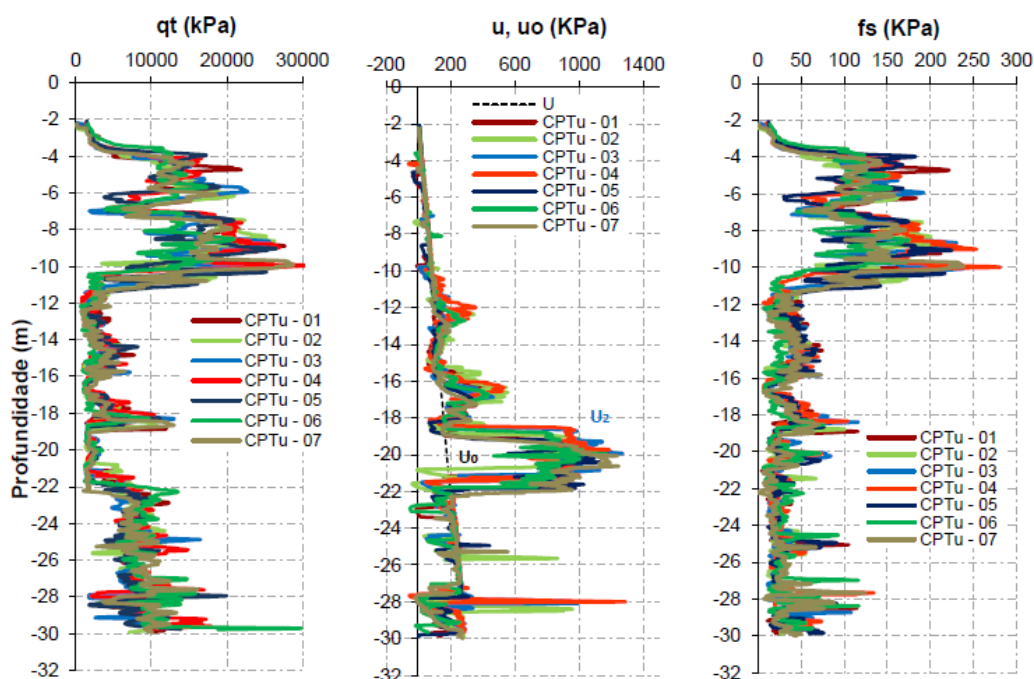


Figura 3.5: Resultados das sondagens CPTu (Nienov, 2016)

Para a previsão de capacidade de carga da estaca ET-04, do Evento de Previsões, os participantes foram incentivados a utilizarem um ensaio CPTu, um SPT e um SDMT, denominados respectivamente como CPTu-F04, SP-02 e SDMT-01. A Figura 3.3 apresenta a indicação das locações de todas as estacas executadas para serem ensaiadas no Campo Experimental, das estacas de reação utilizadas para o ensaio de prova de carga estática e dos ensaios in situ realizados.

Como pode ser observado o ensaio CPTu-F04 foi executado exatamente no eixo da estaca. Os relatórios das sondagens CPTu-F04, SP-02 e SDMT-01 são apresentados nas figuras 3.6 a 3.8. O anexo 1 apresenta as amostras extraídas durante a sondagem SPT - SP-02.

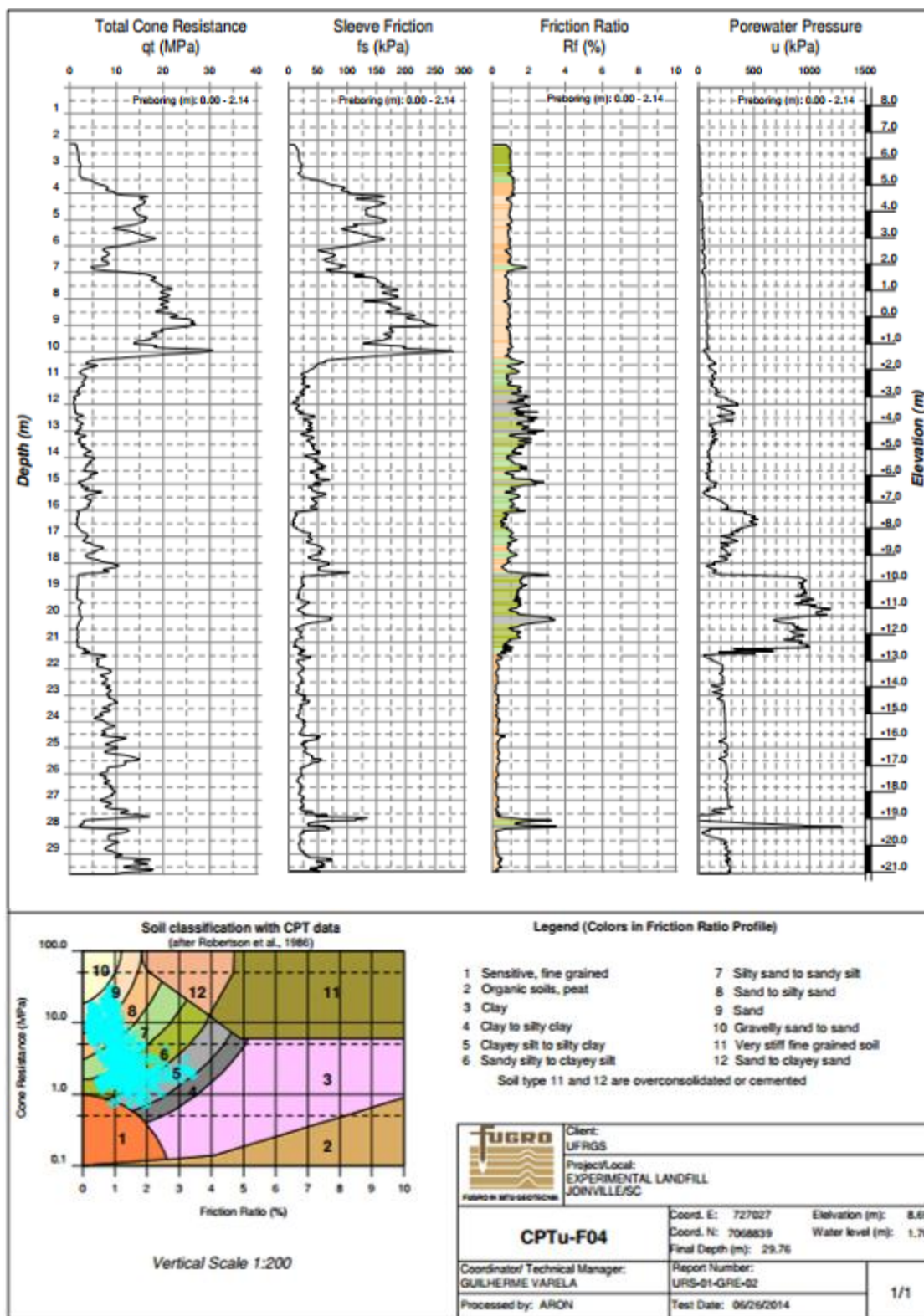


Figura 3.6: Relatório da sondagem CPTu-F04

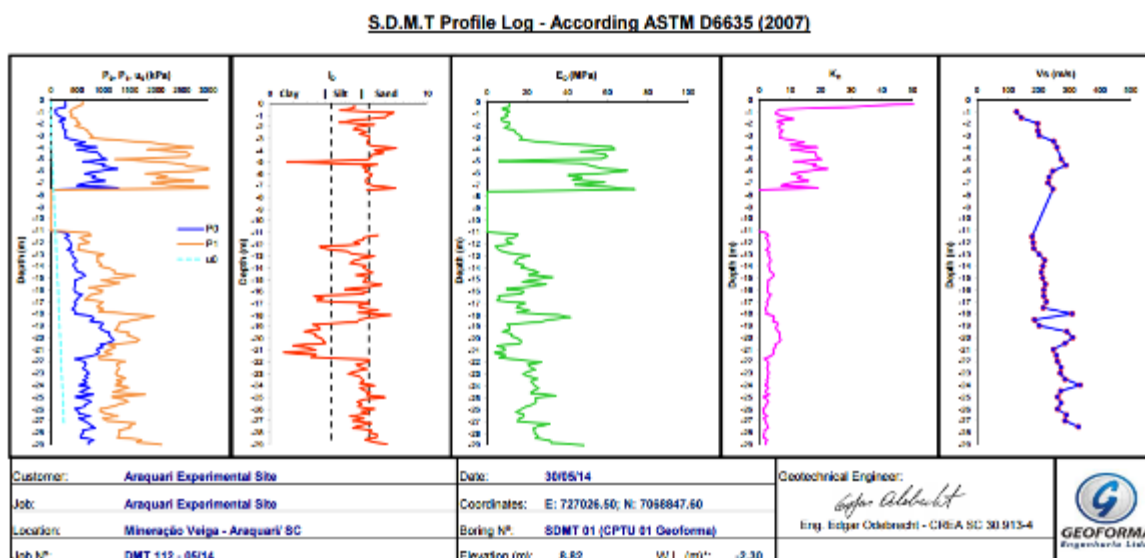


Figura 3.8: Relatório da sondagem SDMT-01

Os ensaios de laboratório foram realizados posteriormente ao concurso, razão pela qual foram fornecidos aos participantes apenas ensaios *in situ*. Assim sendo, possivelmente ocorreriam variações das previsões caso houvessem disponibilizado ensaios de laboratório aos participantes para determinação de parâmetros.

3.3 ESTACA ESCAVADA COM POLÍMERO E-04

No Campo Experimental foram executadas seis estacas, dos tipos escavadas com polímero e lama bentonítica e hélice contínua, com diferentes diâmetros (de 700 a 1000 mm) e comprimentos (de 15 a 24 m). As estacas de reação foram executadas em hélice contínua, no total de quatorze estacas, com diâmetro de 0,8m e comprimento de 24m. A tabela 3.1 apresenta as estacas executadas para ensaios, as principais características das mesmas e os tipos de carregamentos projetados para cada uma.

Tabela 3.1: Relação das estacas para ensaio executadas

Estaca	Tipo	Diâmetro Nominal (m)	Comprimento (m)	Tipo de Carregamento
ET-01	Hélice Contínua	0,7	15,00	Estático/Dinâmico
ET-02	Escavada com Polímero	0,7	15,00	Estático/Dinâmico
ET-03	Hélice Contínua	1,0	20,00	Estático
ET-04	Escavada com Polímero	1,0	24,00	Estático
ET-05	Escavada com Lama	1,0	24,00	Estático
ET-06	Escavada com Polímero	1,0	24,00	Estático/O-Cell

A estaca ET-04 foi a escolhida para o evento de previsões, sendo uma estaca escavada com uso de polímero, de 1000 mm de diâmetro e 24 m de comprimento. A estaca foi executada no dia 15 de dezembro de 2015. Para a estabilização do topo do furo foi utilizado temporariamente um tubo de aço de 3m de comprimento e 1,10 m de diâmetro. Ao ser atingida a profundidade de 24,10m foi executada a limpeza do furo e colocada cuidadosamente a armadura com a instrumentação. Após foi realizada a concretagem da estaca, com concreto com slump de 24-25 cm, cimento CP IV e f_{ck} de 20MPa. A armadura longitudinal da estaca foi composta de 10 barras Dywidag ST 85/105, $\phi 32$ mm, com 24m de comprimento e transversal de aço CA-50 de $\phi 8$ mm a cada 20cm. Para minimizar os esforços transmitidos à instrumentação durante a execução da estaca e inserção da armadura, as barras foram soldadas.

A estaca foi totalmente instrumentada ao longo do comprimento, conforme representado na figura 3.9. Foram instalados extensômetros Geokon (*Strain Gauges VW Rebar Strainmeter*, modelo 4911-4) para medições de deformações e de temperatura do concreto durante e após a cura. Oito níveis foram colocados, sendo seis com dois sensores Geokon 4911-4 (N1, N3, N5, N6, N7 e N8) e outros dois níveis com quatro (N2 e N4) instalados diagonalmente opostos. A primeira seção a uma profundidade de 0,5m do topo e a última a 23,5m.

Durante a execução da estaca ET-04 foi utilizado polímero com dosagem de 1kg de polímero Polymud e um litro de NaOH para cada metro cúbico. O concreto teve controle tecnológico por ensaios de compressão simples em corpos de prova cilíndricos de 10cm de

diâmetro e 20cm de altura, executados pela empresa Geoforma Ltda. Os resultados das resistências estão apresentados na tabela 3.2. O prazo de 143 dias consiste no dia da execução da prova de carga estática.

Tabela 3.2: Valores de resistência a compressão simples dos corpos de prova do concreto

	Resistência Média (Mpa)			
	7 dias	14 dias	28 dias	143 dias
Estaca ET-04	24,9	26,4	36,7	43,6

Além disso, quatro tubos metálicos foram fixados às armaduras para realizar os testes de integridade (ensaio Crosshole) e para usar um extensômetro Geokon recuperável com três ancoragens (modelo A9) para medições adicionais das deformações durante o carregamento.

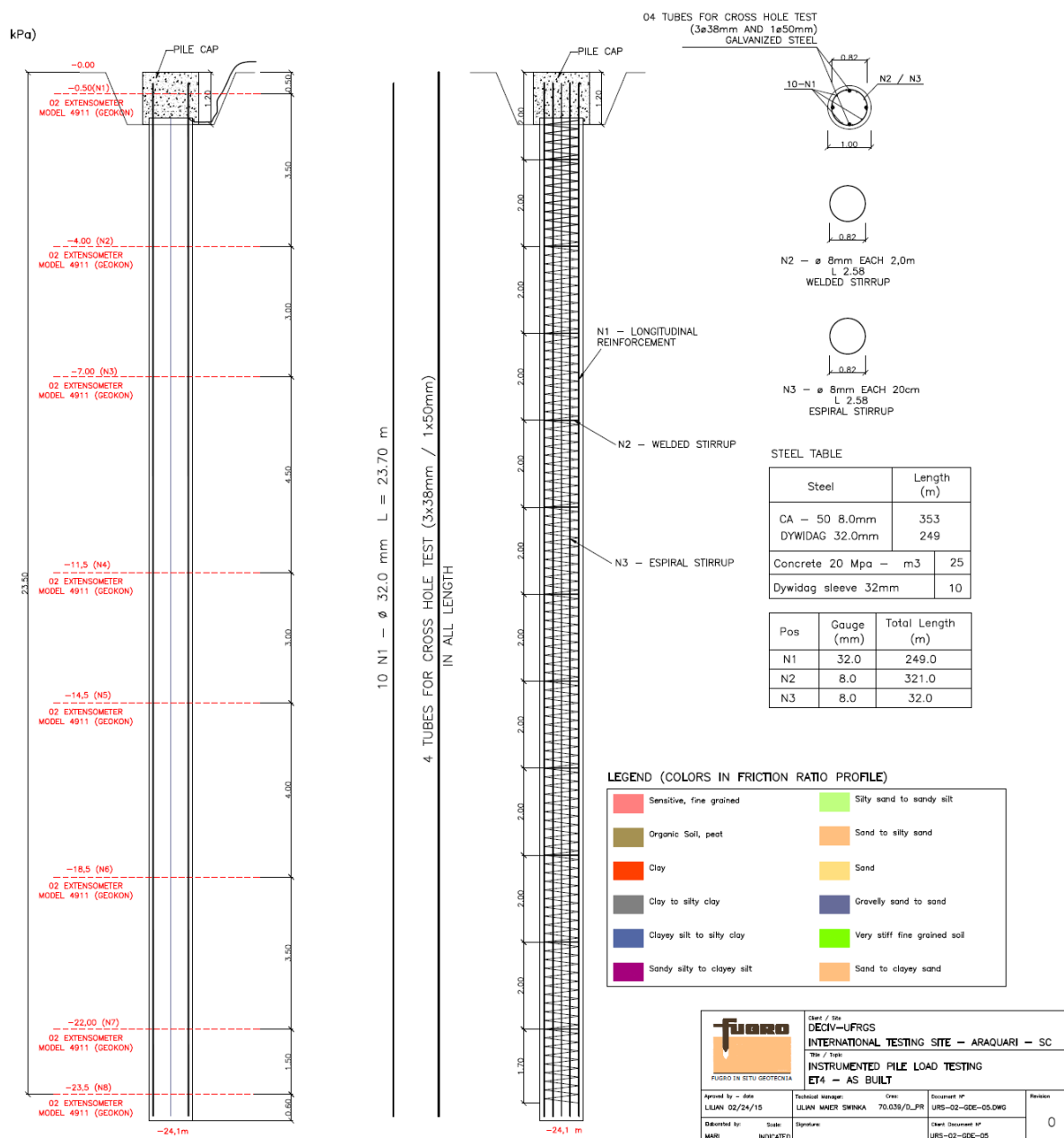
ET4 – BORED PILE (POLYMER) ϕ 100 cm

Figura 3.9: Instrumentação estaca ET-04

Para verificação da integridade das estacas foram executados ensaios não destrutivos de Crosshole, que tem por objetivo verificar a integridade estrutural do concreto aplicado na execução de estacas moldadas in loco, e PIT (*Pile Integrity Test*). Os ensaios de Crosshole e PIT foram realizados no dia 20 de janeiro de 2015 pela empresa Fugro In Situ Geotecnia.

No relatório de ensaio PIT foi observado "redução do pulso de energia e na velocidade de onda, no trecho de 22,00 até 23,10 m. Os demais trechos da estaca mostram pequenas variações na velocidade de propagação de onda, usuais para o processo construtivo do elemento em questão. Também para esta estaca, esta anomalia, na análise do ensaio PIT, pode ser considerada como a resposta de ponta".

No ensaio Crosshole a estaca ET-04, segundo o relatório, apresentou "reduções do pulso de energia e na velocidade de onda junto ao topo. Essas reduções podem estar associadas à má-aderência entre o concreto e os tubos".

3.4 PROVA DE CARGA ESTÁTICA

O ensaio de carregamento estático foi realizado com aplicação de carga realizada por dois macacos hidráulicos de grande capacidade (6.000 kN) reagindo contra vigas metálicas às quais estão ancoradas às quatro estacas de reação. A estrutura, conforme pode ser observado na figura 3.10, é formada por uma viga principal central e outras seis secundárias nas laterais. As vigas são fixadas às estacas de reação através de três barras Dywidag por estaca.



Figura 3.10: Sistema de reação da prova de carga

Os macacos hidráulicos foram instalados acima de uma placa metálica sobre o bloco para melhor distribuição da carga (Figura 3.11). Para leitura das cargas de cada macaco foram utilizadas células individuais.



Figura 3.11: Sistema de reação da prova de carga

O monitoramento em profundidade por extensômetros foi executado com coleta de dados por datalogger, com leituras automáticas a cada um minuto. Durante a execução do ensaio os dados foram transferidos para planilha eletrônica para acompanhamento da distribuição de carga ao longo da profundidade durante os incrementos de carga.

O sistema de reação para o ensaio de prova de carga estáticas foi composto de quatro estacas do tipo hélice contínua de diâmetro 800 mm, armadas cada uma com três barras Dywidag ST 85/105, $\phi 36\text{mm}$, com 24m de comprimento. A figura 3.12 apresenta croquis dos sistemas de reação e de montagem para execução do ensaio de prova de carga estática.

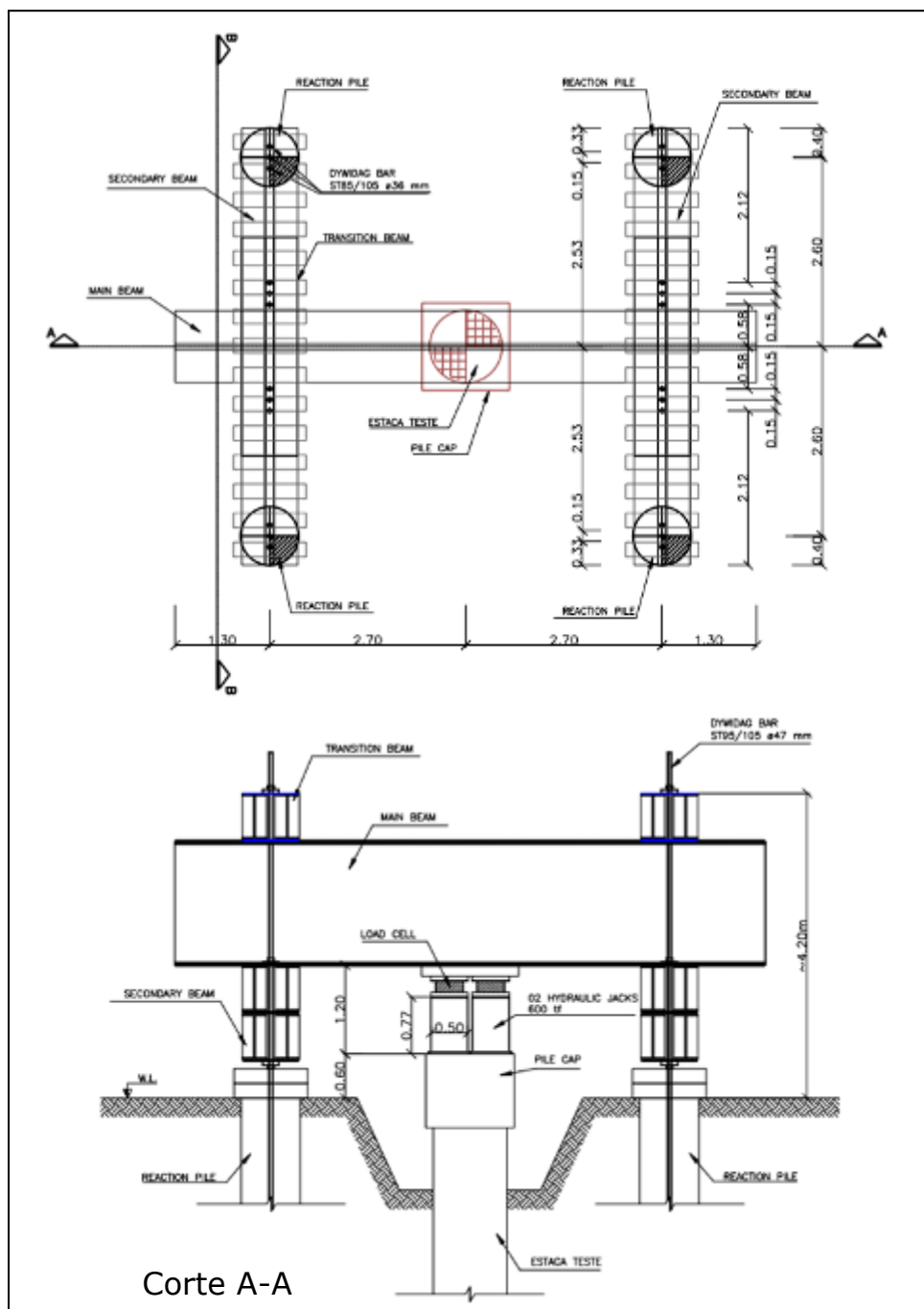


Figura 3.12: Croqui dos sistemas de reação e montagem do ensaio de prova de carga estática

Durante o ensaio os deslocamentos no topo do bloco da estaca foram medidos através de quatro transdutores de deslocamentos verticais (LVDTs) apoiados em vigas de referência. Para deslocamentos horizontais foram instalados três relógios comparadores mecânicos.

Os procedimentos do ensaio seguiram as recomendações internacionais, através de compatibilizações entre o Eurocode 7 Part 1, ASTM D1143 e ABNT NBR 12131:2006. O ensaio foi executado por carregamento lento, adotando critérios conservadores em relação às considerações de estabilização. As seguintes padronizações foram adotadas para a realização do ensaio, conforme esquematizado na figura 3.13:

- os dois primeiros incrementos, nos quais foram aplicadas 5% da carga de ruptura, foram mantidos por 30 minutos;
- os incrementos seguintes, de 10% da carga de ruptura, foram realizados por 60 minutos, com critério de estabilização a taxa de 0,25mm/60minutos, caso o deslocamento seja maior o mesmo deve ser mantido por 120 minutos;
- os dois últimos incrementos, de 5% da carga de ruptura, foram realizados por 60 minutos se nos últimos 20 minutos a taxa de deslocamento for inferior a 0,1mm/20 minutos; caso contrário o incremento deverá ser mantido por 120 minutos.

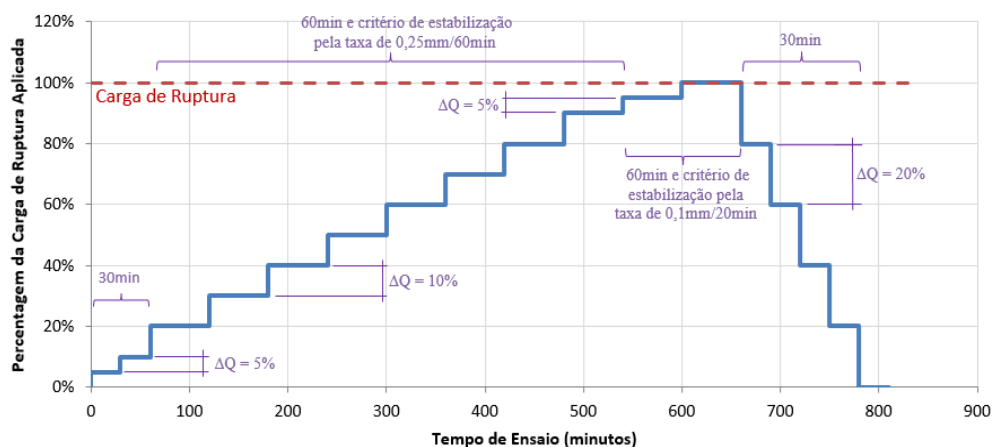


Figura 3.13: Croqui das padronizações adotadas para a realização do ensaio

Foi estipulado que a prova de carga deveria ser interrompida quando os deslocamentos não estabilizassem (excesso de deslocamentos) ou para cargas na ordem de 850t, sendo esta a carga limite do sistema de reação. A descarga a ser realizada com incrementos de 20% da carga máxima atingida, com tempo de estabilização de 30 minutos em cada incremento.

As figuras 3.14 e 3.15 apresentam as curvas carga-recalque e carga-profundidade obtidos pelo ensaio. Como pode ser observado no gráfico, a prova de carga foi interrompida próximo à carga de 6800kN devido à ruptura de um cabo de reação.

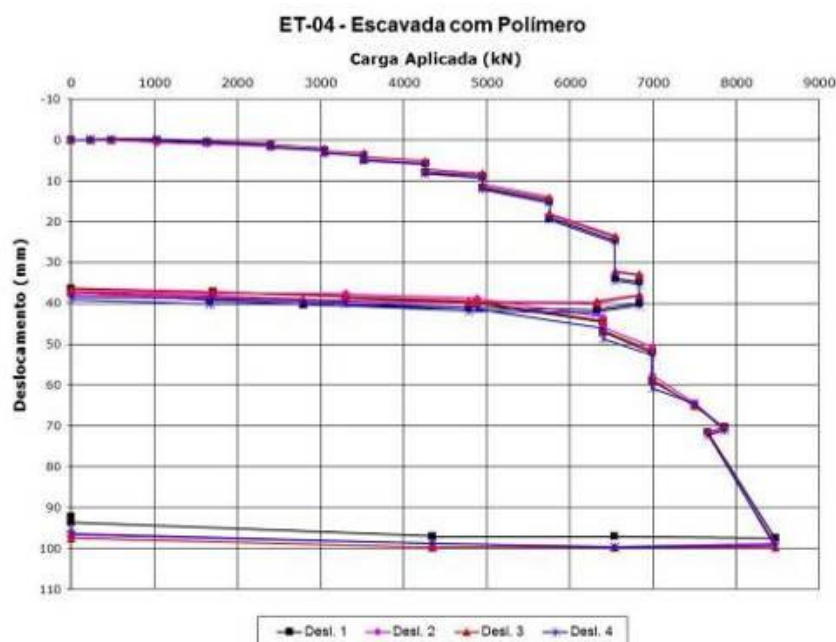


Figura 3.14: Gráfico carga-recalque do ensaio da estaca ET-04

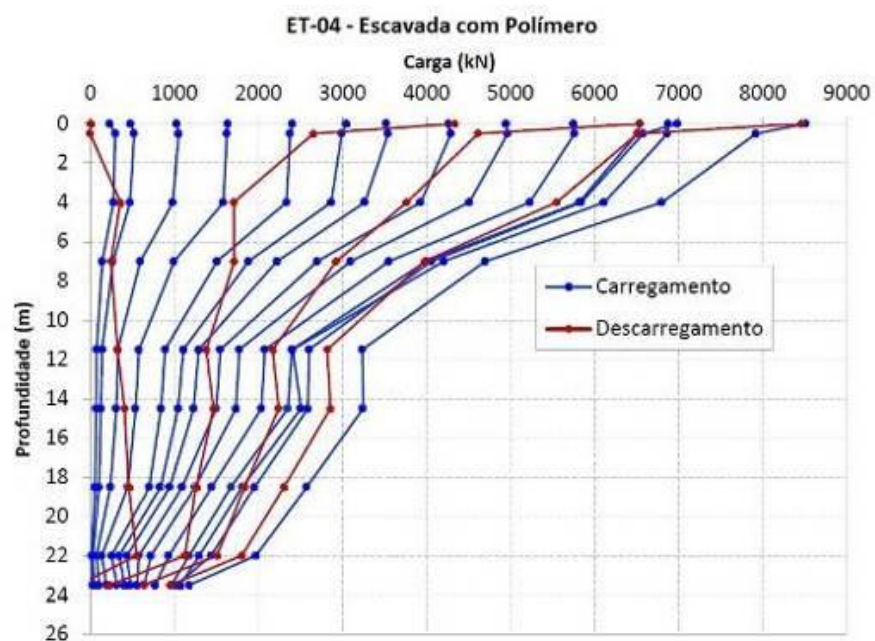


Figura 3.15: Gráfico carga-profundidade do ensaio da estaca ET-04

3.5 EVENTO DE PREVISÃO DE COMPORTAMENTO CARGA-RECALQUE

Foram convidados a participar do Evento de Previsão engenheiros geotécnicos das áreas acadêmicas e industriais, exceto os envolvidos na organização do Campo Experimental de Araquari. Para participar do Evento era necessário enviar para o comitê organizador previsões do comportamento carga-recalque da estaca escavada com polímetro E-04, contendo os seguintes itens:

- a) curva carga axial (Q) *versus* recalque da cabeça da estaca (w), até atingir o recalque na cabeça da estaca de $w/D \geq 10\%$;
- b) capacidade de cargas lateral (Q_s) e de base (Q_b) até a ruptura, convencionalmente fixada em $w/D = 10\%$;
- c) distribuição da carga lateral (N) ao longo do fuste da estaca na ruptura, através do gráfico de N *versus* a profundidade z em $w/D = 10\%$;
- d) breve descrição dos parâmetros e modelos utilizados para os cálculos.

Os resultados do ensaio de carregamento estático e comparações das previsões submetidas ao comitê organizador foram apresentados no 8º Seminário de Engenharia de Fundações Especiais e Geotecnia (SEFE8), realizado em São Paulo, Brasil, no dia 25 de junho de 2015.

4 PREVISÕES RECEBIDAS PELO COMITÊ

O total de 73 previsões foram submetidas ao comitê organizador do Evento Internacional de Previsões. Foram recebidas 32 previsões fornecidas por acadêmicos, estudantes e pesquisadores ligados a universidades, e 40 de profissionais relacionados com a prática, principalmente de consultores. A separação das previsões como acadêmicas ou práticas foi definida segundo a afiliação apresentada nos relatórios fornecidos por cada participante.

As previsões tiveram origem de vinte diferentes países, sendo o maior número submetidas pelo Brasil, Estados Unidos e Itália, totalizando 47 previsões, ou seja, mais de 64% do total de previsões. Na tabela 4.1 são apresentados os números de previsões fornecidas por cada um dos países representados, indicando a quantidade de previsões enviadas por acadêmicos e práticos.

Tabela 4.1: Países de origem das previsões recebidas pelo comitê

	Acadêmicos	Práticos	Total
África do Sul	-	1	1
Austrália	-	2	2
Bélgica	-	3	3
Brasil	5	10	15
Bulgária	1	-	1
Canadá	-	1	1
Chile	-	1	1
China	-	1	1
Croácia	-	1	1
Emirados Árabes	-	4	4
EUA	16	6	22
França	1	1	2
Hungria	1	-	1
Inglaterra	-	3	3
Irã	1	-	1
Itália	6	4	10
Lituânia	1	-	1
Singapura	-	1	1
Suécia	-	1	1
Suiça	-	1	1
Total	32	41	73

Avaliando por continentes, conforme pode ser observado na figura 4.1, a América apresentou 53% do total de previsões, sendo 31% da América do Norte e 22% da América do Sul, seguido pelo continente europeu com 33% das previsões. Avaliando apenas as previsões fornecidas por acadêmicos, 50% das previsões tiveram como origem a América do Norte, seguido por 22% da América do Sul com 16%. As previsões realizadas por pessoas ligadas à prática, tiveram como origem principalmente o continente europeu com 34%, seguido da América do Sul que teve 27% do total.

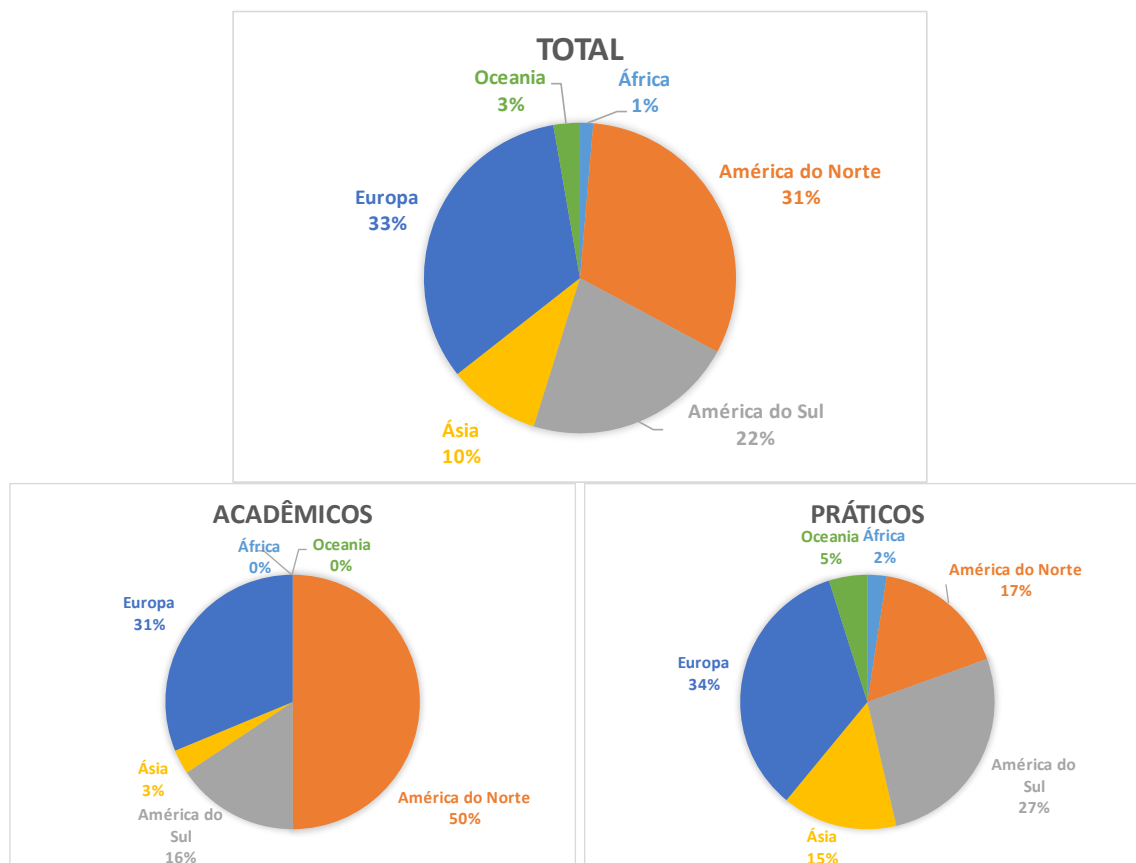


Figura 4.1: Continentes de origem das previsões recebidas

4.1 ENSAIOS UTILIZADOS NAS PREVISÕES

Os participantes tiveram a disposição resultados de ensaios in situ CPT, SPT e DMT para utilizarem para as previsões. Conforme a figura 4.2a o ensaio mais utilizado para as análises foi o CPT, utilizado no total em 61 previsões, ou seja, em 90% das submissões. O ensaio CPT foi utilizado em conjunto com os ensaios de DMT e/ou SPT. O segundo ensaio a ser mais utilizado foi o SPT, sendo o total de 20 previsões, que corresponde a 29% das submissões. O ensaio DMT foi o único a não ser utilizado sem combinações com outros ensaios, assim como não foi utilizada a combinação de DMT e SPT.

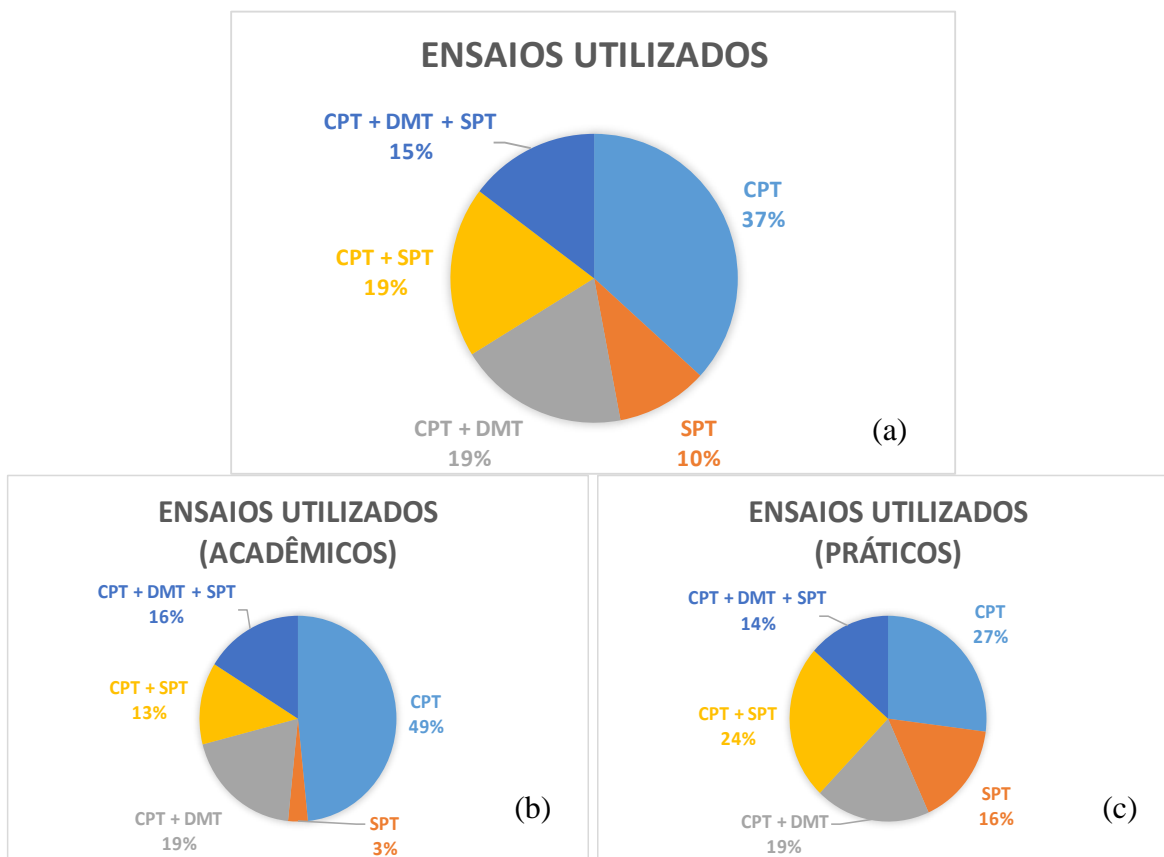


Figura 4.2: Ensaios utilizados nas previsões (a) todas as previsões recebidas pelo comitê; (b) previsões enviadas por acadêmicos; (c) previsões enviadas por práticos

As figuras 4.2b e 4.2c apresentam os ensaios utilizados nas previsões realizadas por práticos e por acadêmicos. As previsões fornecidas por acadêmicos utilizaram principalmente o ensaio CPT, totalizando 97% das previsões, sendo quase metade das previsões baseadas no CPT isoladamente, ou seja, sem utilizar os demais ensaios. Dentre os classificados como práticos, apesar de também utilizarem na maioria o ensaio CPT, aumentou a porcentagem de uso do SPT (práticos com 54% e acadêmicos com 32%).

Para as estimativas de capacidade de carga e curvas carga-recalque e distribuição da carga ao longo da profundidade, foram utilizados métodos indiretos ou semi-empíricos, que utilizam diretamente os dados dos ensaios CPT, DMT ou SPT, ou métodos diretos, ou seja, que utilizaram os ensaios fornecidos para determinação de parâmetros do solo. Conforme pode ser observado na figura 4.3, quase 50% das previsões utilizaram métodos diretos.



Figura 4.3: Métodos de estimativa utilizados (direto ou indireto)

O total de 68 previsões utilizaram métodos indiretos, ou racionais, determinando parâmetros para o solo para realizar as estimativas do concurso. Dentre esses apenas dois não informaram quais ensaios utilizaram. A figura 4.4 apresenta os ensaios utilizados para determinação de parâmetros dos participantes que utilizaram métodos indiretos. Como pode ser observado, o ensaio CPT não foi utilizado em apenas 3% das previsões, sendo utilizado como único ensaio em 25% dos casos.

A figura 4.5 apresenta os ensaios utilizados nas 41 previsões que utilizaram métodos diretos. O uso do ensaio SPT como único ensaio de referência aumentou de 3%, dos métodos indiretos, para 15% nas previsões com métodos diretos.



Figura 4.4: Ensaios utilizados nas previsões por métodos indiretos



Figura 4.5: Ensaios utilizados nas previsões por métodos diretos

4.2 PRINCIPAIS MÉTODOS UTILIZADOS

Diversos métodos foram utilizados nas previsões. As estimativas foram avaliadas nesse item pelos métodos utilizados para determinação da capacidade de carga, curvas carga-recalque e carga-profundidade, conforme informado pelos autores. A tabela 4.2 apresenta de maneira resumida o método utilizado para a estimativa da previsão de capacidade de carga e das curvas carga-recalque e carga-profundidade.

4.2.1 Métodos de Previsão da Capacidade de Carga

O uso de elementos finitos para previsão da capacidade de carga das estacas foi descrito em onze relatórios. Os softwares utilizados foram Plaxis em seis, Abaqus em três, OpenSEES em um e Repute 1.5 também em um. A tabela 4.3 apresenta as previsões que utilizaram elementos finitos para determinação da capacidade de carga, com os respectivos desvios em porcentagem da carga total, de ponta e lateral comparados com os valores obtidos em campo. Os desvios de até 10% estão grifados na cor vermelha, de até 20% na cor azul e até 50% na cor verde.

Tabela 4.2: Resumo dos métodos de estimativa utilizados nas previsões

Previsão	Resumo dos Métodos de Estimativa		
	Capacidade de carga	Curva Carga-Recalque	Curva Carga-Profundidade
1	Elementos Finitos (Abacus 3D)	Elementos Finitos (Abacus 3D)	Elementos Finitos (Abacus 3D)
2	Verbrugge (1981)	Load Transfer Method	Verbrugge (1981)
3	Décourt (1996)	não descreve método	não descreve método
4	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966) + experiência em solos de Venetian Plain	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966)	Randolph e Wroth (1978)
5	Beta-method para lateral e Berezancev para ponta	base em comportamento de outras estacas ensaiadas (HBM Ltd)	base em comportamento de outras estacas ensaiadas (HBM Ltd)
6	UniPile	UniPile considerando função t-z e q-z do Ratio Method (Fellenius, 2014)	UniPile
7	Elementos Finitos (OpenSEES - McKenna, 1997)	Elementos Finitos (OpenSEES - McKenna, 1997)	Elementos Finitos (OpenSEES - McKenna, 1997)
8	Philliponnat (1980)	Van Der Veen (1953)	Van Der Veen (1953)
9	Programa Randolph (2003)	Programa Randolph (2003)	Programa Randolph (2003)
10	Bustamante e Ganeselli (1982)	Mayne (2007 e 2013) e Mayne e Niazi (2009)	Bustamante e Ganeselli (1982)
11	UniPile (Eslami e Fellenius, 1999)	UniPile (Eslami e Fellenius, 1999)	UniPile (Eslami e Fellenius, 1999)
12	Eslami e Fellenius (1997)	Randolph e Wroth (1978)	não descreve método
13	Elementos Finitos (Plaxis 2D)	Elementos Finitos (Plaxis 2D)	Elementos Finitos (Plaxis 2D)
14	Bustamante e Ganeselli (1982)	não descreve método	não descreve método
15	Randolph e Wroth (1979)	não descreve método	Niazi (2014) e Niazi e Mayane (2015)
16	Elementos Finitos (Plaxis)	Elementos Finitos (Plaxis)	Elementos Finitos (Plaxis)
17	Bustamante e Ganeselli (1982)	Elementos Finitos (Software Repute 3D)	não descreve método
18	Falconi e Perez (2008)	não descreve método	não descreve método
19	Verbrugge (1981)	Verbrugge (1981)	não descreve método
20	Verbrugge (1981)	Verbrugge (1981)	não descreve método
21	Hansen	Poulos e Davis (1968)	não descreve método

Previsão	Resumo dos Métodos de Estimativa		
	Capacidade de carga	Curva Carga-Recalque	Curva Carga-Profundidade
22	Togliani (2015)	valores intermediários entre programa Repute e estimativa de resposta compressível da estaca	não descreve método
23	não descreve métodos	não descreve método	não descreve método
24	Décourt (1995) com modificações	PIES Program (Poulos, 1989)	não descreve método
25	Elementos Finitos (Software Repute 1.5)	Elementos Finitos (Software Repute 1.5)	Elementos Finitos (Software Repute 1.5)
26	De Beer (1971, 1972)	Winkler assumption	Gwizdala e Steczniewski (2003)
27	métodos empíricos Viggiani et al. (2012) e Marchetti et al. (2008)	Fleming (1992)	métodos empíricos Viggiani et al. (2012) e Marchetti et al. (2008)
28	Bustamante e Ganeselli (1982)	não descreve método	O'Neill e Reese (1999)
29	Verbrugge (1981)	Briaud et al. (1983)	Verbrugge (1981)
30	Elementos Finitos (Abacus 2D)	Elementos Finitos (Abacus 2D)	Elementos Finitos (Abacus 2D)
31	Monteiro (1997)	Cintra e Aoki (2010)	Monteiro (1997)
32	UniPile (por 4 métodos com CPT) e Meyerhof, Decourt e Reese e O'Neil com SPT	UniPile (por 4 métodos com CPT) e Meyerhof, Decourt e Reese e O'Neil com SPT	UniPile (por 4 métodos com CPT) e Meyerhof, Decourt e Reese e O'Neil com SPT
33	AllPile (FHWA)	AllPile (FHWA)	AllPile (FHWA)
34	Elementos Finitos (Abaqus)	Elementos Finitos (Abaqus)	Elementos Finitos (Abaqus)
35	não descreve método	Randolph e Wroth (1978)	não descreve método
36	Programa CGI-DFSAP (2011)	Programa CGI-DFSAP (2011)	Programa CGI-DFSAP (2011)
37	API (2011)	API (2011)	API (2011)
38	não descreve métodos	não descreve método	não descreve método
39	Elementos Finitos (Plaxis 2D)	Elementos Finitos (Plaxis 2D)	Elementos Finitos (Plaxis 2D)
40	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966)	não descreve método	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966)
41	Elementos Finitos (Plaxis 3D)	Elementos Finitos (Plaxis 3D)	Elementos Finitos (Plaxis 3D)
42	Verbrugge (1981)	Verbrugge (1981)	Verbrugge (1981)
43	Verbrugge (1981)	Verbrugge (1981)	Verbrugge (1981)
44	baseado e provas de carga de Santos /SP e em experiências dos autores	Van Der Veen (1953)	estimou interface pelo CPT

Previsão	Resumo dos Métodos de Estimativa		
	Capacidade de carga	Curva Carga-Recalque	Curva Carga-Profundidade
45	Qs por Eslami e Fellenius (1997) com correção de Niazi (2013) e Qb por Berezantsev (1965)	Randolph e Wroth (1978)	não descreve método
46	DTU 13.2 (1992)	não fornecida	não fornecida
47	Elementos Finitos (Plaxis)	Elementos Finitos (Plaxis)	Elementos Finitos (Plaxis)
48	Verbrugge (1981) e ponta por Eslami e Fellenius (1997)	Verbrugge (1981)	Verbrugge (1981)
49	De Beer (1971, 1972)	Winkler assumption	Gwizdala e Steczniewski (2003)
50	Urbano e Alonso (1989)	não descreve método	não descreve método
51	Bustamante e Ganeselli (1982)	não fornecida	não fornecida
52	Qs por Beta Method e Qb por Bustamante e Ganeselli (1982)	não descreve método	não descreve método
53	Teixeira (1996)	Elementos finitos (Cesar V.5)	Elementos finitos (Cesar V.5)
54	não descreve métodos	não descreve método	não descreve método
55	não fornecida - diversos para Qt (baseados CPT) comparados	Poulos e Davis (1980)	não fornecida
56	Randolph e Wroth (1978)	Randolph e Wroth (1978)	Randolph e Wroth (1978)
57	Eslami e Fellenius (1997)	Chen e Kulhawy (2002)	não descreve método
58	Velloso (1975) e Décourt (1996)	Souza (1995)	Velloso (1975) e Décourt (1996)
59	Verbrugge (1981)	Verbrugge (1981)	Verbrugge (1981)
60	Bustamante e Ganeselli (1982)	Fellenius (1999)	Bustamante e Ganeselli (1982)
61	lateral FHWA (1999) e ponta Denver (1981)	Denver (1981) - teoria da Elasticidade)	não fornecida
62	Poulos e Davis (1980)	não descreve método	não descreve método
63	não descreve método	não fornecida	não fornecida
64	FHWA (2010)	não descreve método	não descreve método
65	Elementos Finitos (Plaxis)	Elementos Finitos (Plaxis)	Elementos Finitos (Plaxis)
66	Eslami e Fellenius (1997)	RATZ program	não descreve método
67	Beta method	não descreve método	Beta method

Previsão	Resumo dos Métodos de Estimativa		
	Capacidade de carga	Curva Carga-Recalque	Curva Carga-Profundidade
68	Beta method e Alpha method	não descreve método	Beta method e Alpha method
69	Dutch method (NEN 6743-1: 2006)	não fornecida	não descreve método
70	Décourt (1986)	Almeida e Maset (2014)	estimou interface pelo CPT
71	Bustamante e Gianceselli (1982)	De Beer (1988) para areia e Torstensson (1973) para argilas	Bustamante e Gianceselli (1982)
72	Verbrugge (1981)	Verbrugge (1981)	Verbrugge (1981)
73	Van Impe (1988) - modificação do método de De Beer	Fleming (1972) e Caputo (2003)	não descreve método

Tabela 4.3: Previsões de capacidade de carga realizadas com uso de Elementos Finitos

Previsão n°	Desvio (w/D=10%)			País de origem	Acadêmico ou prático?	Capacidade de carga
	Qt (%)	Qb (%)	Qs (%)			
1	14%	100%	-10%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (Abaqus 3D)
7	15%	178%	-32%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (OpenSEES - McKenna, 1997)
13	-48%	-7%	-59%	Inglaterra	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 2D)
16	-28%	-4%	-35%	Croácia	Prático	Elementos Finitos (Plaxis)
25	194%	-74%	270%	África do Sul	Prático	Elementos Finitos (Software Repute 1.5)
30	-56%	-33%	-63%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (Abaqus 2D)
34	-8%	74%	-31%	Irã	Acadêmico	Elementos Finitos (Abaqus)
39	-53%	4%	-69%	Itália	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 2D)
41	-37%	7%	-50%	Brasil	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 3D)
47	-42%	6%	-55%	Itália	Acadêmico	Elementos Finitos (Plaxis)
65	598%	2005%	199%	Bulgária	Acadêmico	Elementos Finitos (Plaxis)

Os métodos de Verbrugge (1981) foi utilizado em nove previsões, de Bustamante e Ganeselli (1982) em sete e de Eslami e Fellenius (1997) em quatro, sendo os métodos mais utilizados. Com três repetições foram utilizados os métodos Beta-Method, Décourt (1986, 1995 e 1996) e o software UniPile. Com apenas duas repetições foram apresentados os métodos de De Beer (1971 e 1972), Coyle e Reese (1966) e Randolph e Wroth (1978 e 1979). A tabela 4.4 apresenta as previsões com métodos descritos por mais de um participante para determinação da capacidade de carga, com os respectivos desvios em porcentagem da carga total, de ponta e lateral comparados com os valores obtidos em campo.

Tabela 4.4: Previsões de capacidade de carga realizadas com métodos descritos por mais de um participante

Previsão	Desvio (w/D=10%)			País de origem	Acadêmico ou prático?	Capacidade de carga
	Qt (%)	Qb (%)	Qs (%)			
2	-39%	-37%	-40%	França	Acadêmico	Verbrugge (1981)
19	-30%	74%	-60%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
20	-31%	71%	-59%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
29	-23%	98%	-58%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)

42	-24%	89%	-56%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
43	-16%	109%	-52%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
48	-8%	78%	-32%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981) e ponta por Eslami e Fellenius (1997)
59	-20%	115%	-59%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
72	-21%	120%	-61%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
10	-36%	-51%	-31%	EUA	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
14	-16%	46%	-34%	EUA	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
17	-11%	38%	-26%	Itália	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
28	-27%	36%	-45%	França	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
51	-30%	21%	-45%	Emirados Árabes	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
60	-46%	16%	-63%	Itália	Acadêmico	Bustamante e Ganeselli (1982)
71	-50%	-84%	-40%	Brasil	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
5	-38%	5%	-50%	Hungria	Acadêmico	Beta-method para lateral e Berezancev para ponta
67	-47%	11%	-63%	EUA	Prático	Beta method
68	39%	399%	-64%	EUA	Acadêmico	Beta method e Alpha method
3	-56%	-69%	-53%	Brasil	Prático	Décourt (1996)
24	-52%	-42%	-54%	Austrália	Prático	Décourt (1995) com modificações
70	-47%	-49%	-46%	Brasil	Acadêmico	Décourt (1986)
12	-23%	39%	-41%	EUA	Prático	Eslami e Fellenius (1997)
57	-24%	61%	-48%	EUA	Acadêmico	Eslami e Fellenius (1997)
66	-38%	3%	-49%	Austrália	Prático	Eslami e Fellenius (1997)
6	51%	121%	31%	Canadá	Prático	UniPile
11	-33%	29%	-51%	Suécia	Prático	UniPile (Eslami e Fellenius, 1999)
32	48%	232%	-4%	EUA	Prático	UniPile (por 4 métodos com CPT) e Meyerhof, Decourt e Reese e O'Neil com SPT
26	-25%	32%	-41%	Bélgica	Prático	De Beer (1971, 1972)
49	-32%	78%	-63%	Bélgica	Prático	De Beer (1971, 1972)
4	-26%	45%	-46%	Itália	Acadêmico	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966) + experiência em solos de Venetian Plain
40	-18%	100%	-51%	Itália	Acadêmico	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966)
15	-45%	-52%	-43%	EUA	Acadêmico	Randolph e Wroth (1979)
56	-37%	-41%	-36%	Itália	Acadêmico	Randolph e Wroth (1978)

4.2.2 Métodos de Previsão da Curva Carga-Recalque

Elementos finitos foram utilizados em treze previsões para a estimativa da curva carga-recalque. Os softwares utilizados foram Plaxis em seis, Abaqus em três, Repute 1.5 em dois, Cesar V.5 em um e OpenSEES também em um. A figura 4.6 apresenta as curvas de previsão da curva carga-recalque realizadas com uso de Elementos Finitos.

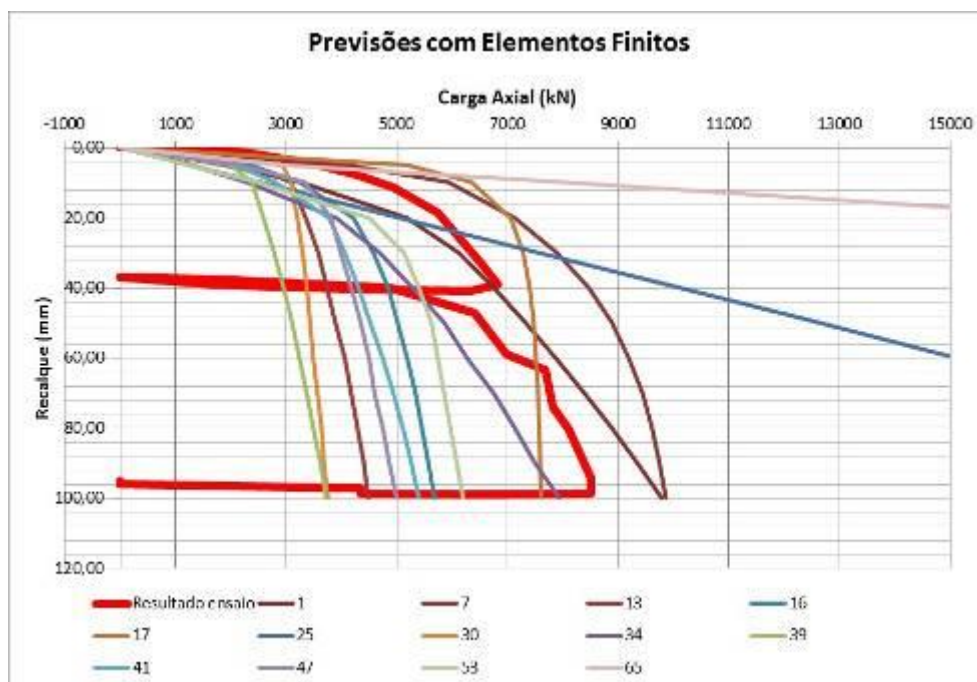


Figura 4.6: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso de Elementos Finitos²

Os métodos mais utilizados foram de Verbrugge (1981) em sete previsões e de Randolph e Wroth (1978) em cinco. Com três repetições foram utilizados os métodos de Poulos e Davis (1968, 1980) e o software UniPile. Com apenas duas repetições foram apresentados os métodos de Coyle e Reese (1966), Van Der Veen (1953) e Winkler Assumption. As figuras 4.7 a 4.13 apresentam as curvas carga-recalque para cada um dos métodos mencionados.

² As previsões 25 e 65, que também utilizaram elementos finitos, não foram inteiramente apresentadas devido a desvios muito elevados, comprometendo a visualização das demais curvas

A tabela 4.5 apresenta todas as previsões com resumo dos métodos de estimativa utilizados em cada uma das previsões para capacidade de carga e curvas carga-recalque e carga-profundidade, conforme descrito por cada participante.

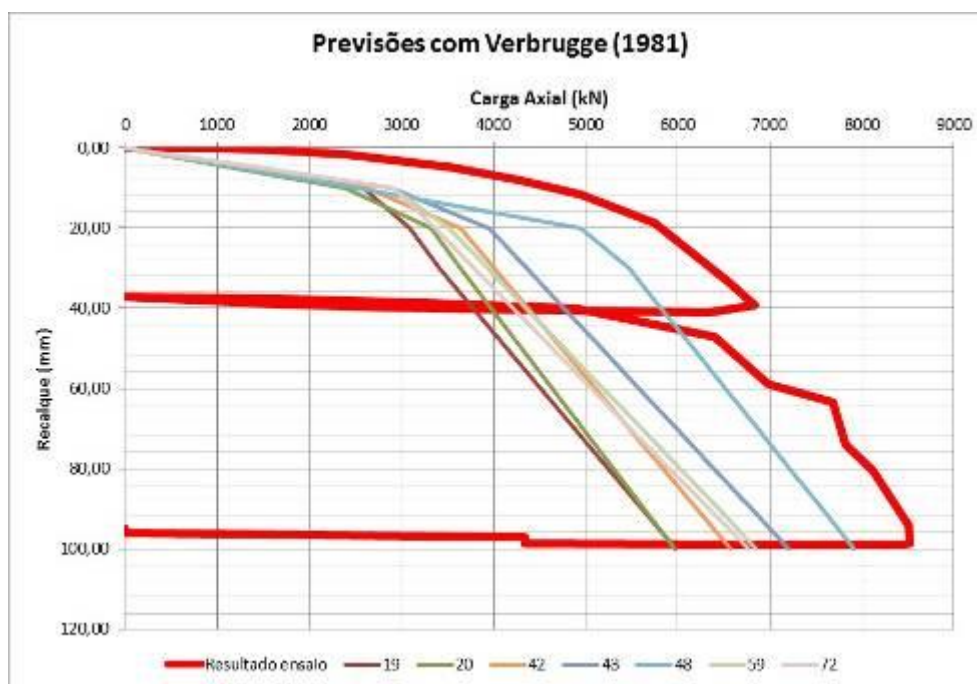


Figura 4.7: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do método de Verbrugge (1981)

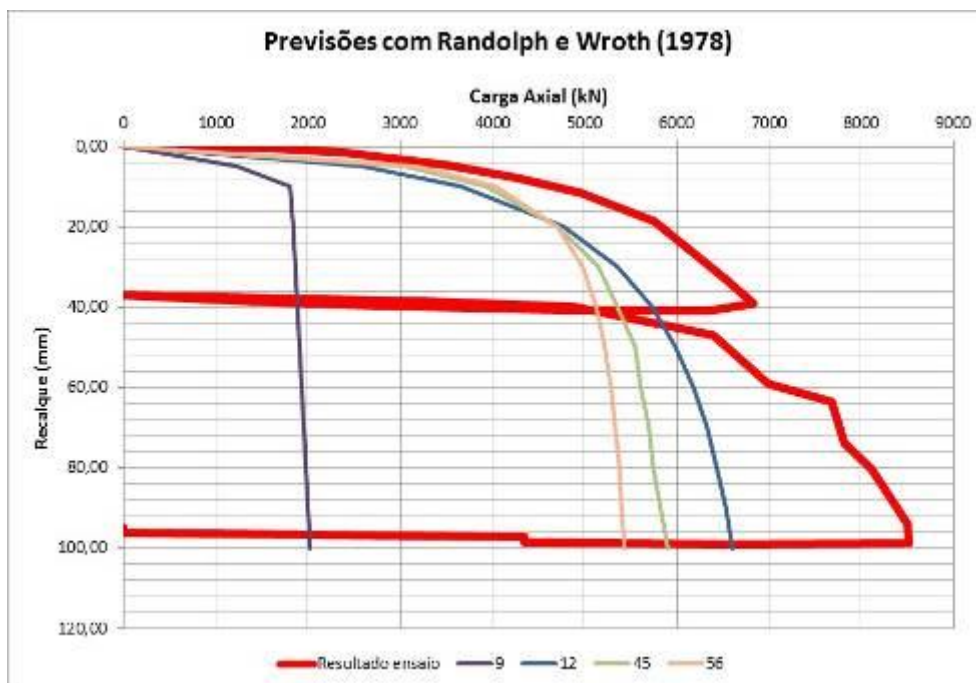


Figura 4.8: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do método de Randolph e Wroth (1978)³

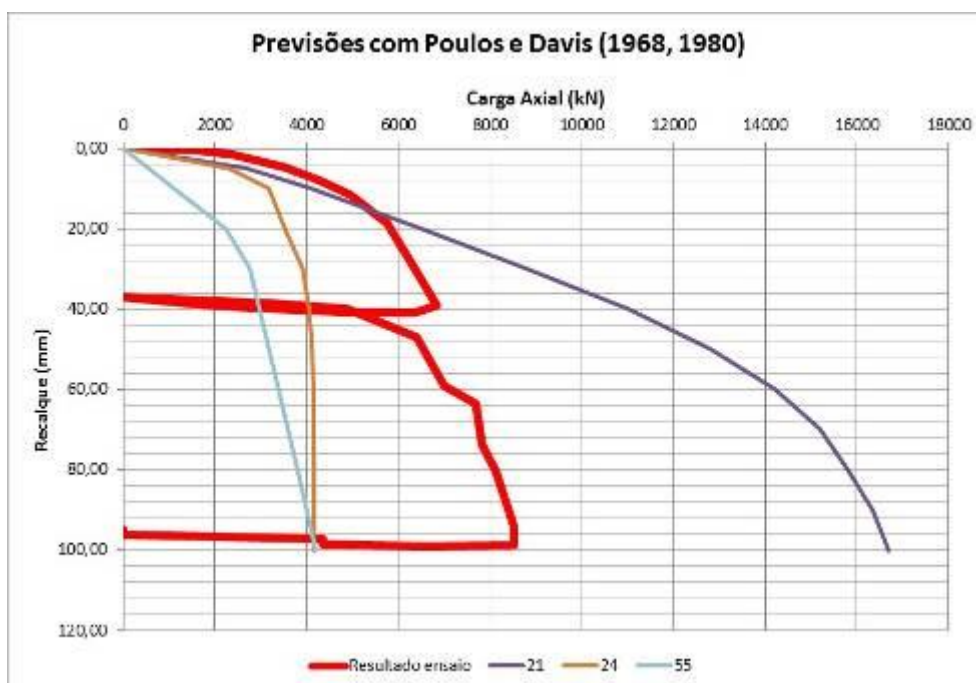


Figura 4.9: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do método de Poulos e Davis (1968, 1980)

³ Previsão 35 foi excluída por inconsistência na abordagem.

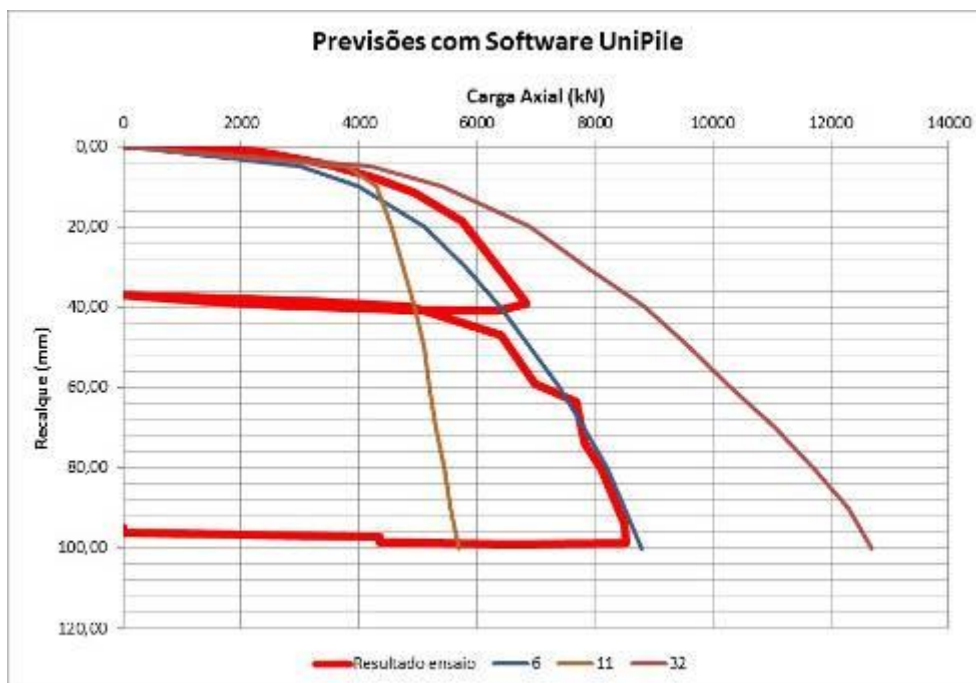


Figura 4.10: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do Software UniPile

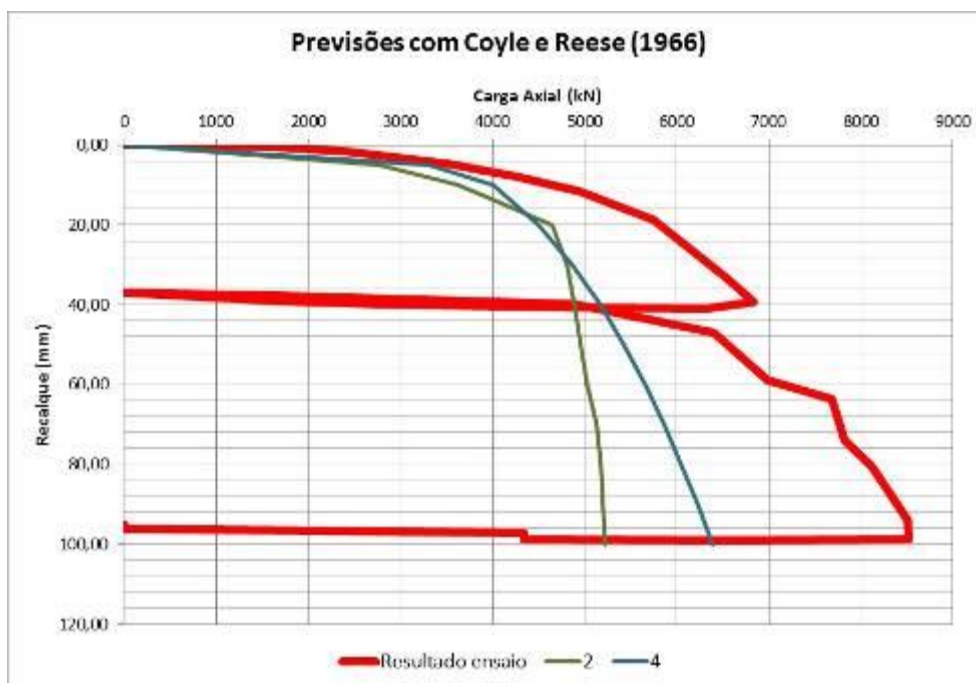


Figura 4.11: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do método de Coyle e Reese (1966)

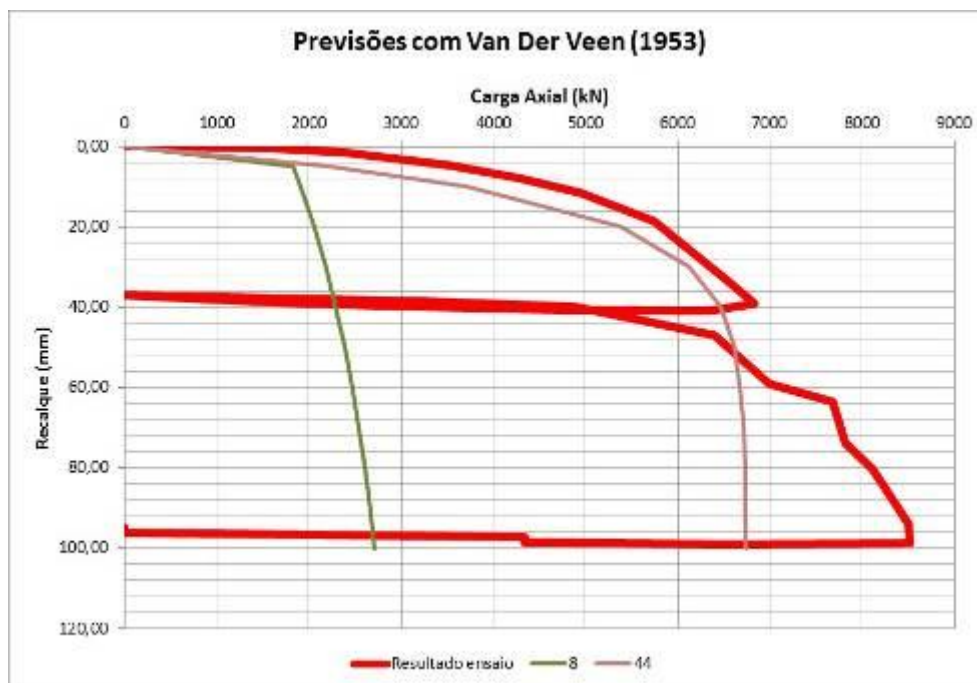


Figura 4.12: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do método de Van Der Veen (1953)

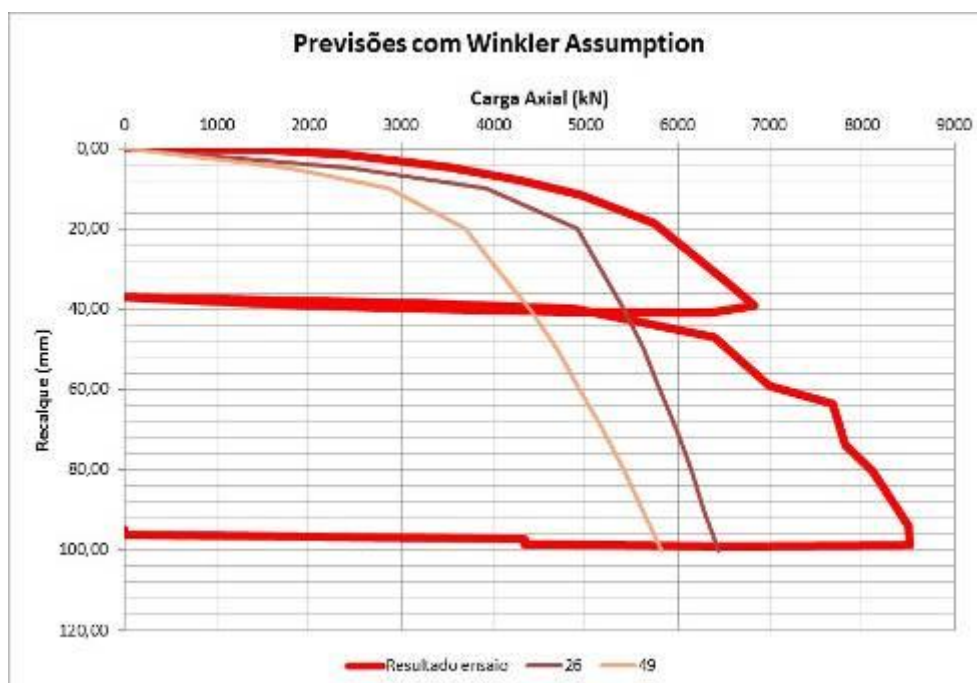


Figura 4.13: Previsões da curva carga-recalque realizadas com uso do Winkler Assumption

4.2.3 Métodos de Previsão da Curva Carga-Profundidade

Elementos finitos foram utilizados em doze previsões para a estimativa da curva carga-profundidade. Os softwares utilizados foram Plaxis em seis, Abaqus em três, Cesar V.5 em um, OpenSEES em um e Repute 1.5 também em um. A figura 4.15 apresenta as curvas de previsão da curva carga-profundidade realizadas com uso de Elementos Finitos.

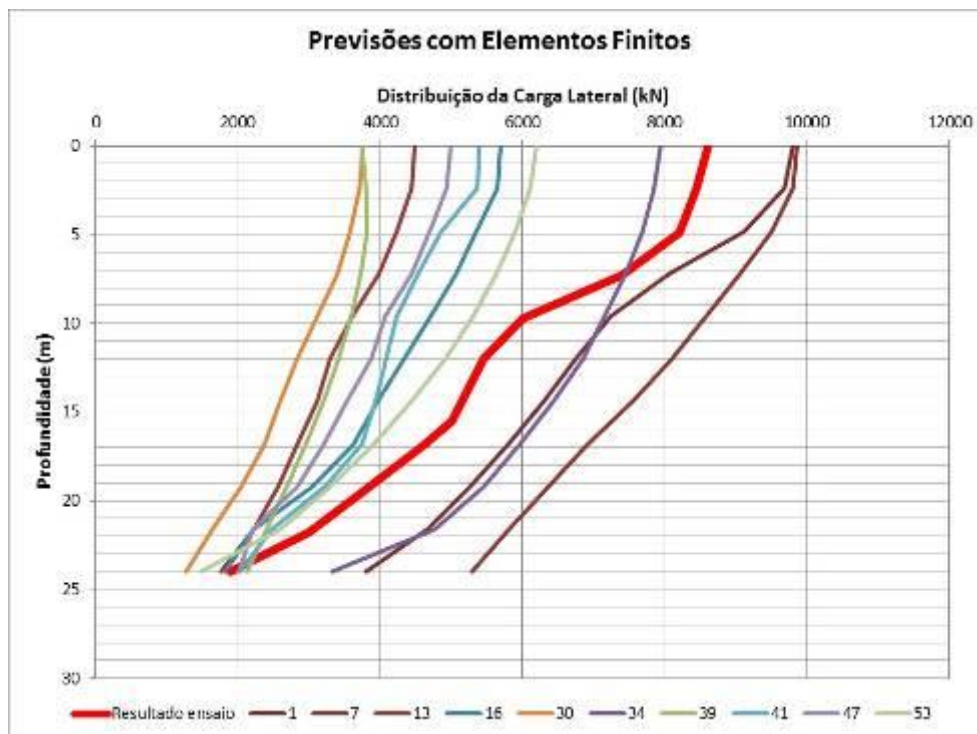


Figura 4.15: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso de Elementos Finitos⁴

O método mais utilizado foi de Verbrugge (1981) em sete previsões, sendo uma previsão da curva carga-profundidade incoerente com o comportamento de estacas submetidas à carregamentos axiais, razão pela qual foi eliminada na figura 4.16. Com três repetições foram utilizados os métodos de Bustamante e Ganeselli (1982), Randolph e Wroth (1978) e o software UniPile. Com apenas duas repetições foram apresentados os métodos Beta Method (com uma curva incoerente e eliminada) e Gwizdala e Steczniewski (2003). As

⁴ As previsões 25 e 65, que também utilizaram elementos finitos, foram eliminadas do gráfico por apresentarem desvios muito elevados, comprometendo a visualização das demais curvas.

figuras 4.16 a 4.21 apresentam as curvas carga-profundidade para cada um dos métodos mencionados.

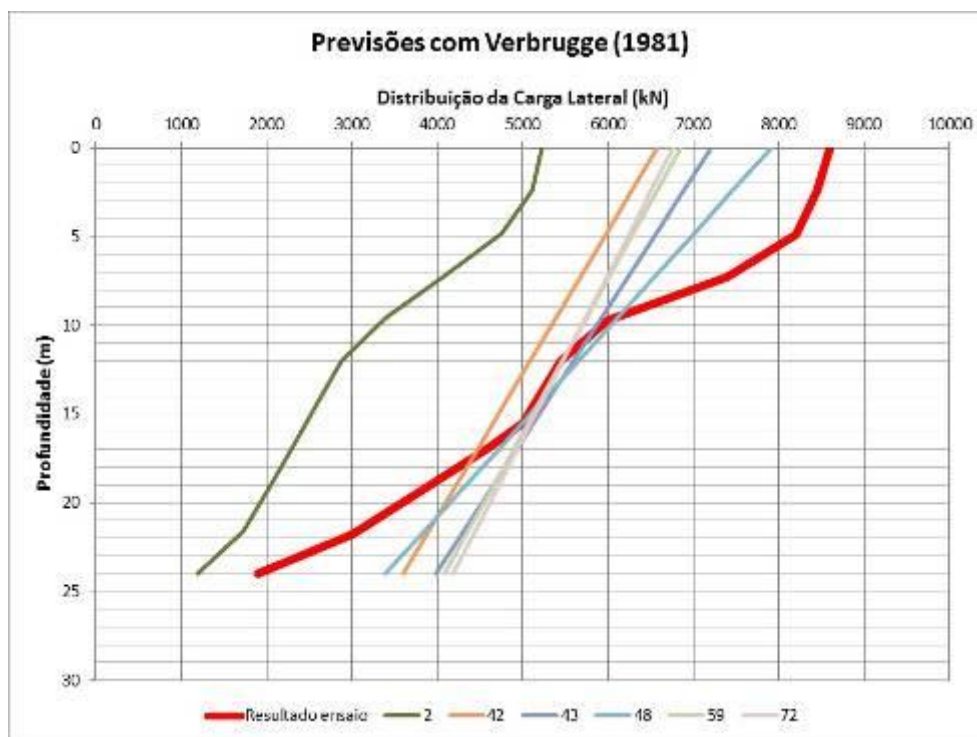


Figura 4.16: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do método de Verbrugge (1981)

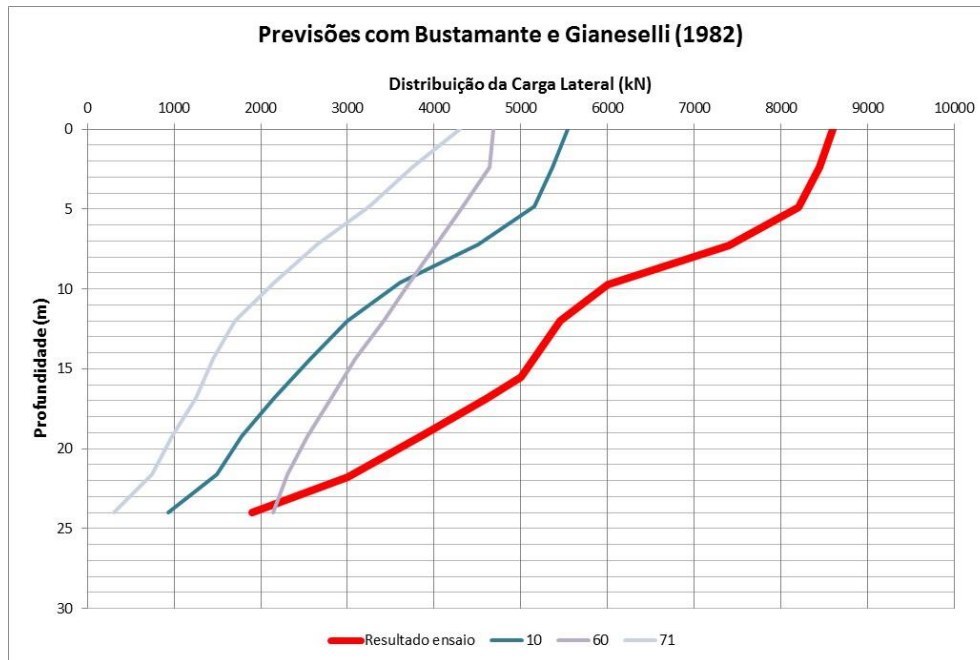


Figura 4.17: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do método de Bustamante e Gianeselli (1982)

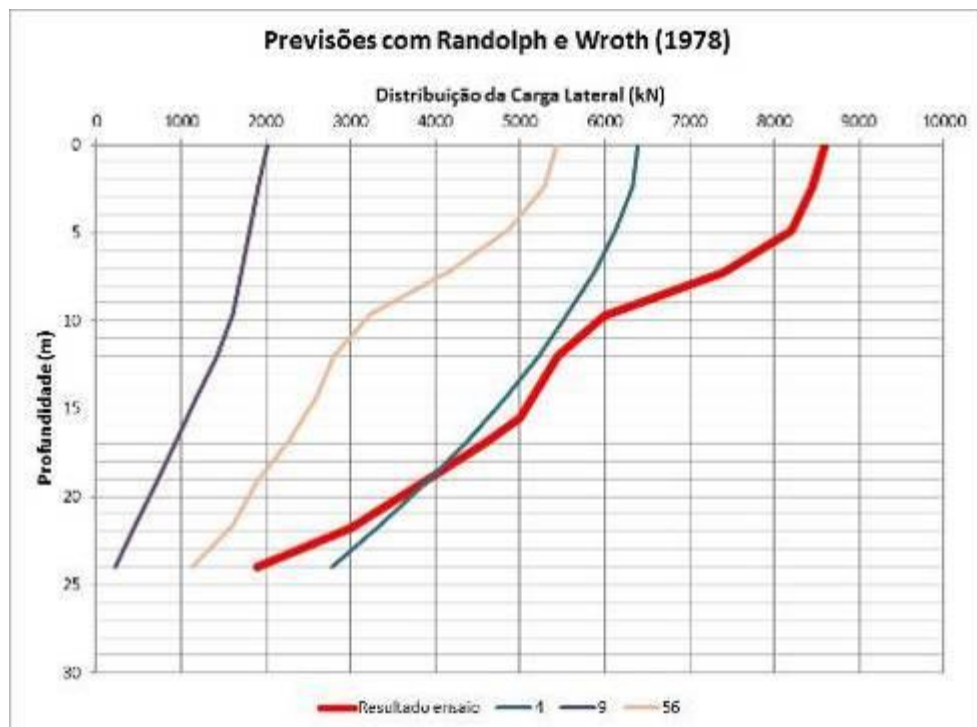


Figura 4.18: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do método de Randolph e Wroth (1978)

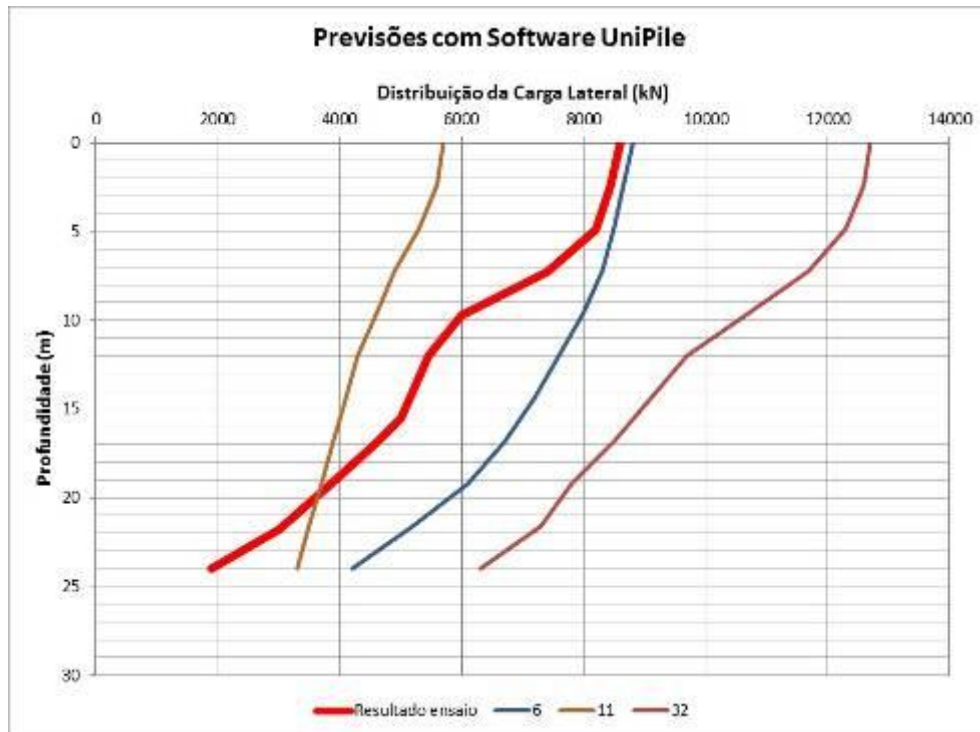


Figura 4.19: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do Software UniPile



Figura 4.20: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do Beta Method

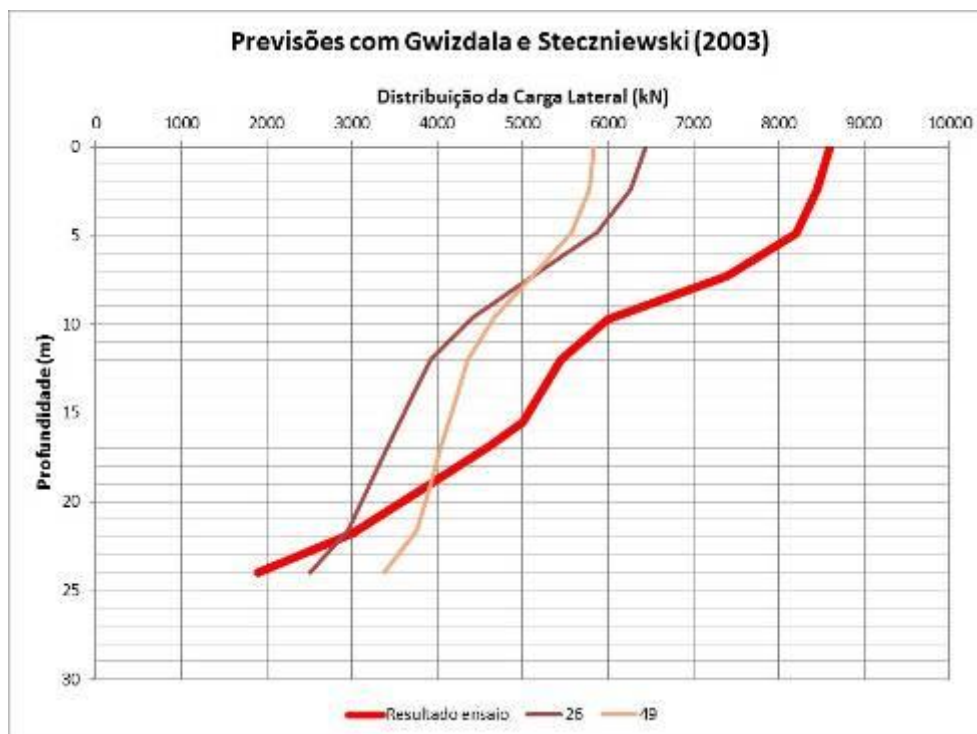


Figura 4.21: Previsões da curva carga-profundidade realizadas com uso do método de Gwizdala e Steczniewski (2003)

4.2.1 Avaliação dos Principais Métodos para Determinação de Capacidade de Carga

Avaliando os métodos mais utilizados para determinação de capacidade de carga podem ser identificados os seguintes itens:

- As onze previsões que utilizaram o método de elementos finitos tiveram origem de oito diferentes países, sendo Estados Unidos com três (três acadêmicas), Itália com duas (uma acadêmica e uma prática), África do Sul, Brasil, Croácia e Inglaterra com uma cada (práticas) e Bulgária e Irã com uma cada (acadêmicas). Cinco previsões utilizaram os três ensaios *in situ* para as estimativas, sendo que todos utilizaram o ensaio CPT;
- O método de Verbrugge (1981) foi utilizado em oito previsões dos Estados Unidos e uma da França, sendo todas previsões de acadêmicos, sendo seis

- previsões com uso exclusivo do ensaio CPT e as demais combinações desse com os ensaios DMT e SPT;
- O método de Bustamante e Gianceselli (1982) foi utilizado por seis práticos e um acadêmico, sendo os países de origem Estados Unidos (duas previsões de práticos), Itália (uma de prático e uma de acadêmico), Brasil, Emirados Árabes e França (um de prático de cada país). Cinco previsões utilizaram apenas o ensaio CPT e as outras duas pela combinação de CPT e DMT;
 - Beta Method foi enviado por um acadêmico e um prático dos Estados Unidos da América (um com uso do CPT e outro do SPT) e um prático da Hungria (utilizando o CPT);
 - As duas previsões que utilizaram o método de De Beer (1971 e 1972) foram enviadas por práticos da Bélgica e baseadas exclusivamente no ensaio CPT;
 - O método de Décourt (1986, 1995 e 1996) foi utilizado por um acadêmico (uso CPT e SPT) e um prático do Brasil (uso apenas SPT) e um prático da Austrália (uso apenas SPT);
 - O método de Eslami e Fellenius (1997) foi utilizado por um acadêmico (uso apenas CPT) e um prático dos Estados Unidos (uso CPT e DMT) e um prático da Austrália (uso CPT e DMT);
 - O método de Coyle e Reese (1966) foram utilizadas em duas previsões da Itália de acadêmicos, ambos utilizando os ensaios CPT e DMT;
 - Randolph e Wroth (1978 e 1979) foram enviadas por dois acadêmicos, um dos Estados Unidos (uso CPT) e outro da Itália (uso CPT, DMT e SPT);
 - O Software UniPile foi utilizada em três previsões apenas de práticos, de origem do Canadá (uso CPT e SPT), Estados Unidos (uso CPT e SPT) e Suécia (uso apenas CPT).

4.2.2 Avaliação dos Principais Métodos para Curva Carga-Recalque

Avaliando os métodos mais utilizados para determinação da curva carga-recalque podem ser identificados os seguintes itens:

- As treze previsões que utilizaram o método de elementos finitos tiveram origem de oito diferentes países, sendo Estados Unidos com três (três acadêmicas), Itália com três (uma acadêmica e duas práticas), Brasil com duas (uma acadêmica e uma prática), África do Sul, Croácia e Inglaterra com uma cada (práticas) e Bulgária e Irã com uma cada (acadêmicas). Seis previsões utilizaram os três ensaios *in situ* para as estimativas, sendo que todos utilizaram o ensaio CPT;
- O método de Verbrugge (1981) foi utilizado em oito previsões dos Estados Unidos, sendo todas previsões de acadêmicos, sendo cinco previsões com uso exclusivo do ensaio CPT e as demais combinações desse com os ensaios DMT ou SPT;
- Foram enviadas por Randolph e Wroth (1978) duas previsões dos Estados Unidos e duas da Itália, uma acadêmica e uma prática de cada país, e uma previsão da China enviada por prático, sendo que todos utilizaram o ensaio CPT;
- O método de Poulos e Davis (1968, 1980 e 1989) foi utilizado por dois acadêmicos (um do Brasil – uso do CPT e DMT – outro da Itália – uso do CPT e SPT) e um prático (da Austrália – uso apenas do SPT);
- O software UniPile foi utilizado por práticos do Canadá, Estados Unidos da América e Suíça, todos utilizando o ensaio CPT, com dois combinando esse com o SPT;
- Coyle e Reese (1966) foi utilizado em duas previsões de acadêmicos, uma da França (uso apenas do CPT) e uma da Itália (por combinação dos três ensaios *in situ*);

- O método de Van Der Veen (1953) foi utilizado por um acadêmico (uso apenas do CPT) e um prático (combinação dos ensaios CPT e SPT), ambos do Brasil;
- Winkler Assumption foram utilizados em duas previsões de práticos da Bélgica, ambos utilizando apenas o CPT.

4.2.3 Avaliação dos Principais Métodos para Curva Carga-Profundidade

Avaliando os métodos mais utilizados para determinação da curva carga-profundidade podem ser identificados os seguintes itens:

- As treze previsões que utilizaram o método de elementos finitos tiveram origem de oito diferentes países, sendo Estados Unidos da América com duas (três acadêmicas), Itália com três (uma acadêmica e uma prática), Brasil com duas (uma acadêmica e uma prática), África do Sul, Croácia e Inglaterra com uma cada (práticas) e Bulgária e Irã com uma cada (acadêmicas). Seis previsões utilizaram os três ensaios *in situ* para as estimativas, sendo que todos utilizaram o ensaio CPT;
- O método de Verbrugge (1981) foi utilizado em seis previsões dos Estados Unidos e uma da França, sendo todas previsões de acadêmicos. Quatro utilizaram apenas o ensaio CPT e os demais combinaram esse com DMT e SPT;
- As previsões com método de Bustamante e Ganeselli (1982) de práticos tiveram origem uma do Brasil (uso apenas CPT) e uma dos Estados Unidos da América (combinação do CPT e DMT) e uma de acadêmico da Itália (uso apenas CPT);
- Foram enviadas por Randolph e Wroth (1978) duas previsões da Itália, ambas por acadêmicos e uma previsão da China enviada por prático, sendo que todos utilizaram a combinação de CPT e SPT, com combinação também do DMT pelos acadêmicos;

- O software UniPile foi utilizada apenas por três práticos, de país de origem do Canadá (uso CPT e SPT), Estados Unidos (uso CPT e SPT) e Suécia (uso apenas do CPT);
- O método de Qwizdala e Steczniewski (2003) foi utilizado por dois práticos da Bélgica, ambos utilizando apenas o CPT.

5 AVALIAÇÃO DAS DISPERSÕES DAS PREVISÕES

Com os valores fornecidos nas previsões é possível avaliar os desvios das estimativas comparados com os dados obtidos em campo. As capacidades de carga foram avaliadas em desvios quanto a carga total, $Q_{t, w/d=10\%}$, lateral, $Q_{s, w/d=10\%}$, e de ponta, $Q_{b, w/d=10\%}$. As curvas carga-recalque e carga-profundidade foram avaliadas quanto ao desvio médio em percentagem e quanto ao formato apresentado, ou seja, verificando a variação do desvio absoluto ao longo da curva. Curvas com formato muito diferente do observado em campo apresentam grande variação do desvio absoluto, porém curvas com desvio mais constante indicam formato da curva correto, porém com estimativas de cargas incorretas.

5.1 DESVIOS DAS PREVISÕES DE CAPACIDADE DE CARGA

5.1.1 Capacidade de Carga Total Q_T

Os desvios das previsões de capacidade de carga total das estacas, para w/D igual a 10%, se distribuíram entre 94% e -68%⁵. Das 72 previsões fornecidas das capacidades de carga total⁶, 10 previsões apresentaram desvios positivos (ou seja, estimaram a capacidade de carga total das estacas maior do que a medida em campo) e 62 previsões com desvio negativo (a favor da segurança, com valores previstos inferiores ao medido).

A figura 5.1 apresenta o número de revisões com desvios de 10%, 20% e 50%, positivos e negativos. As quantidades de previsões estão apresentadas de maneira acumulada, ou seja, nas 61 previsões com desvio de 50% estão consideradas as 13 previsões com desvio menor que 20%, e nas 13 com desvio de até 20% consideradas as 5 com desvio menor que 10%.

⁵ As previsões 9, 25 e 65 foram desconsideradas por apresentarem desvios inconsistentes.

⁶ A previsão número 55 não apresentou os dados de capacidade de carga, apenas enviou a curva carga-recalque.

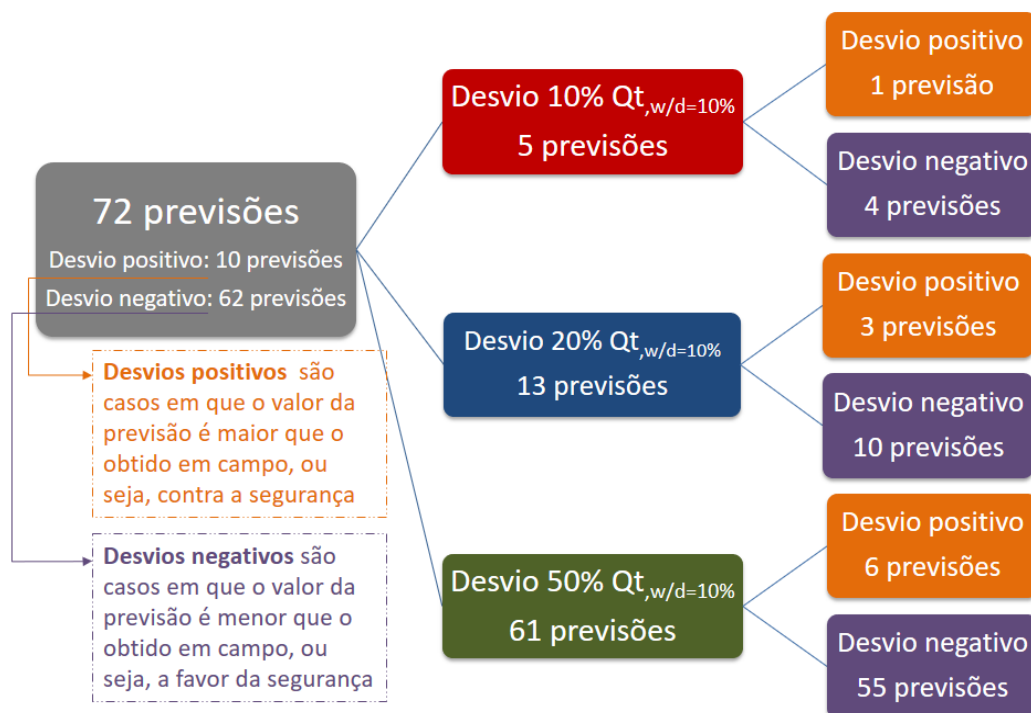


Figura 5.1: Desvios de 10, 20 e 50% das previsões de capacidade de carga total das estacas para $w/D=10\%$

A figura 5.2 apresenta os desvios positivos e negativos de todas as previsões das capacidades de carga total, lateral e de ponta.

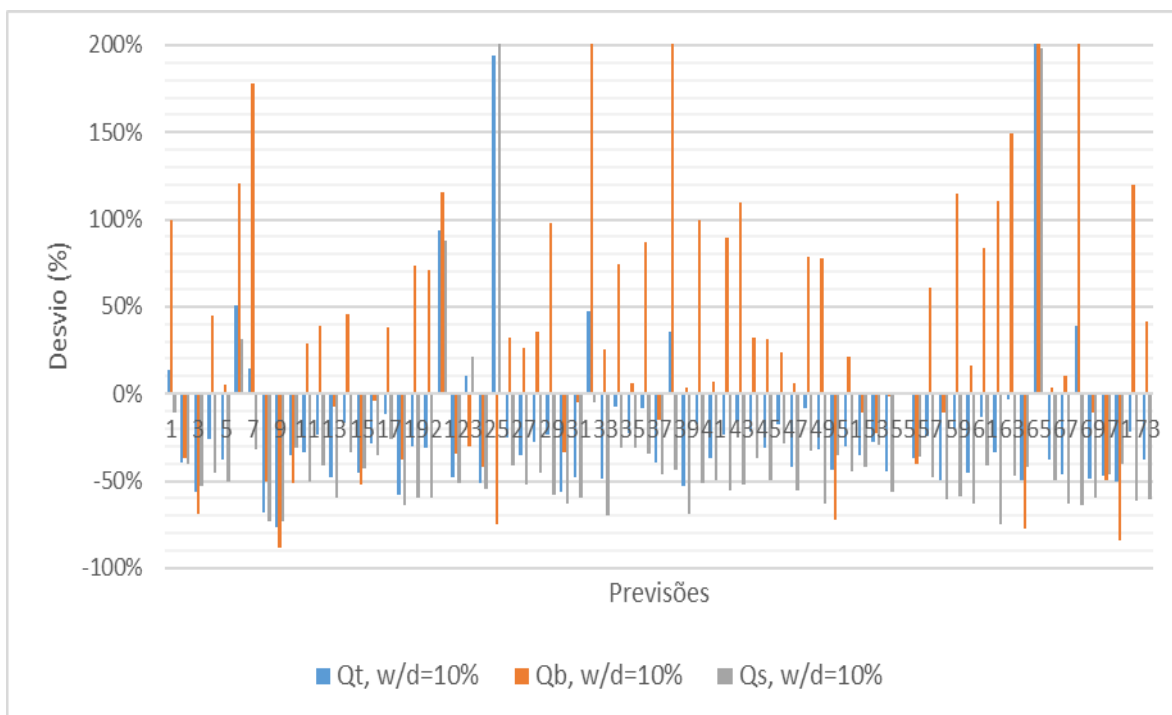


Figura 5.2: Desvios em porcentagem, com máximo fixado em 200%, de todas as previsões de capacidade de carga total, lateral e de ponta

O menor desvio em módulo obtido foi de 3,39%, que corresponde a $Q_{t,w/d=10\%}$ igual a 8308kN. Porém avaliando os desvios das capacidades de carga lateral e base, os valores são de, respectivamente, -46,65% e 149,13%. A capacidade de ponta da estaca foi estimada em 4734kN, muito acima da medida em campo de 1900kN, e a lateral foi subestimada a 3575kN, enquanto a medida foi 6700kN.

Nas previsões é comum observar baixos desvios de capacidade total gerados por elevados desvios nas previsões da lateral e da ponta. Isso ocorre devido à compensação dos desvios da lateral e da ponta, sendo um positivo e outro negativo, gerando menores desvios para Q_t quando somadas as capacidades.

Para melhor observação das variações dos desvios e para comparar os desvios das capacidades totais com os laterais e de ponta, as figuras 5.3, 5.4 e 5.5 mostram os resultados dos desvios (total, lateral e ponta) das estacas com, respectivamente, 10%, 20% e 50% de desvio de $Q_{t,w/d=10\%}$.

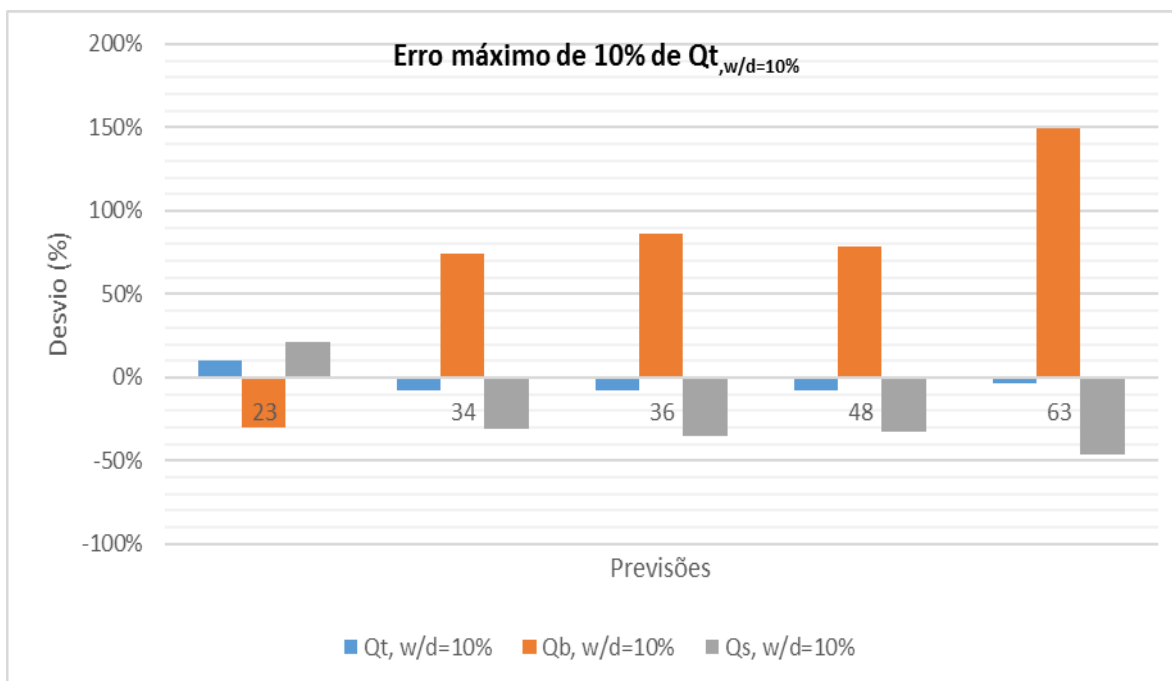


Figura 5.3: Desvios (total, lateral e ponta) das previsões com no máximo 10% de desvio de $Q_{t,w/d=10\%}$

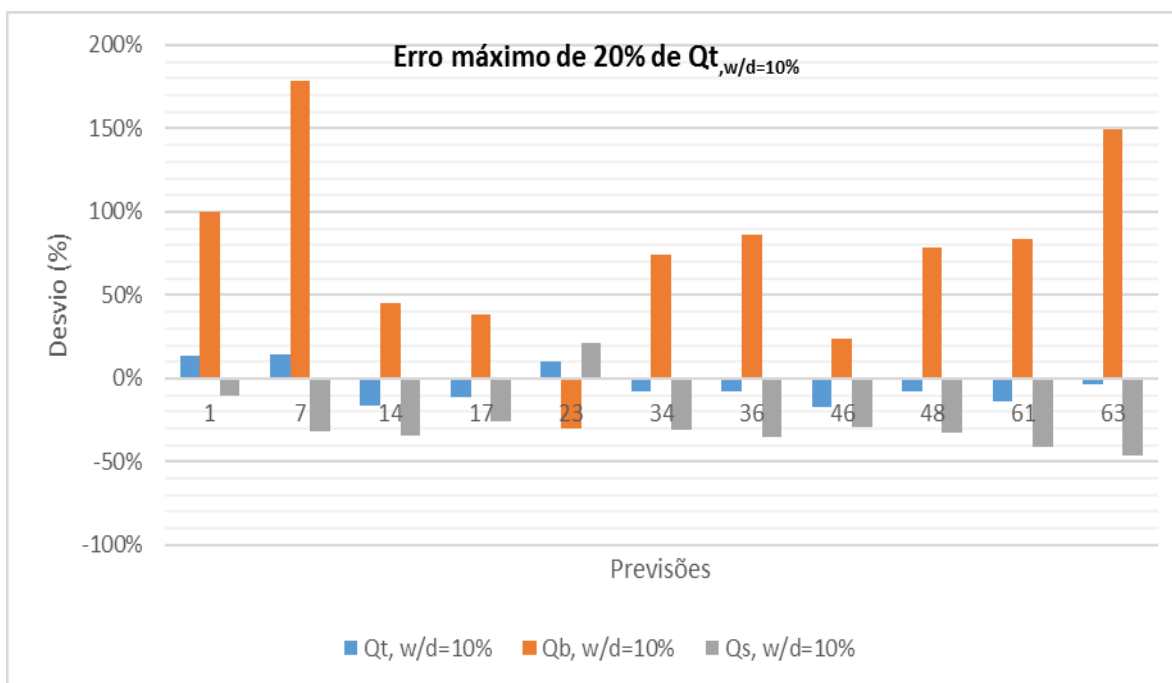


Figura 5.4: Desvios (total, lateral e ponta) das previsões com no máximo 20% de desvio de $Q_{t,w/d=10\%}$

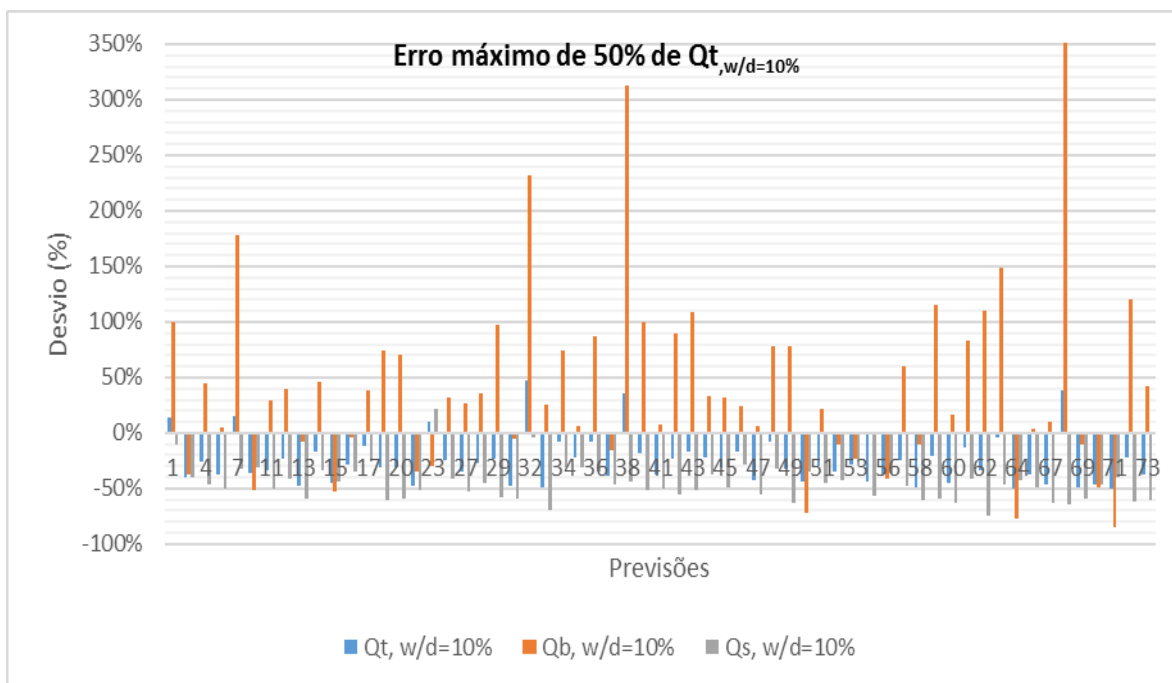


Figura 5.5: Desvios (total, lateral e ponta), com máximo fixado em 350%, das previsões com no máximo 50% de desvio de $Q_{t,w/d=10\%}$

Como pode ser observado na figura 5.5 os maiores desvios em módulo, das previsões com desvio de $Q_{t,w/d=10\%}$ de até 50%, ocorreram nas previsões de capacidade de carga de ponta da estaca. O valor máximo de desvio de $Q_{b,w/d=10\%}$ é de 399,33% e corresponde a uma previsão com desvio na capacidade de carga total de 38,62% e lateral de -63,67%.

A tabela 5.1 apresenta o número de previsões com os respectivos desvios de $Q_{t,w/d=10\%}$, $Q_{b,w/d=10\%}$ e $Q_{s,w/d=10\%}$ considerando as 31 previsões recebidas por acadêmicos⁷ e as 41 por profissionais relacionados com a prática.

⁷ A previsão 55, que não forneceu dados de capacidade de carga, não foi considerada nas análises de desvio de $Q_{t,w/d=10\%}$, $Q_{b,w/d=10\%}$ e $Q_{s,w/d=10\%}$, e foi enviada por acadêmicos

Tabela 5.1: Número de previsões para desvios de 10%, 20% e 50% de $Q_{t,w/d=10\%}$, $Q_{b,w/d=10\%}$ e $Q_{s,w/d=10\%}$

	Acadêmicos			Práticos		
	$Q_{t,w/d=10\%}$	$Q_{b,w/d=10\%}$	$Q_{s,w/d=10\%}$	$Q_{t,w/d=10\%}$	$Q_{b,w/d=10\%}$	$Q_{s,w/d=10\%}$
Até 10% de desvio	3	4	0	2	6	1
De 10% a 20% de desvio	4	2	1	4	4	0
De 20% a 50% de desvio	20	6	13	28	17	23
Mais de 50% de desvio	4	19	17	7	14	17

A tabela 5.2 apresenta as previsões em com desvios de até 10%, 20% e 50% de $Q_{t,w/d=10\%}$, com as indicações do país de origem, se foi enviada por acadêmicos ou práticos e o método descrito para definição da capacidade de carga das estacas.

Tabela 5.2: Previsões com desvios de 10%, 20% e 50% de $Q_{t,w/d=10\%}$

Previsão	Desvio (w/D=10%)			País de origem	Acadêmico ou prático?	Capacidade de carga
	Q_t (%)	Q_b (%)	Q_s (%)			
23	10%	-30%	21%	Brasil	Prático	não descreve métodos
63	-3%	149%	-47%	Brasil	Prático	não descreve método
48	-8%	78%	-32%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981) e ponta por Eslami e Fellenius (1997)
36	-8%	87%	-35%	EUA	Acadêmico	Programa CGI-DFSAP (2011)
34	-8%	74%	-31%	Irã	Acadêmico	Elementos Finitos (Abaqus)
7	15%	178%	-32%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (OpenSEES - McKenna, 1997)
1	14%	100%	-10%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (Abacus 3D)
17	-11%	38%	-26%	Itália	Prático	Bustamante e Gianceselli (1982)
61	-13%	84%	-41%	Chile	Prático	lateral FHWA (1999) e ponta Denver (1981)
14	-16%	46%	-34%	EUA	Prático	Bustamante e Gianceselli (1982)
43	-16%	109%	-52%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
46	-17%	24%	-29%	Emirados Árabes	Prático	DTU 13.2 (1992)
40	-18%	100%	-51%	Itália	Acadêmico	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966)
32	48%	232%	-4%	EUA	Prático	UniPile (por 4 métodos com CPT) e Meyerhof, Decourt e Reese e O'Neil com SPT
68	39%	399%	-64%	EUA	Acadêmico	Beta method e Alpha method

38	35%	313%	-43%	EUA	Prático	não descreve métodos
59	-20%	115%	-59%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
72	-21%	120%	-61%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
35	-22%	6%	-31%	EUA	Acadêmico	não descreve método
44	-22%	33%	-37%	Brasil	Prático	baseado e provas de carga de Santos /SP e em experiências dos autores
29	-23%	98%	-58%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
12	-23%	39%	-41%	EUA	Prático	Eslami e Fellenius (1997)
57	-24%	61%	-48%	EUA	Acadêmico	Eslami e Fellenius (1997)
42	-24%	89%	-56%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
26	-25%	32%	-41%	Bélgica	Prático	De Beer (1971, 1972)
4	-26%	45%	-46%	Itália	Acadêmico	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966) + experiência em solos de Venetian Plain
28	-27%	36%	-45%	França	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
16	-28%	-4%	-35%	Croácia	Prático	Elementos Finitos (Plaxis)
53	-28%	-23%	-29%	Brasil	Acadêmico	Teixeira (1996)
19	-30%	74%	-60%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
51	-30%	21%	-45%	Emirados Árabes	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
45	-31%	32%	-49%	Itália	Prático	Qs por Eslami e Fellenius (1997) com correção de Niazi (2013) e Qb por Berezantsev (1965)
20	-31%	71%	-59%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
49	-32%	78%	-63%	Bélgica	Prático	De Beer (1971, 1972)
11	-33%	29%	-51%	Suécia	Prático	UniPile (Eslami e Fellenius, 1999)
62	-34%	111%	-75%	Emirados Árabes	Prático	Poulos e Davis (1980)
52	-35%	-10%	-42%	Itália	Prático	Qs por Beta Method e Qb por Bustamante e Ganeselli (1982)
27	-35%	26%	-52%	Inglaterra	Prático	métodos empíricos Viggiani et al. (2012) e Marchetti et al. (2008)
10	-36%	-51%	-31%	EUA	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
41	-37%	7%	-50%	Brasil	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 3D)
56	-37%	-41%	-36%	Itália	Acadêmico	Randolph e Wroth (1978)
5	-38%	5%	-50%	Hungria	Acadêmico	Beta-method para lateral e Berezancev para ponta
66	-38%	3%	-49%	Austrália	Prático	Eslami e Fellenius (1997)
73	-38%	42%	-60%	Bélgica	Prático	Van Impe (1988) - modificação do método de De Beer
2	-39%	-37%	-40%	França	Acadêmico	Verbrugge (1981)

37	-39%	-15%	-46%	Inglaterra	Prático	API (2011)
47	-42%	6%	-55%	Itália	Acadêmico	Elementos Finitos (Plaxis)
54	-44%	-1%	-56%	Singapura	Prático	não descreve métodos
50	-44%	-72%	-35%	Brasil	Prático	Urbano e Alonso (1989)
15	-45%	-52%	-43%	EUA	Acadêmico	Randolph e Wroth (1979)
60	-46%	16%	-63%	Itália	Acadêmico	Bustamante e Gianceselli (1982)
70	-47%	-49%	-46%	Brasil	Acadêmico	Décourt (1986)
67	-47%	11%	-63%	EUA	Prático	Beta method
33	-48%	25%	-69%	Emirados Árabes	Prático	AllPile (FHWA)
13	-48%	-7%	-59%	Inglaterra	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 2D)
22	-48%	-34%	-51%	Suíça	Prático	Togliani (2015)
31	-48%	-5%	-60%	Brasil	Acadêmico	Monteiro (1997)
58	-49%	-11%	-60%	Brasil	Prático	Velloso (1975) e Décourt (1996)
69	-49%	-11%	-60%	Lituânia	Acadêmico	Dutch method (NEN 6743-1: 2006)
71	-50%	-84%	-40%	Brasil	Prático	Bustamante e Gianceselli (1982)
64	-50%	-77%	-42%	Brasil	Prático	FHWA (2010)

5.1.2 Capacidade de Carga de Ponta Q_b

Os desvios das previsões de capacidade de carga de ponta, Q_b , apresentaram maiores desvios que as previsões de capacidade total e lateral, com variações entre 399% e -84%, excluindo as previsões 9 e 65 que apresentaram grandes desvios e inconsistências nos resultados.

A figura 5.6 apresenta os desvios das previsões de capacidade de carga de ponta, fixando em máximo de 200% para não comprometer a visualização dos dados. Como pode ser observado a maioria das previsões superestimaram a capacidade de carga de ponta da estaca.

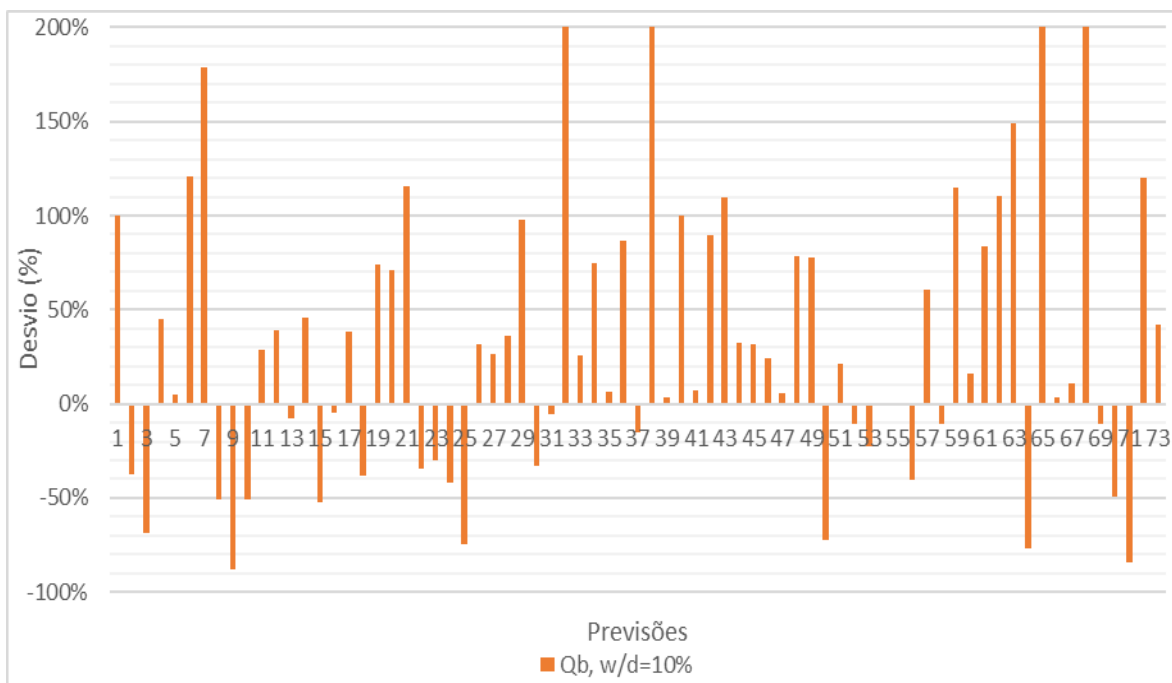


Figura 5.6: Desvios das previsões de capacidade de carga de ponta das previsões (para $w/D=10\%$)

No anexo 2 é apresentada a tabela das previsões em com desvios de até 10%, 20% e 50% de $Q_{b,w/d=10\%}$, com as indicações do país de origem, se foi enviada por acadêmicos ou práticos e o método descrito para definição da capacidade de carga das estacas.

5.1.3 Capacidade de Carga Lateral Q_s

Os desvios das previsões de capacidade de carga lateral, Q_s , variaram entre 88% e -75%, excluindo as previsões 25 e 65 que apresentaram grandes desvios e inconsistências nos resultados.

A figura 5.7 apresenta os desvios das previsões de capacidade de carga lateral, fixando em máximo de 200% para não comprometer a visualização dos dados. Como pode ser observado a maioria das previsões subestimaram a capacidade de carga de ponta da estaca.

Assim sendo, os desvios de capacidade de carga total forma compensados na maioria das previsões por desvios positivos de Q_b e negativos de Q_s .

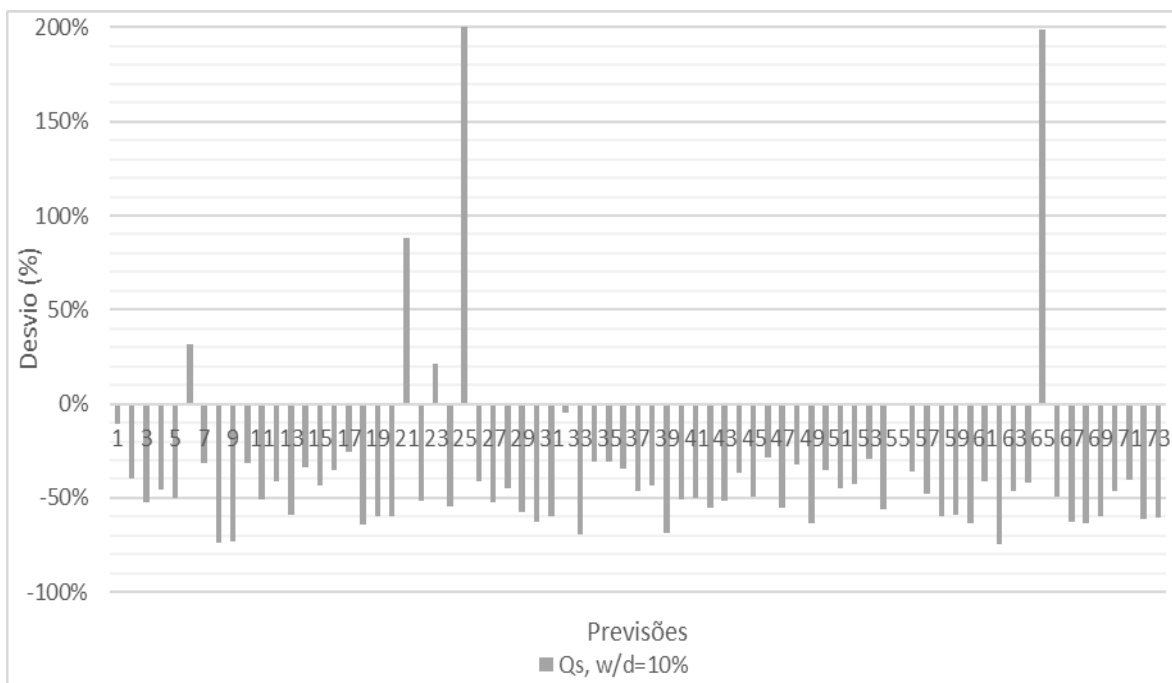


Figura 5.7: Desvios das previsões de capacidade de carga lateral das previsões (para $w/D=10\%$)

No anexo 3 é apresentada a tabela das previsões em com desvios de até 10%, 20% e 50% de $Q_{s,w/d=10\%}$, com as indicações do país de origem, se foi enviada por acadêmicos ou práticos e o método descrito para definição da capacidade de carga das estacas.

5.2 AVALIAÇÕES DAS PREVISÕES DAS CURVAS CARGA-RECALQUE

As previsões das curvas foram avaliadas pela melhor aproximação do desvio médio de determinados pontos das curvas, bem como o formato das curvas, sendo o segundo com o intuito de ser independente das previsões de capacidade de carga da estaca.

Para avaliar o desvio médio e o formato das curvas carga-recalque, foram verificados os desvios das previsões de carga para os recalques de 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100mm, sendo que para o primeiro foi considerado o desvio em percentagem e para o segundo o desvio absoluto de cada ponto. Os pontos foram escolhidos porque a maioria dos

participantes do concurso enviaram uma planilha padrão, fornecida pelo comitê, com as previsões para esses mesmos recalques, conforme a Figura 5.8.

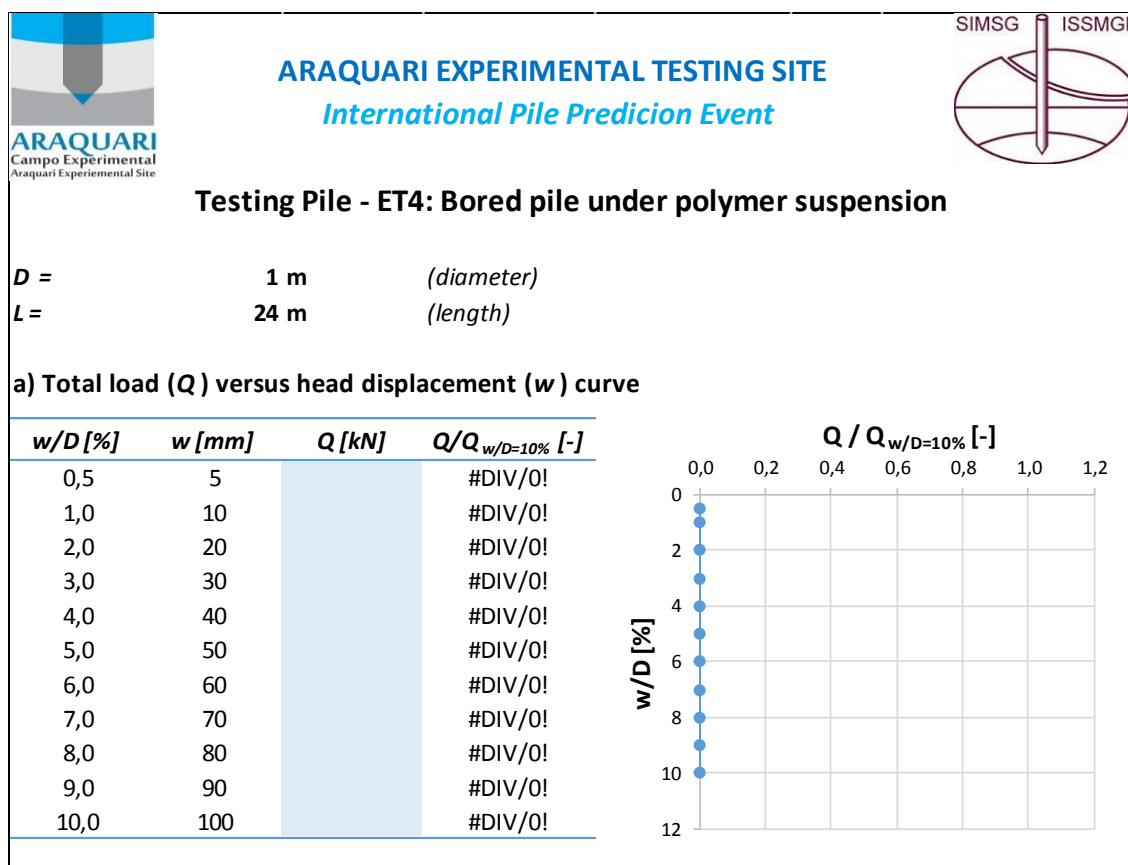


Figura 5.8: Planilha padrão das previsões da curva carga-recalque enviadas pelos participantes do concurso

Uma curva “de referência” foi ajustada à curva carga-recalque medida em campo, conforme ilustrado na figura 5.9. Esse ajuste foi necessário devido aos valores dos deslocamentos obtidos em campo serem medidos em função da carga aplicada, diferentemente dos dados fornecidos pelos participantes do concurso, que, conforme apresentado na figura 5.8, enviaram as previsões das cargas para recalques definidos.

Para a realização do ajuste foi necessário interpolar linearmente os valores da curva de campo para obter os valores das cargas correspondentes aos recalques. Os valores da carga para os recalques de 50 e 60 mm, devido à descontinuidade da curva pelo descarregamento

próximo aos 40 mm de deslocamento, foram estimados por interpolação entre os valores de 40 e 70 mm.

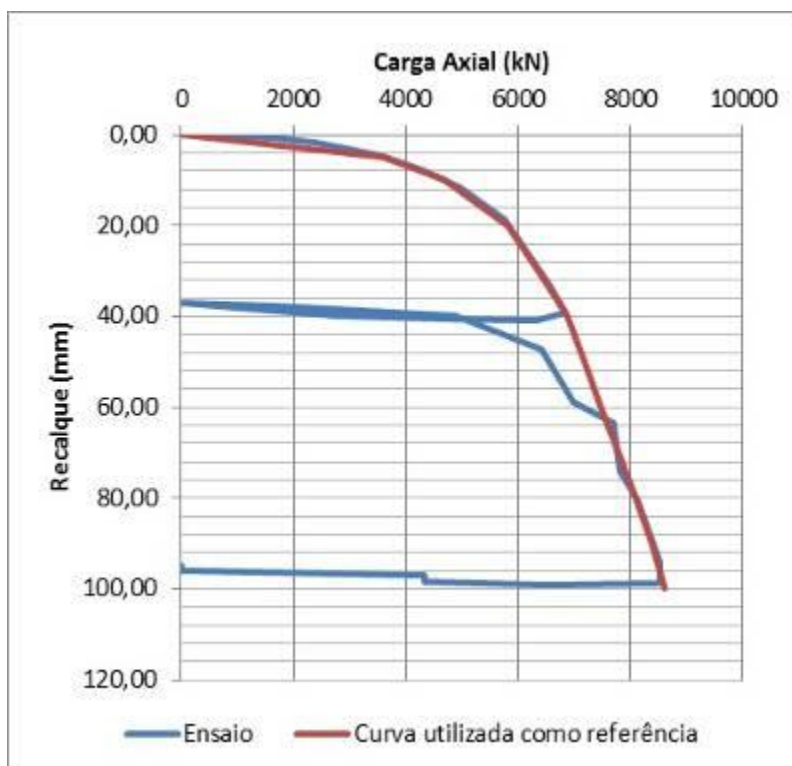


Figura 5.9: Curva carga-recalque obtida em campo e a curva aproximada para os pontos de 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100mm

5.2.1 Avaliação dos Desvios Médios das Curvas das Previsões

Os desvios médios foram avaliados pelo desvio percentual dos pontos de recalque de 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 mm das 68 previsões que forneceram a curva carga-recalque. As figuras 5.10, 5.11 e 5.12 apresentam as curvas com desvios médios das previsões de até 10%, 20% e 50%.

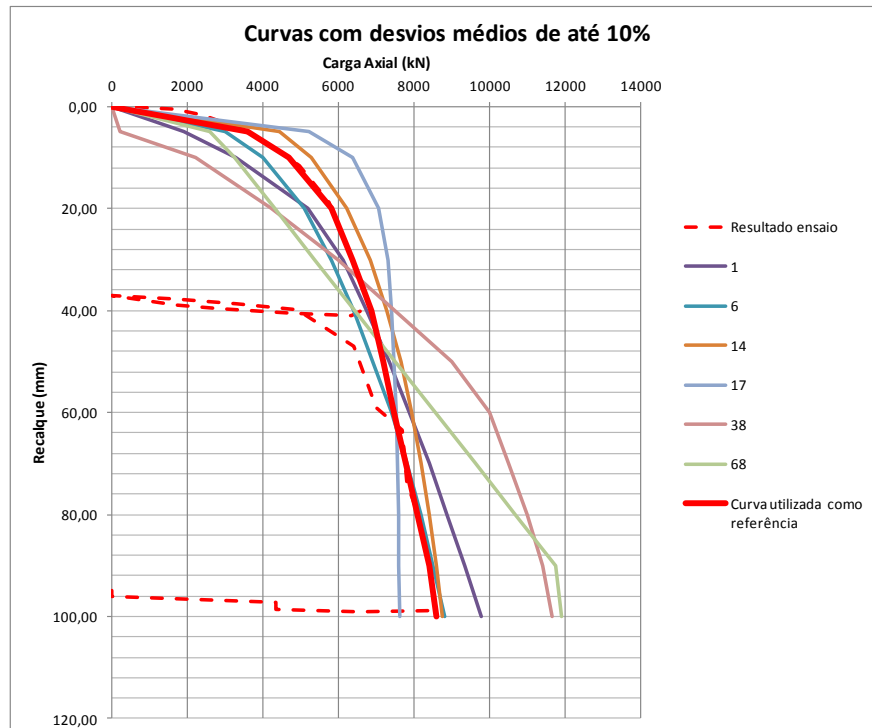


Figura 5.10: Curvas carga-recalque das previsões com desvios médios de até 10%

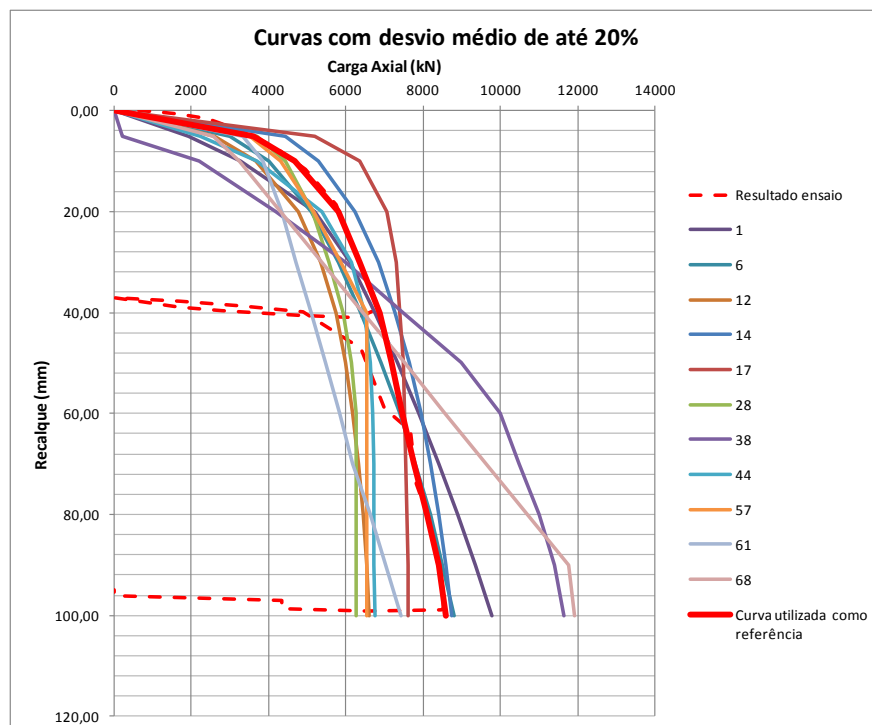


Figura 5.11: Curvas carga-recalque das previsões com desvios médios de até 20%

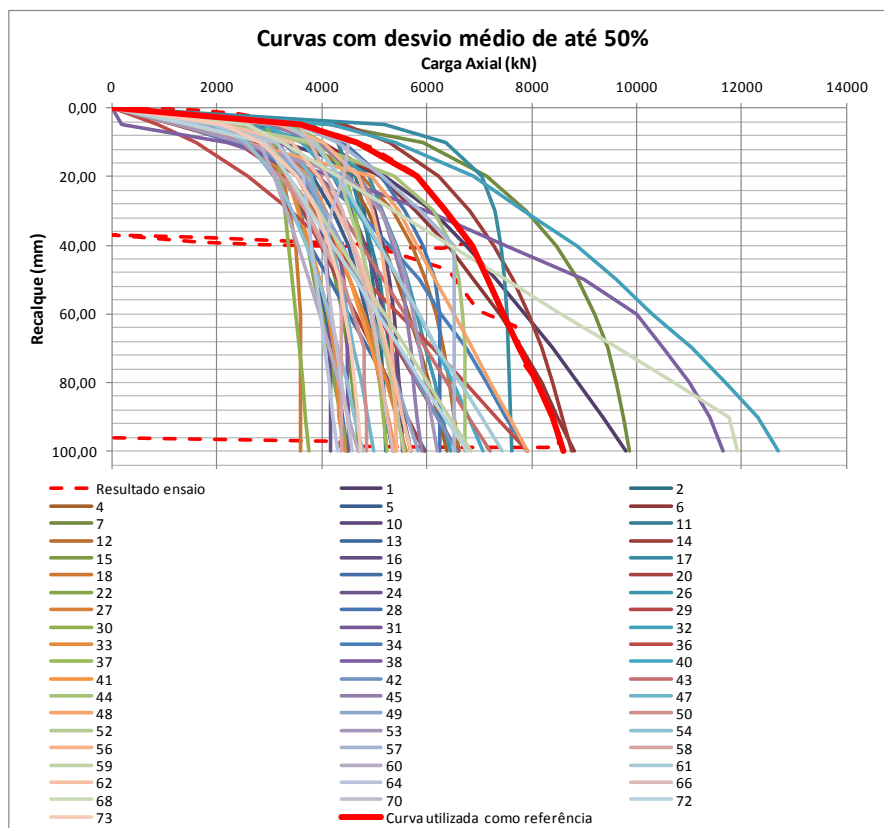


Figura 5.12: Curvas carga-recalque das previsões com desvios médios de até 50%

Observa-se nesta análise uma clara tendência de subestimar os valores medidos, isto é, as previsões em geral resultam em uma curva carga-recalque inferior à medida na prova de carga.

A tabela 5.3 apresenta as previsões com desvios médios da curva carga-recalque de até 10%, 20% e 50%, com as indicações do país de origem, se foi enviada por acadêmicos ou práticos e o método descrito para estimativa da curva.

Tabela 5.3: Previsões com desvios médios da curva carga-recalque de até 10%, 20% e 50%

Previsão	Desvio médio Q _{xw}	País de origem	Acadêmico ou prático?	Método Previsão Curva Carga-Recalque
17	9%	Itália	Prático	Elementos Finitos (Software Repute 3D)
14	7%	EUA	Prático	não descreve método
68	4%	EUA	Acadêmico	não descreve método
38	3%	EUA	Prático	não descreve método
1	-4%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (Abacus 3D)
6	-5%	Canadá	Prático	UniPile considerando função t-z e q-z do Ratio Method (Fellenius, 2014)
57	-12%	EUA	Acadêmico	Chen e Kulhawy (2002)
28	-15%	França	Prático	não descreve método
44	-15%	Brasil	Prático	Van Der Veen (1953)
61	-20%	Chile	Prático	Denver (1981) - teoria da Elasticidade)
12	-20%	EUA	Prático	Randolph e Wroth (1978)
32	32%	EUA	Prático	UniPile (por 4 métodos com CPT) e Meyerhof, Decourt e Reese e O'Neil com SPT
7	21%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (OpenSEES - McKenna, 1997)
48	-20%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
4	-22%	Itália	Acadêmico	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966)
26	-22%	Bélgica	Prático	Winkler assumption
40	-22%	Itália	Acadêmico	não descreve método
45	-23%	Itália	Prático	Randolph e Wroth (1978)
11	-24%	Suécia	Prático	UniPile (Eslami e Fellenius, 1999)
34	-25%	Irã	Acadêmico	Elementos Finitos (Abaqus)
10	-25%	EUA	Prático	Mayne (2007 e 2013) e Mayne e Niazi (2009)
56	-26%	Itália	Acadêmico	Randolph e Wroth (1978)
37	-29%	Inglaterra	Prático	API (2011)
43	-29%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
53	-30%	Brasil	Acadêmico	Elementos finitos (Cesar V.5)
66	-30%	Austrália	Prático	RATZ program
2	-30%	França	Acadêmico	Load Transfer Method
16	-31%	Croácia	Prático	Elementos Finitos (Plaxis)
52	-31%	Itália	Prático	não descreve método
62	-33%	Emirados Árabes	Prático	não descreve método
5	-34%	Hungria	Acadêmico	base em comportamento de outras estacas ensaiadas (HBM Ltd)
59	-34%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
70	-34%	Brasil	Acadêmico	Almeida e Maset (2014)

72	-35%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
42	-35%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
29	-36%	EUA	Acadêmico	Briaud et al. (1983)
49	-36%	Bélgica	Prático	Winkler assumption
36	-37%	EUA	Acadêmico	Programa CGI-DFSAP (2011)
41	-37%	Brasil	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 3D)
47	-39%	Itália	Acadêmico	Elementos Finitos (Plaxis)
27	-39%	Inglaterra	Prático	Fleming (1992)
15	-40%	EUA	Acadêmico	não descreve método
73	-41%	Bélgica	Prático	Fleming (1972) e Caputo (2003)
20	-41%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
19	-42%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
58	-42%	Brasil	Prático	Souza (1995)
24	-43%	Austrália	Prático	PIES Program (Poulos, 1989)
50	-43%	Brasil	Prático	não descreve método
31	-43%	Brasil	Acadêmico	Cintra e Aoki (2010)
13	-44%	Inglaterra	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 2D)
33	-44%	Emirados Árabes	Prático	AllPile (FHWA)
60	-44%	Itália	Acadêmico	Fellenius (1999)
64	-45%	Brasil	Prático	não descreve método
22	-45%	Suíça	Prático	valores intermediários entre programa Repute e estimativa de resposta compressível da estaca
54	-45%	Singapura	Prático	não descreve método
30	-48%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (Abacus 2D)
18	-49%	Brasil	Prático	não descreve método

5.2.2 Avaliação dos Formatos das Curvas das Previsões

O desvio médio fornece apenas uma indicação dos desvios de cada curva, porém não representa o formato da curva. Previsões com capacidades de carga com pequenos desvios médios podem apresentar formato da curva carga-recalque incompatíveis com os padrões medidos.

Para a avaliação dos formatos das curvas foram calculados os desvios absolutos para cada um dos pontos de recalque de 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 e 100 mm das 68 previsões que forneceram a curva, ou seja, foi calculada “carga prevista” menos “carga medida”. Com os valores dos desvios foram calculadas as variâncias de cada previsão.

A variância, que é uma medida de dispersão, mostra o quão distante os valores estão da média, sendo calculada pela seguinte fórmula (Fonseca e Martins, 1996):

$$\text{Variância} = \Sigma(X_i - \bar{X})^2/n$$

Sendo:

\bar{X} - Média

n – Número de valores

A variância não indica o desvio da previsão, apenas se os desvios absolutos de cada um dos pontos estão próximos ou afastados da média, ou seja, está relacionada ao formato da curva. Quanto menores os valores da variância, mais próximos os valores serão da média do desvio da curva, ou seja, menos varia o desvio e mais próximo o formato da curva estimada da curva do ensaio. Como a variância nunca apresenta valores negativos, a mesma não indica se a previsão foi a favor ou contra a segurança (sendo o menor valor possível zero).

A figura 5.13 apresenta um exemplo da avaliação do formato da curva através do valor da variância. A curva x representa uma curva de ensaio, ou seja, de referência. As curvas x1, x2 e x3 representam previsões dos valores da curva de referência x.

A curva x1, apesar de deslocada seis unidades, apresenta formato similar à curva x. A previsão x2 apresenta o formato mais distante da curva x, ou seja, a maior variância. Apesar da média do desvio absoluto de x2 ser inferior ao de x1, o valor da variância de x1 é zero, ou seja, a curva tem formato similar à x, apenas com deslocamento lateral, enquanto a x2 apresenta o maior valor da variância das três curvas, por apresentar formato muito diferente da curva de referência. Pela avaliação pela média do desvio a curva que mais se aproxima de x é a x3, porém a forma da curva não é tão similar quanto a x1.

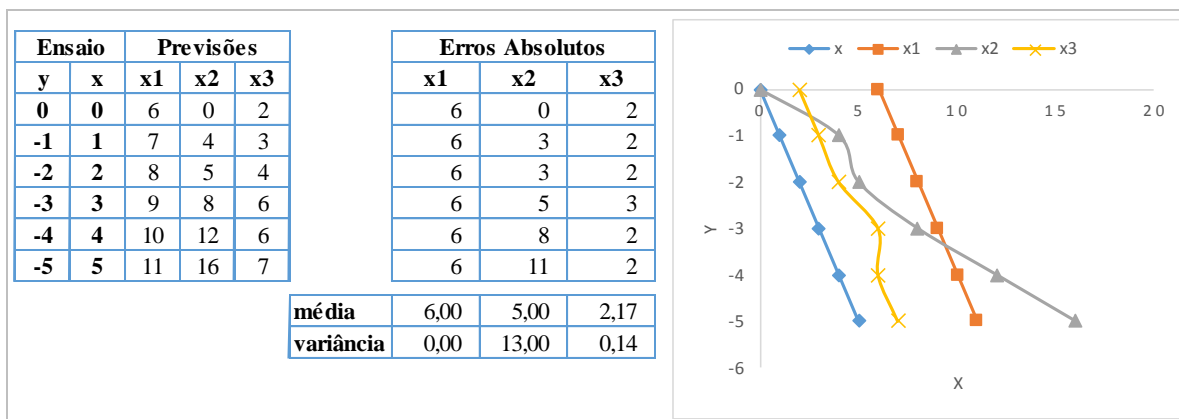


Figura 5.13: Exemplo da avaliação do formato das curvas das previsões

Para as previsões das curvas carga-recalque os valores das variâncias foram entre 2×10^4 e 3×10^8 . As figuras 5.14, 5.15 e 5.16 apresentam as curvas com, respectivamente, as 20, 10 e 5 melhores formatos fornecidas nas previsões.

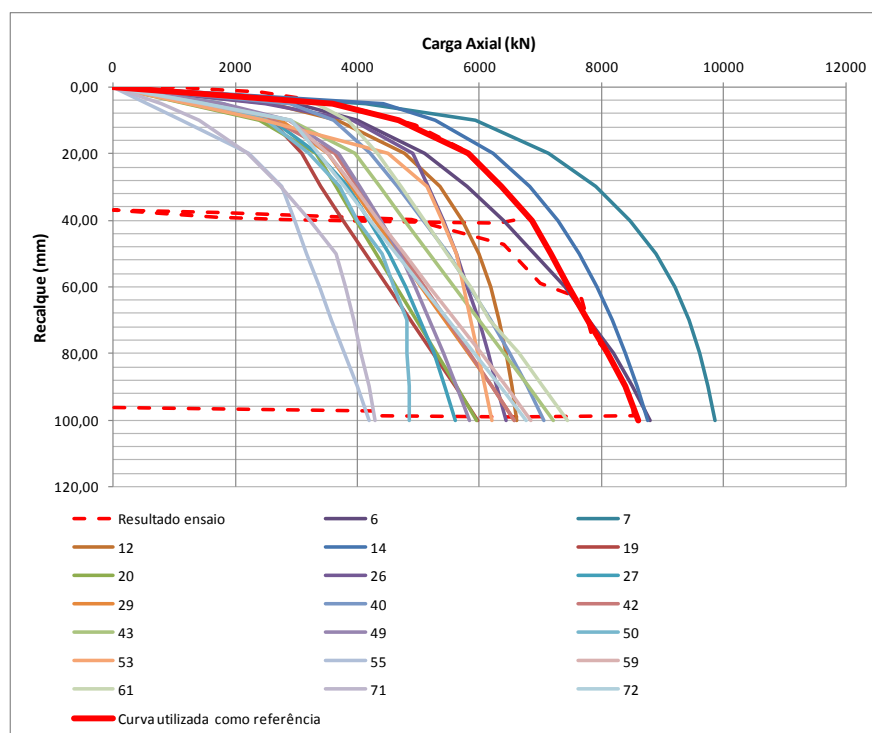


Figura 5.14: Curvas das 20 melhores previsões do formato da curva carga-recalque

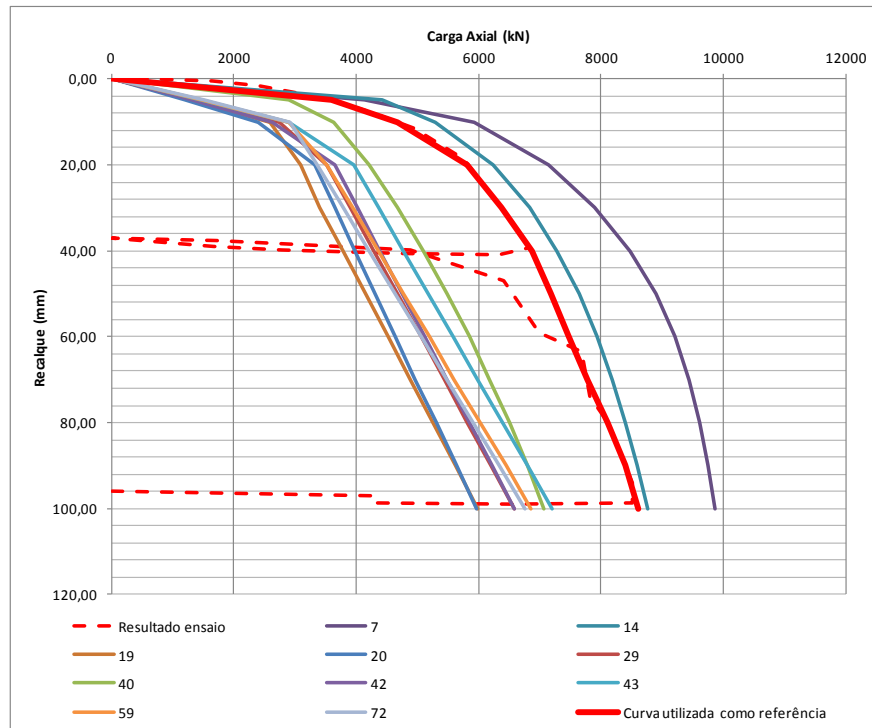


Figura 5.15: Curvas das 10 melhores previsões do formato da curva carga-recalque

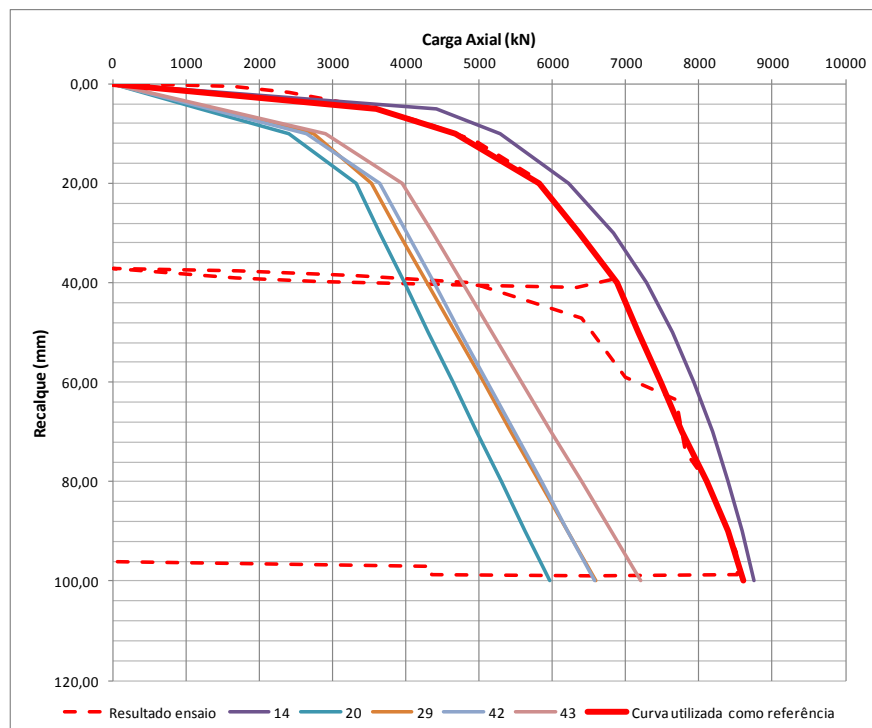


Figura 5.16: Curvas das 5 melhores previsões do formato da curva carga-recalque

A tabela 5.4 apresenta as vinte previsões com menores valores da variância, com os respectivos países de origem, indicação de acadêmicos ou práticos e o método de determinação da curva carga-recalque.

Tabela 5.4: Previsões em ordem dos vinte menores valores da variância na curva carga-recalque

Previsão n°	Curva Q _{xw} variância	País de origem	Acadêmico ou prático?	Curva Carga-Recalque
42	20718	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
14	31169	EUA	Prático	não descreve método
29	36185	EUA	Acadêmico	Briaud et al. (1983)
20	37581	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
43	45901	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
59	60382	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
72	83173	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
19	90321	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
40	96291	Itália	Acadêmico	não descreve método
7	102495	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (OpenSEES - McKenna, 1997)
6	111551	Canadá	Prático	UniPile considerando função t-z e q-z do Ratio Method (Fellenius, 2014)
49	111962	Bélgica	Prático	Winkler assumption
12	118207	EUA	Prático	Randolph e Wroth (1978)
27	121892	Inglaterra	Prático	Fleming (1992)
71	162578	Brasil	Prático	De Beer (1988) para areia e Torstensson (1973) para argilas
55	166638	Brasil	Acadêmico	Poulos e Davis (1980)
53	169550	Brasil	Acadêmico	Elementos finitos (Cesar V.5)
61	184727	Chile	Prático	Denver (1981) - teoria da Elasticidade)
26	206277	Bélgica	Prático	Winkler assumption
50	239951	Brasil	Prático	não descreve método

Como pode ser observado na tabela 5.4, dentre as 20 previsões com melhor estimativa do formato da curva carga-recalque, 10 tiveram como origem os Estados Unidos da América, sendo oito acadêmicos e dois práticos. O método descrito pelos participantes para determinação da curva mais utilizado e que apresentou o menor valor de variância foi o de Verbrugge (1981), método desenvolvido para estimar curva carga-recalque de estacas em

areia com base no CPT. O método de Briaud et al. (1983), também utilizado por acadêmico dos Estados Unidos, apresentou a terceira curva com menor valor da variância. Quatro previsões brasileiras ficaram entre as vinte com menor variância, sendo dois acadêmicos e dois práticos. Esses utilizaram métodos diferentes entre si e um não descreveu o método que utilizou para obter a curva. Os métodos descritos foram De Beer (1988) para areia e Torstensson (1973) para argilas, Poulos e Davis (1980) e Elementos Finitos (Cesar V.5).

5.3 AVALIAÇÕES DAS PREVISÕES DAS CURVAS CARGA-PROFUNDIDADE

Os desvios médios e os formatos das curvas de carga-profundidade das previsões foram avaliados seguindo os mesmos critérios descritos no item 5.2 para avaliação das curvas carga-recalque. As previsões forneceram os valores da carga para as profundidades de 0, 2,4, 4,8, 7,2, 9,6, 12,0, 14,4, 16,8, 19,2, 21,6 e 24,0m, conforme apresentado na figura 5.17.

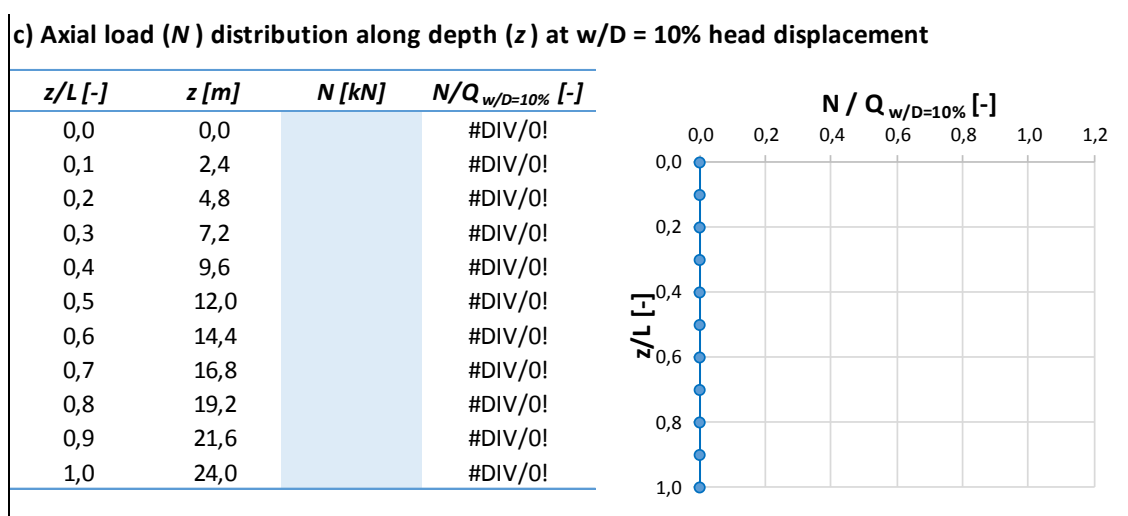


Figura 5.17: Planilha padrão das previsões da curva carga-profundidade enviadas pelos participantes do concurso

Para avaliar os desvios foram interpolados os pontos dos dados de campo para as profundidades fornecidas pelas previsões. A figura 5.18 apresenta a curva do ensaio e a

aproximada por interpolação linear utilizada como referência para avaliação dos desvios de cada um dos pontos.



Figura 5.18: Curva carga-profundidade obtida em campo e a curva aproximada para os pontos de 0, 2,4, 4,8, 7,2, 9,6, 12,0, 14,4, 16,8, 19,2, 21,6 e 24,0m de profundidade

5.3.1 Avaliação dos Desvios Médios das Curvas das Previsões

Os desvios médios foram avaliados pelo desvio percentual dos pontos para as profundidades de 0, 2,4, 4,8, 7,2, 9,6, 12,0, 14,4, 16,8, 19,2, 21,6 e 24,0m das 68 previsões que forneceram a curva carga-profundidade.

As figuras 5.19, 5.20 e 5.21 apresentam as curvas com desvios médios das previsões de até 10%, 20% e 50%.

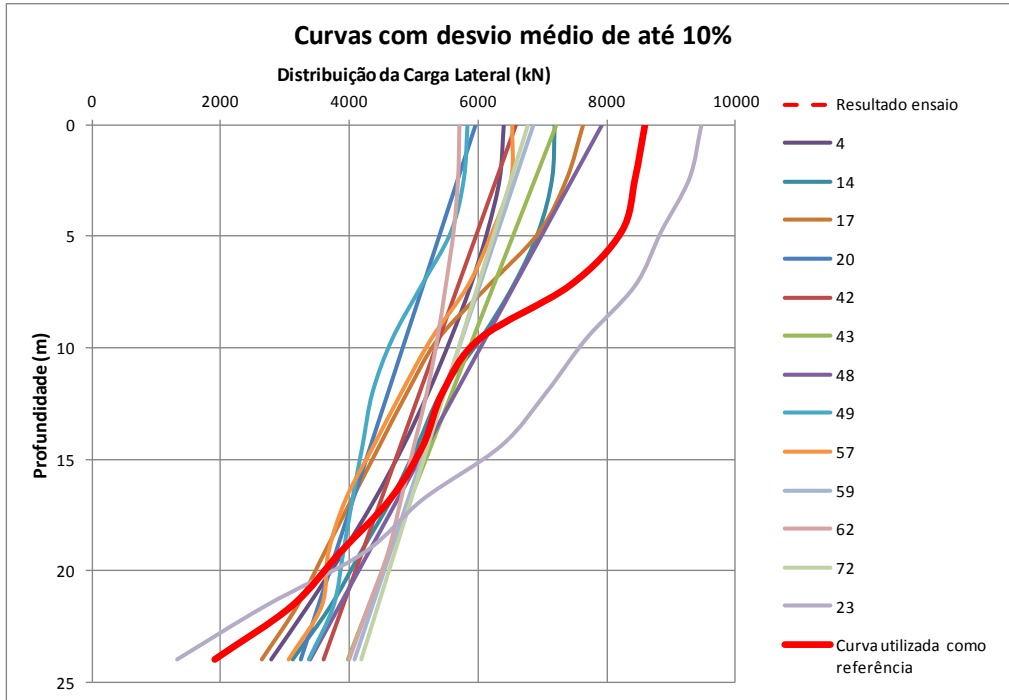


Figura 5.19: Curvas carga-profundidade das previsões com desvios médios de até 10%

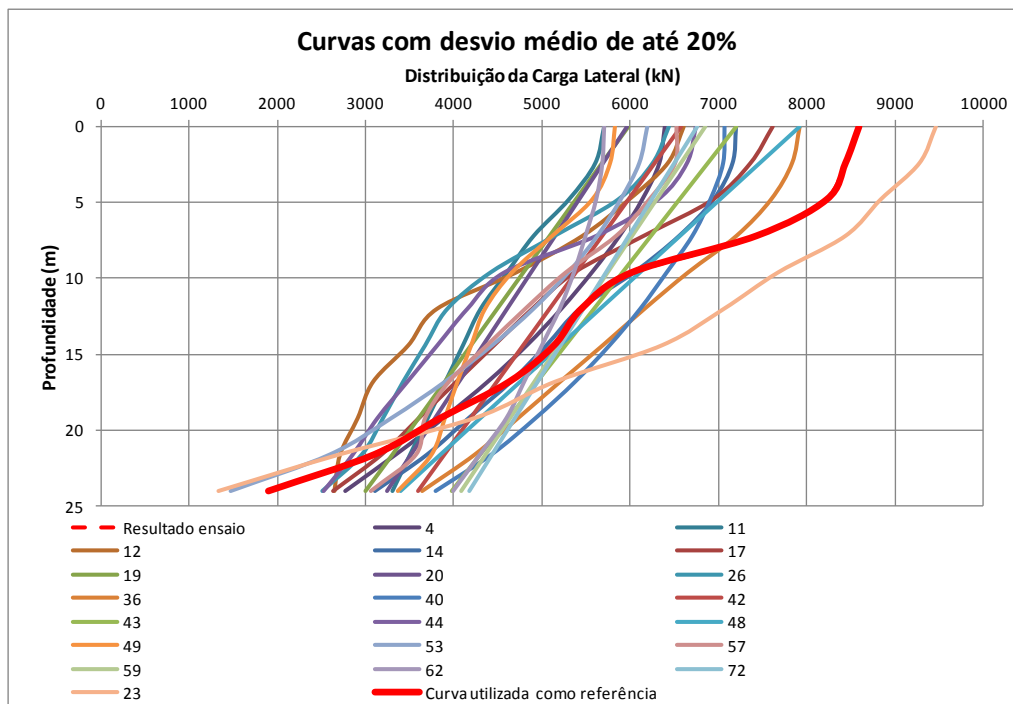


Figura 5.20: Curvas carga-profundidade das previsões com desvios médios de até 20%

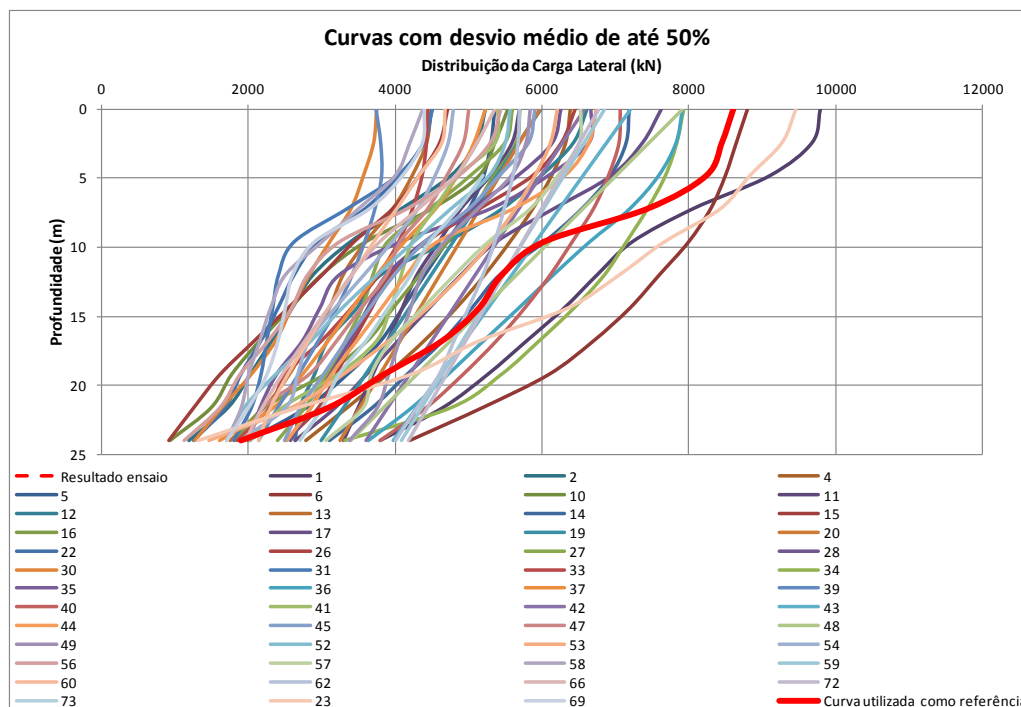


Figura 5.21: Curvas carga-profundidade das previsões com desvios médios de até 50%

A tabela 5.5 apresenta as previsões em com desvios médios da curva carga-recalque de até 10%, 20% e 50%, com as indicações do país de origem, se foi enviada por acadêmicos ou práticos e o método descrito para estimativa da curva.

Tabela 5.5: Previsões com desvios médios da curva carga-profundidade de até 10%, 20% e 50%

Previsão	Curva Qxz média	País de origem	Acadêmico ou prático?	Curva Carga-Profundidade
43	10%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
72	9%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
23	9%	Brasil	Prático	não descreve método
59	9%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
48	7%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
14	3%	EUA	Prático	não descreve método
62	3%	Emirados Árabes	Prático	não descreve método
42	0%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
4	-6%	Itália	Acadêmico	Randolph e Wroth (1978)

17	-6%	Itália	Prático	não descreve método
57	-7%	EUA	Acadêmico	não descreve método
49	-9%	Bélgica	Prático	Gwizdala e Steczniewski (2003)
20	-10%	EUA	Acadêmico	não descreve método
29	20%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
36	16%	EUA	Acadêmico	Programa CGI-DFSAP (2011)
40	14%	Itália	Acadêmico	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966)
11	-12%	Suécia	Prático	UniPile (Eslami e Fellenius, 1999)
19	-13%	EUA	Acadêmico	não descreve método
44	-17%	Brasil	Prático	estimou interface pelo CPT
26	-19%	Bélgica	Prático	Gwizdala e Steczniewski (2003)
53	-19%	Brasil	Acadêmico	Elementos finitos (Cesar V.5)
12	-20%	EUA	Prático	não descreve método
6	39%	Canadá	Prático	UniPile
1	30%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (Abacus 3D)
34	22%	Irã	Acadêmico	Elementos Finitos (Abaqus)
28	-20%	França	Prático	O'Neill e Reese (1999)
5	-22%	Hungria	Acadêmico	base em comportamento de outras estacas ensaiadas (HBM Ltd)
45	-22%	Itália	Prático	não descreve método
16	-25%	Croácia	Prático	Elementos Finitos (Plaxis)
27	-25%	Inglaterra	Prático	métodos empíricos Viggiani et al. (2012) e Marchetti et al. (2008)
41	-26%	Brasil	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 3D)
73	-26%	Bélgica	Prático	não descreve método
35	-29%	EUA	Acadêmico	não descreve método
47	-31%	Itália	Acadêmico	Elementos Finitos (Plaxis)
37	-32%	Inglaterra	Prático	API (2011)
52	-33%	Itália	Prático	não descreve método
54	-34%	Singapura	Prático	não descreve método
66	-34%	Austrália	Prático	não descreve método
33	-35%	Emirados Árabes	Prático	AllPile (FHWA)
60	-35%	Itália	Acadêmico	Bustamante e Ganeselli (1982)
39	-37%	Itália	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 2D)
13	-38%	Inglaterra	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 2D)
2	-44%	França	Acadêmico	Verbrugge (1981)
69	-44%	Lituânia	Acadêmico	não descreve método
56	-45%	Itália	Acadêmico	Randolph e Wroth (1978)
10	-45%	EUA	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
31	-46%	Brasil	Acadêmico	Monteiro (1997)
58	-47%	Brasil	Prático	Velloso (1975) e Décourt (1996)

67	-48%	EUA	Prático	Beta method
22	-49%	Suíça	Prático	não descreve método
30	-50%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (Abacus 2D)
15	-50%	EUA	Acadêmico	Niazi (2014) e Niazi e Mayane (2015)

5.3.2 Avaliação dos Formatos das Curvas das Previsões

Para a avaliação dos formatos das curvas foram calculados os desvios absolutos para as profundidades de 0, 2,4, 4,8, 7,2, 9,6, 12,0, 14,4, 16,8, 19,2, 21,6 e 24,0m das 68 previsões que forneceram a curva carga-profundidade, ou seja, foi calculada “carga previsão” menos “carga ensaio”.

Com base nos desvios absolutos foram calculados os valores de variância de cada curva carga-profundidade das previsões. Os valores das variâncias foram entre 48×10^3 e 42.253×10^3 . As figuras 5.22, 5.23 e 5.24 apresentam as curvas com, respectivamente, as 20, 10 e 5 melhores formatos fornecidas nas previsões.

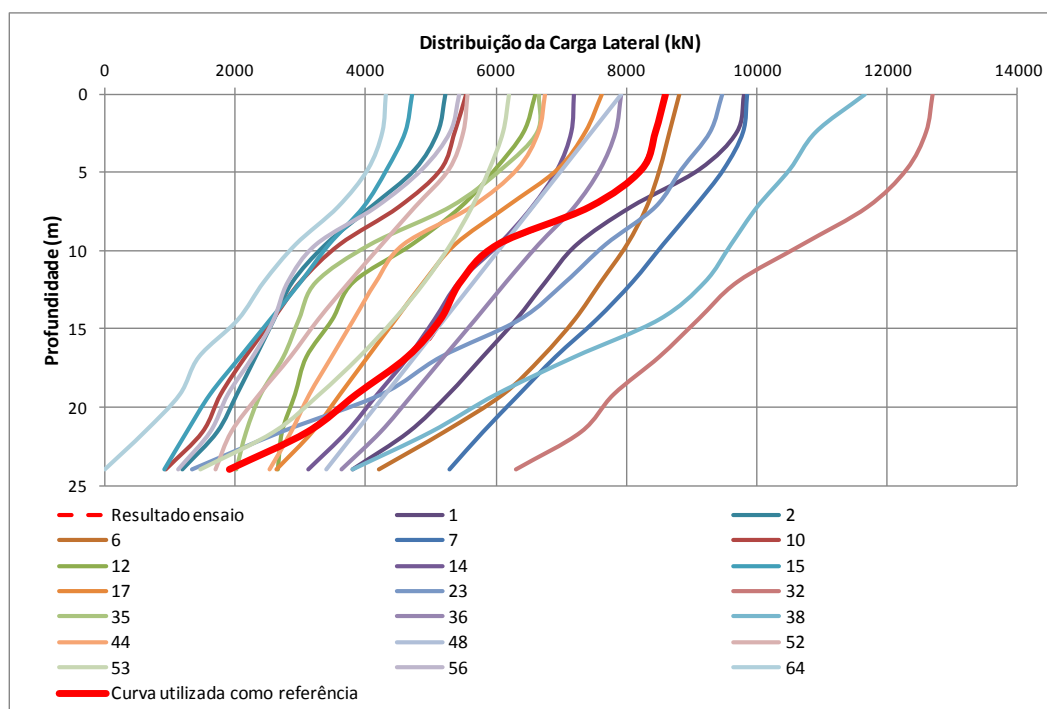


Figura 5.22: Curvas das 20 melhores previsões do formato da curva carga-profundidade

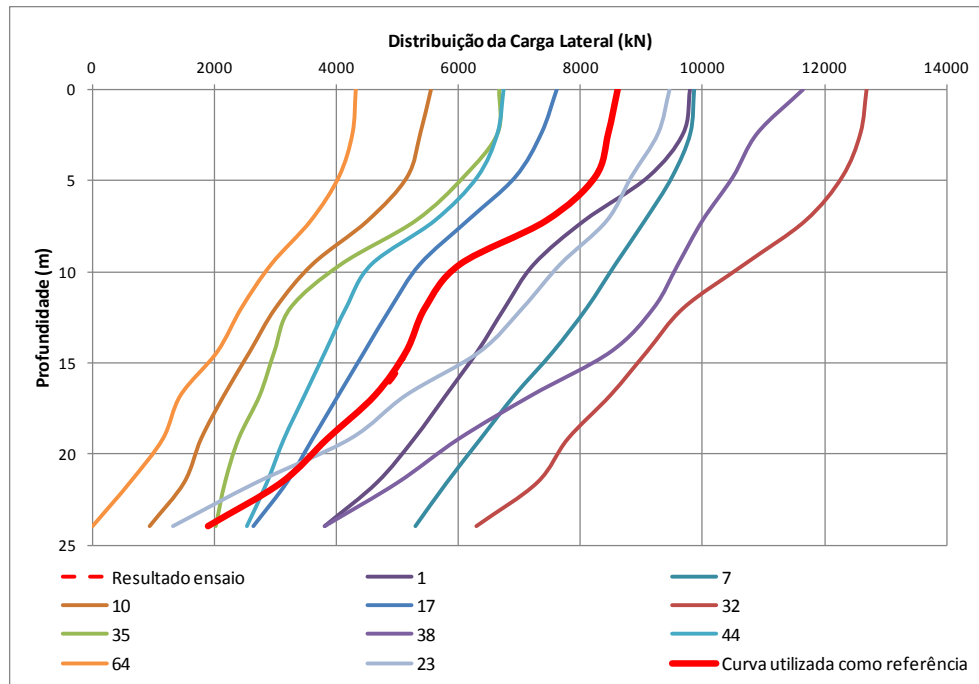


Figura 5.23: Curvas das 10 melhores previsões do formato da curva carga-profundidade

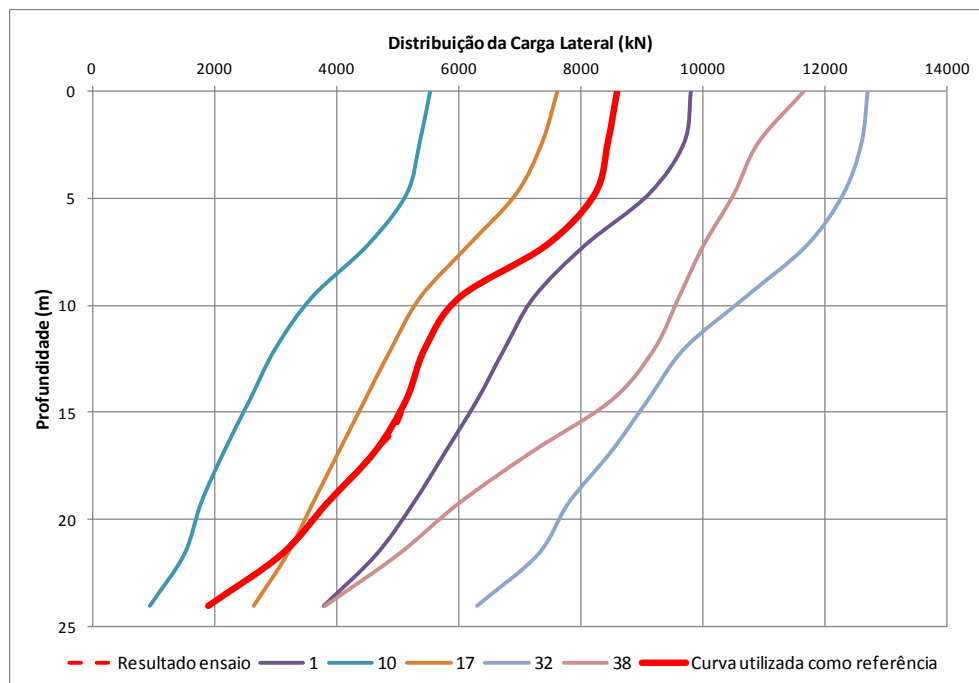


Figura 5.24: Curvas das 5 melhores previsões do formato da curva carga-profundidade

A tabela 5.6 apresenta as vinte previsões com menores valores da variância, com os respectivos países de origem, indicação de acadêmicos ou práticos e o método de determinação da curva carga-profundidade.

Tabela 5.6: Previsões em ordem dos vinte menores valores da variância na curva carga-profundidade

Previsão	Curva Qxz variância	País de origem	Acadêmico ou prático?	Curva Carga-Profundidade
32	47834	EUA	Prático	UniPile (por 4 métodos com CPT) e Meyerhof, Decourt e Reese e O'Neil com SPT
1	99158	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (Abacus 3D)
17	334896	Itália	Prático	não descreve método
38	390039	EUA	Prático	não descreve método
10	406095	EUA	Prático	Bustamante e Gianceselli (1982)
7	450025	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (OpenSEES - McKenna, 1997)
35	451919	EUA	Acadêmico	não descreve método
23	464662	Brasil	Prático	não descreve método
64	551746	Brasil	Prático	não descreve método
44	568253	Brasil	Prático	estimou interface pelo CPT
36	583064	EUA	Acadêmico	Programa CGI-DFSAP (2011)
56	607993	Itália	Acadêmico	Randolph e Wroth (1978)
48	609482	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981)
53	636519	Brasil	Acadêmico	Elementos finitos (Cesar V.5)
14	664273	EUA	Prático	não descreve método
52	702896	Itália	Prático	não descreve método
12	703716	EUA	Prático	não descreve método
6	739926	Canadá	Prático	UniPile
2	742172	França	Acadêmico	Verbrugge (1981)
15	787184	EUA	Acadêmico	Niazi (2014) e Niazi e Mayane (2015)

Onze previsões entre as vinte com menores variância da curva carga-profundidade foram estimadas com origem dos Estados Unidos, sendo seis acadêmicos e cinco práticos. A melhor previsão do formato carga recalque foi estimada por seis métodos, sendo quatro com base no CPT e dois no SPT, porém não foi especificado qual método foi o utilizado. Muitas previsões não descreveram o método utilizado para estimar a curva carga-

profundidade, sendo três vezes utilizado elementos finitos com diferentes programas. O programa UniPile foi utilizado em duas previsões com diferentes métodos. Quatro previsões brasileiras ficaram entre as vinte com menores valores de variância, sendo três de práticos e um acadêmico. A previsão de acadêmico utilizou elementos finitos, programa Cesar V.5, uma previsão de prático estimou a interface solo-estaca com base no CPT e as outras três previsões de práticos não descreveram os métodos utilizados.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse capítulo é apresentada uma avaliação expedita da capacidade de carga por dois métodos consagrados na literatura nacional baseados no ensaio SPT fornecido aos participantes e por um método tradicional e muito difundido na literatura internacional utilizando o CPT.

Também é abordado nesse capítulo, baseando-se nas análises das previsões enviadas pelos participantes do concurso internacional apresentadas nos capítulos anteriores, as principais conclusões a respeito dos métodos utilizados, com práticas de regiões e comparações dos resultados obtidos com os valores obtidos em campo, assim como algumas sugestões para trabalhos futuros.

6.1 VERIFICAÇÕES EXPEDITAS BASEADAS EM CPT E SPT

Com base nos ensaios CPT e SPT mais próximos da estaca ET-04 (os mesmos fornecidos aos participantes do concurso) foram realizadas verificações expeditas das capacidades de carga e da curva carga-profundidade para $w/D=10\%$. Os métodos utilizados foram de Bustamante e Gianeselli (1982) para o ensaio CPT e Aoki e Velloso (1975) e Décourt e Quaresma (1982) para o ensaio SPT. Os métodos foram selecionados por serem diretos, o que proporciona avaliação dos dados dos ensaios *in situ* fornecidos, não necessitando de determinação de parâmetros do solo e da estaca.

Os métodos foram aplicados diretamente, conforme indicados pelos autores originalmente. As planilhas de cálculo são apresentadas no anexo 2.

6.1.1 Verificações por Aoki e Velloso (1975) e Décourt e Quaresma (1982)

As curvas carga-profundidade para os métodos de Aoki e Velloso (1975) e Décourt e Quaresma (1982) são apresentadas na figura 6.1.

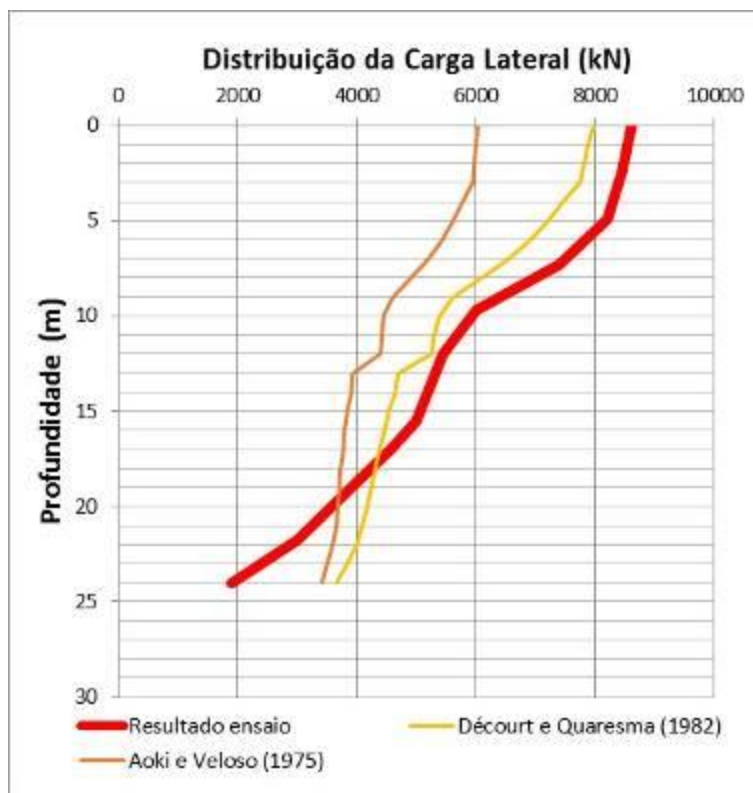


Figura 6.1: Curva carga-profundidade utilizando métodos diretos baseados no SPT

O método de Aoki e Velloso (1975) é dependente de fatores F_1 e F_2 que são dependentes do tipo de estaca. O método original não fornecia os valores desses fatores para estacas escavadas. Para o cálculo expedito foram utilizados para F_1 e F_2 os valores propostos por Velloso et al. (1978) de, respectivamente, 3,0 e 6,0.

Como pode ser observado, os valores de capacidade de carga de ponta das estacas para $w/D=10\%$ superaram os valores obtidos em campo e a capacidade de carga lateral subestimada, similarmente ao ocorrido na maioria das previsões fornecidas pelos participantes.

Os valores de capacidade total, de ponta e lateral são apresentados na tabela 6.1. A figura 6.2 apresentam os gráficos com os desvios apresentados pelas estimativas expeditas baseadas no SPT.

Tabela 6.1: Valores de capacidade de carga total, de ponta e lateral utilizando métodos diretos baseados no SPT

	$Q_{t,w/d=10\%}$ (kN)	$Q_{b,w/d=10\%}$ (kN)	$Q_{s,w/d=10\%}$ (kN)	Desvio $Q_{t,w/d=10\%}$ (%)	Desvio $Q_{b,w/d=10\%}$ (%)	Desvio $Q_{s,w/d=10\%}$ (%)
Aoki e Velloso (1975)	6050	3400	2650	-30%	79%	-61%
Décourt e Quaresma (1982)	7980	3670	4310	-7%	93%	-36%

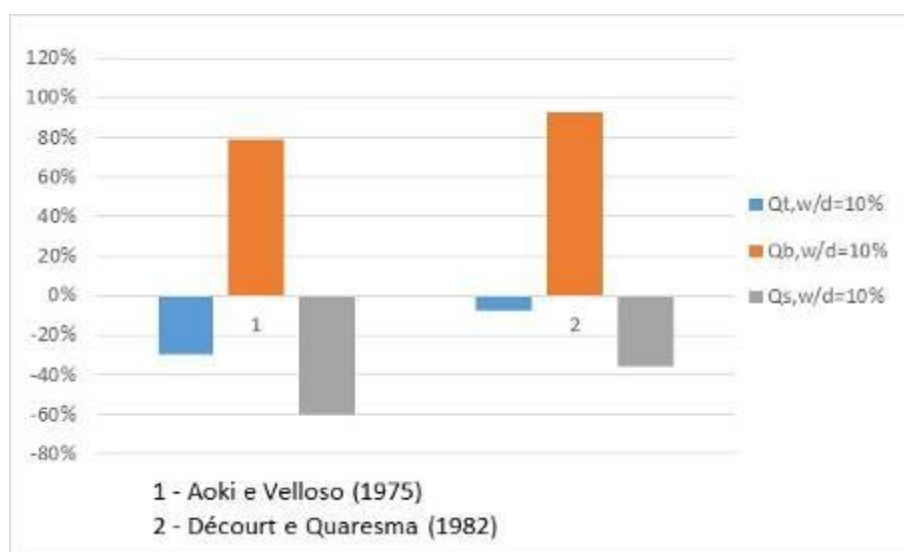


Figura 6.2: Desvios nas capacidades de carga das previsões utilizando métodos diretos baseados no SPT

6.1.2 Verificações por Bustamante e Gianeselli (1982)

A previsão baseada no ensaio CPT foi realizada pelo método de Bustamante e Gianeselli (1982). As curvas carga-profundidade é apresentada na figura 6.3. Os primeiros 2,14m não foram considerados por não apresentarem os valores do ensaio CPT (devido ao pré-furo). Além disso o método de Bustamante e Gianeselli (1982) depende do parâmetro k_s , que é estimado em função do tipo de solo e de sua compactação/rigidez. Como o ensaio CPT não fornece dados de compactação/rigidez do solo diretamente, foram consideradas as camadas apresentadas no SPT.

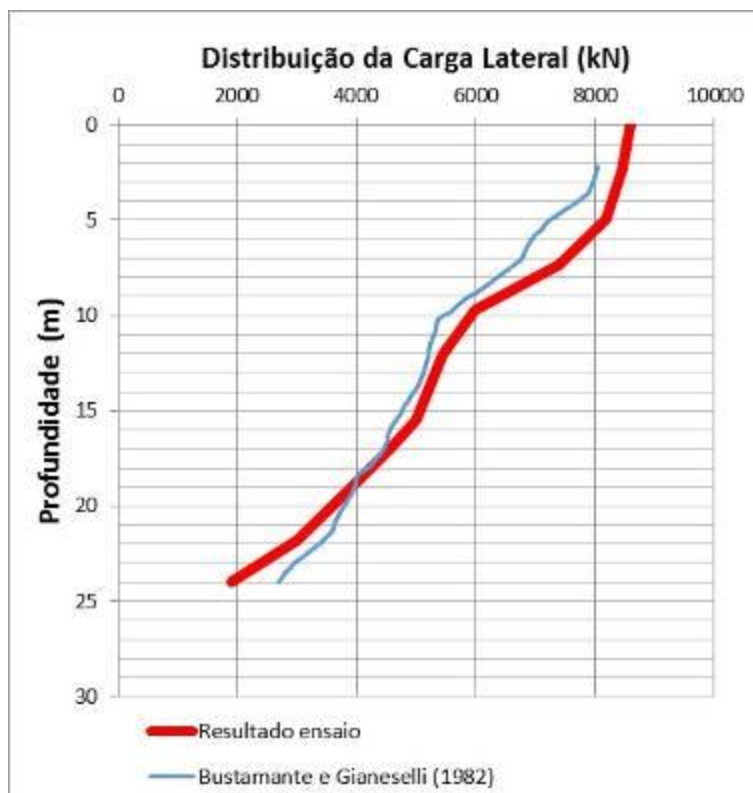


Figura 6.3: Curva carga-profundidade utilizando métodos diretos baseados no CPT

A tabela 6.2 apresenta os valores de capacidade total, de ponta e lateral para a estimativa por Bustamante e Gianeselli (1982) e a figura 6.4 apresentam os gráficos com os desvios apresentados pela estimativa baseada no CPT.

Tabela 6.2: Valores de capacidade de carga total, de ponta e lateral utilizando métodos diretos baseados no CPT

	$Q_{t,w/d=10\%}$ (kN)	$Q_{b,w/d=10\%}$ (kN)	$Q_{s,w/d=10\%}$ (kN)	Desvio $Q_{t,w/d=10\%}$ (%)	Desvio $Q_{b,w/d=10\%}$ (%)	Desvio $Q_{s,w/d=10\%}$ (%)
Bustamante e Gianeselli (1982)	8050	2700	5350	-6%	42%	-20%

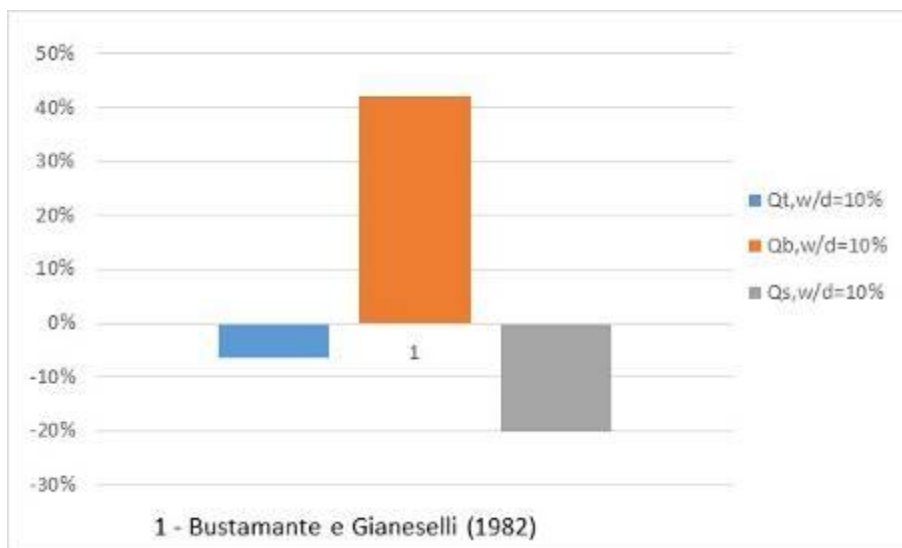


Figura 6.4: Desvios nas capacidades de carga da previsão utilizando método direto baseado no CPT

6.1.3 Avaliação das Verificações Expeditas

Considerando os três métodos – Aoki e Velloso (1975), Décourt e Quaresma (1982) e Bustamante e Gianeselli (1982) – utilizados para as verificações apresentadas e comparando aos resultados das previsões, pode-se considerar que:

- Os três métodos subestimaram as capacidades de carga lateral e superestimaram as capacidades de ponta da estaca, similarmente à maioria das previsões fornecidas pelos participantes;
- Dentre os três métodos utilizados o que apresentou melhor previsão, tanto de capacidade de carga total, quanto de distribuição da carga ao longo do fuste, foi o de Bustamante e Gianeselli (1982);
- Dentre os métodos consagrados na literatura nacional e comuns na prática brasileira, aplicados conforme indicados pelos autores originalmente, para a estaca do concurso, o método de Décourt e Quaresma (1982) apresentou melhor comportamento;

- Os métodos de Aoki e Velloso (1975) e Décourt e Quaresma (1982) estimaram resultados de capacidade de ponta muito próximos, com diferença de 270 kN;
- A curva carga-profundidade estimada pelo método de Aoki e Velloso (1975) pode obter resultados próximos das capacidades de ponta e total do medido em campo alterando os valores de F1 e F2 para 6 e 2,3, respectivamente, conforme apresentado na figura 6.5. Caso sejam adotados valores de 3 e 3 para F1 e F2 a previsão de Aoki e Velloso (1975) se aproxima da curva de Décourt e Quaresma (1982);

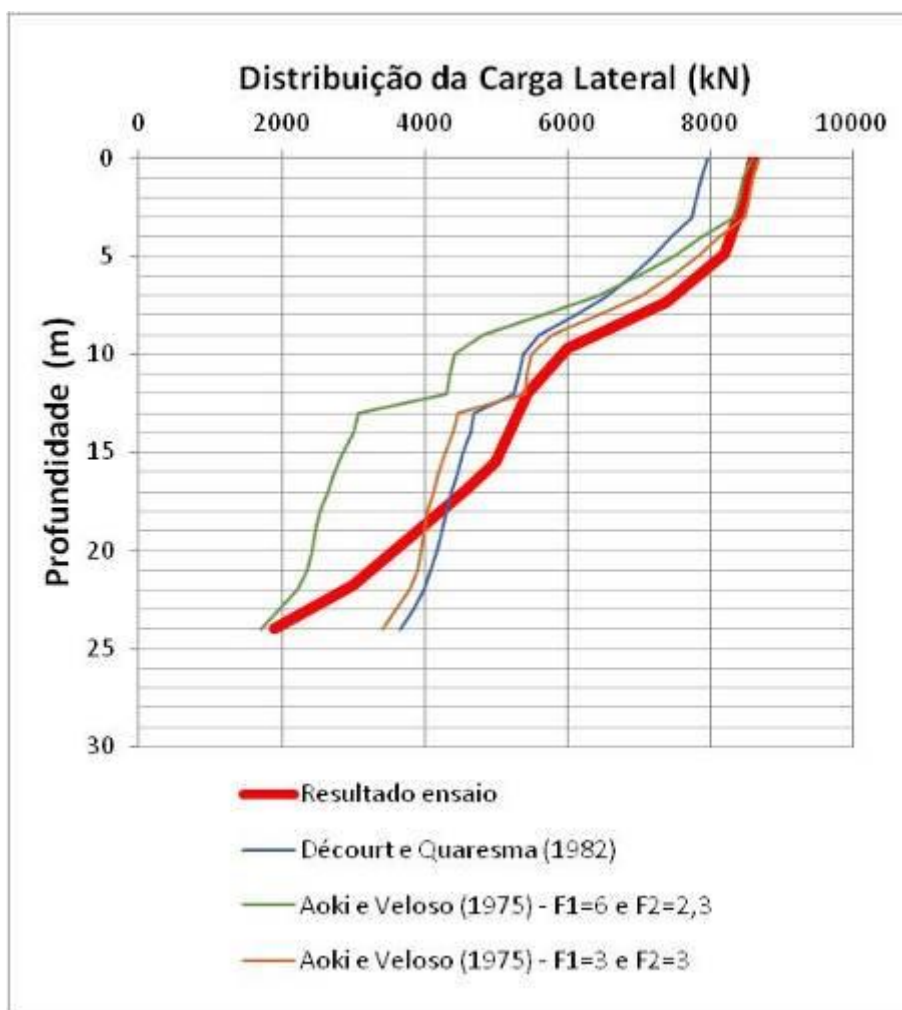


Figura 6.5: Curva carga-profundidade variando os valores de F1 e F2 do método de Aoki e Velloso (1975)

- A aplicação dos três métodos conforme indicados pelos autores originalmente apresentou valores e curvas diferentes das fornecidas pelos participantes que referiram os métodos nas estimativas. Ou seja, os participantes utilizaram considerações, muitas vezes não descritas, baseadas nas próprias práticas para as estimativas, resultando em variações nos resultados.

6.2 CONCLUSÕES SOBRE AS PREVISÕES

6.2.1 Previsões Fornecidas pelos Participantes

Considerando a ligação ao meio acadêmico ou prático, os países e continentes de origem, os ensaios considerados para as previsões e os métodos utilizados, pode-se concluir que:

- O total de 73 previsões foram fornecidas, sendo que uma não forneceu valores de capacidade de carga, cinco não forneceram a curva carga-recalque e cinco não forneceram a curva carga-profundidade.
- Os países com maior número de participantes no concurso foram Estados Unidos (22), Brasil (15) e Itália (10). Nos Estados Unidos e na Itália a maioria são relacionados ao meio acadêmico (com, respectivamente, 73% e 60% das previsões). Das previsões brasileiras 67% foram fornecidas por práticos.
- Os ensaios mais utilizados foram o CPT e o SPT, sendo usados isoladamente ou combinados entre si e/ou com o ensaio DMT. O ensaio dilatométrico foi o único ensaio a não ser utilizado isoladamente e não foi combinado por nenhuma previsão apenas com o SPT.
- No meio acadêmico 49% utilizaram o CPT como único ensaio para as previsões, diminuindo para 27% nas mesmas condições para participantes ligados à prática. O ensaio SPT, ao contrário, foi usado isoladamente em apenas 3% das previsões de acadêmicos, aumentando para 16% quando por práticos.

- Os métodos de estimativas diretos, ou seja, que utilizaram diretamente os dados dos ensaios, foram utilizados em 56% das previsões e os indiretos, que determinaram parâmetros considerando os ensaios, em 47% das previsões.
- As estimativas por métodos diretos utilizaram principalmente o CPT como único ensaio com 44%, seguido pela combinação de CPT e SPT com 19%. Por indiretos o mais utilizado foi a combinação de CPT e DMT com 28% e com mesmo número por CPT isolado ou combinação CPT, DMT e SPT, cada um com 25%.
- O método mais utilizado para as previsões de capacidade de carga, curvas carga-recalque e carga-profundidade foi o de elementos finitos e Verbrugge (1981). Para as previsões de capacidades de carga e carga-profundidade o método mais utilizado na terceira posição foi de Bustamante e Gianeselli (1982) e para curva carga-recalque o método de Randolph e Wroth (1978).
- Mesmo comparando previsões realizadas com mesmos métodos, diretos e indiretos, foram observadas grandes variações nas previsões, ou seja, todos os métodos apresentados possuem variabilidades para os resultados dependentes de considerações e estimativas realizadas pelos participantes. As previsões por Verbrugge (1981), por exemplo, apresentou desvios de $Q_{t,w/D=10\%}$ entre -8% e -39%, de $Q_{b,w/D=10\%}$ entre 120% e -37% e de $Q_{s,w/D=10\%}$ entre -61% e -32%.

6.2.2 Avaliação das Dispersões

Avaliando as previsões quanto aos desvios de capacidade de carga total, lateral e de ponta e quanto aos desvios médios e variâncias das curvas carga-recalque e carga-profundidade, pode-se concluir que:

- A maioria das previsões de capacidade de carga total foram a favor da segurança, com apenas 10 previsões com valores maiores que os obtidos em campo (contra a segurança), ou seja, de maneira geral, os métodos são conservadores.

- Os menores desvios das previsões de $Q_{t,w/D=10\%}$ não significaram pequenos desvios de capacidade lateral e de ponta, por exemplo a previsão com menor desvio de total, de -3,39% apresentaram desvios nas previsões lateral e de base de, respectivamente, -46,65% e 149,13%, ou seja, superestimou a capacidade de ponta da estaca.
- Cinco previsões apresentaram desvios de $Q_{t,w/D=10\%}$ menores que 10% em módulo, sendo duas previsões brasileiras fornecidas por práticos, que não descrevem os métodos utilizados, duas dos Estados Unidos por acadêmicos, que utilizaram os métodos de Verbrugge (1981), Eslami e Fellenius (1997) e o programa CGI-DFSAP (2011), e uma do Irã também por acadêmico, que utilizou o programa Abaqus (Elementos Finitos).
- Apenas uma previsão apresentou desvio menor de 10% para $Q_{s,w/D=10\%}$, sendo fornecida por prático dos Estados Unidos utilizando o software UniPile e diversos métodos sem especificar o considerado na previsão.
- Dez previsões apresentaram desvios menores que 10% para $Q_{b,w/D=10\%}$, sendo quatro de acadêmicos e seis de práticos. O menor desvio em módulo foi fornecido por participante da Singapura, prático, porém não descreve o método. O segundo menor desvio em módulo foi fornecido por prático da Austrália e utilizou o método de Eslami e Fellenius (1997).
- Avaliando a curva carga-recalque por desvios médios, seis curvas apresentaram valores menores que 10%, em módulo, sendo quatro fornecidas pelos Estados Unidos (dois práticos e dois acadêmicos), um da Itália (prático) e um do Canadá (prático). O menor valor em módulo não descreve o método e o segundo utilizou o software Abaqus 3D (Elementos Finitos)
- Os formatos das curvas carga-recalque foram analisados pela variância. As cinco melhores previsões considerado esse critério foram fornecidas todas pelos Estados Unidos (quatro acadêmicos e um prático). O menor valor de

variância utilizou o método de Verbrugge (1981), mesmo método utilizado em seis das dez melhores previsões avaliadas quanto ao formato da curva.

- A curva carga-profundidade avaliada por desvios médios forneceu treze curvas com valores menores que 10% em módulo. As duas previsões com menores valores foram enviadas por práticos dos Estados Unidos e Emirados Árabes e não descrevem os métodos. A terceira previsão com menor valor em módulo foi enviada por acadêmico italiano e utilizou o método de Randolph e Wroth (1978).
- Por variância, as cinco melhores previsões quanto ao formato da curva carga-profundidade foram quatro fornecidas pelos Estados Unidos (dois acadêmicos e dois práticos) e uma pela Itália (prático). O menor valor de variância utilizou o software UniPile e vários métodos sem especificar qual foi utilizado para a previsão. Duas previsões não descreveram os métodos, uma utilizou Elementos Finitos e outra o método de Bustamante e Gianceselli (1982).

6.3 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Algumas sugestões são apresentadas para ampliar o conhecimento sobre métodos de previsão de comportamento carga-recalque de estacas profundas:

- Execução de campos experimentais com estacas instrumentadas a serem ensaiadas até a ruptura;
- Ensaio de outros tipos de fundações profundas, como estacas hélice contínua, pré-moldadas e metálicas;
- Realização de outros concursos de previsão de comportamento de fundações profundas submetidas à carregamentos axiais.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 6122 (2010) **Projeto e execução de fundações**. Associação brasileira de normas técnicas.

____ NBR 12131 (2006) **Prova de carga estática-método de ensaio**. Associação brasileira de normas técnicas.

Associação Brasileira de Empresas de Engenharia de Fundações e Geotecnia – ABEF; **Manual de execução de fundações e geotecnia: práticas e recomendações**. 1. ed. São Paulo, Oficina de Textos, 2012.

Alves, I. P. M. **Comportamento de estacas escavadas no Rio Grande do Sul**. Dissertação de Mestrado – UFRGS. Porto Alegre, 1984.

Ang, A. H-S.; Tang, W. H. **Probability concepts in engineering: emphasis on applications in civil and environmental engineering**. 2 ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2007.

Aoki, N. **Considerações sobre capacidade de carga de estacas isoladas**. Rio de Janeiro: Universidade Gama Filho, 1976. 44 pág

Aoki, N.; Velloso, D. A. **An approximate method to estimate the bearing capacity of piles**. In: V CONGRESO PANAMERICANO DE MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES – PASSMFE, Buenos Aires, Proceedings... Buenos Aires: Sociedad Argentina de Mecánica de Suelos e Ingenieria de Fundaciones V5, p. 367-374, 1975.

ASTM D1143 (2007) **Standard test methods for deep foundations under static axial compressive load**.

ASTM D1143-81 (1994). **Piles Under Static Axial Compressive Load**. Standard Test Method. ANNUAL BOOK OF ASTM STANDARDS.FILADÉLFIA. VOL. 04.08, PP. 96-106.

Berezantsev, V. G.; Khisttoforov, V.S.; Golubkov, V. N. Load bearing capacity and deformation of pile foundations. In: V CONGRÈS INTERNATIONAL DE MÉCANIQUE DES SOLS ET DES TRAVAUX DE FOUNDATION. **Proceedings...** Paris, 1961.

Brochero, J. L. R. **Caracterização geotécnica do campo experimental da UFRGS em areia**. Dissertação Mestrado - UFRGS. Porto Alegre, 2014.

Brown, D. A.; Steven, D. D.; Thompson, W. R.; Lazarte, C. A. **Design and Construction of Continuous Flight Auger (CFA) Piles**. Federal Highway Administration. Report n. FHWA-HIF-07-03. Technical report. Washington, 2007.

Brown, D. A.; Turner, J. P.; Castelli, R. J.; **Drilled shafts**: Construction procedures and load design methods. Federal Highway Administration. Report n. FHWA-NHI-10-016. Technical report. Washington, 2010.

BS 8004 (1986) **Code of practice for foundations** - Formerly CP 2004. British Standard.

Bustamante, M.; Gianselli, L. Pile bearing capacity prediction by means of static penetrometer CPT. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON PENETRATION TESTING, 1982, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: Balkema, 1982, V. 2, p. 493-500.

Carneiro Ferreira G.; Carneiro Daitx E. (2004) **A mineração de areia industrial na Região Sul do Brasil** REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto, 56(1): 59-65.

Cavalcante E. H. (2006) **Campos experimentais brasileiros** XIII congresso brasileiro de mecânica dos solos e engenharia geotécnica – XIII Cobramseg.

Chang, M.F; Wong, I.H. Shaft Friction of Drilled Piers in Weathered Rocks. **Proceedings...** 6th Int. Conference on Rock Mechanics, ISRM, A.A. Balkema, Rotterdam, Brookfield, pág 313-318, 1987.

Coduto, D. P. **Foundation design**: principles and practices. 2 ed. New Jersey: Prentice Hall Inc, 2001.

Coyle, H. M.; Sulaiman, I. H. **Skin friction for steel piles in sand**. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 93, Issue 6, pág. 261-278, 1967.

Coyle, H. M.; Reese, L. C. **Load transfer method for axially loaded piles in clay**. Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol. 92, Issue 2, pág. 1-26, 1966.

Décourt, L; Quaresma, A. R. **Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT**. Anais 6º COBRAMSEF, Rio de Janeiro, Vol. 1, pág 45 – 53, 1978.

Décourt, L. Prediction of the bearing capacity of piles based exclusively on N values of the SPT. In: EUROPEAN SYMPOSIUM ON PENETRATION TESTING, 1982, Amsterdam. **Proceedings...** Amsterdam: Balkema, 1982, V. 1, p. 24-27.

De Ruyter, J.; Beringen, F. L. **Pile foundations for large North Sea structures**. Maritime Geotechnology, Vol.3, n. 3, pág 267-314, 1979.

Eslami, A.; Fellenius, B. H. **Pile capacity by direct CPT and CPTu methods applied to 102 case histories**. Canadian Geotechnical Journal, Vol. 34, n. 6, pág 886-904, 1997.

Eurocode 7. **Geotechnics, Preliminary draft for the European Communities**. Geotechnick. Londres, n 1, 1990.

Fellenius, B. H.; Eslami, A. Soil profile interpreted from CPTu data. **Proceedings...** Geotechnics Conference, Southeast Asian Geotechnical Society, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 2000, Editors Balasubramaniam, A.S., Bergado, D.T., Der Gyey, L., Seah, T.H., Miura, K., Phien wej, N., and Nutalaya, P., Vol. 1, pág 163-171, 2000.

Fonseca, J. S.; Martins, D. A. **Curso de Estatística**. 6 ed. São Paulo: Atlas, 1996.

Goulart, M. R. M. **Previsão de capacidade de carga de estacas escavadas com a utilização de ensaios de cone em solos residuais**. Dissertação Mestrado - UFRGS. Porto Alegre, 2001.

Hachich, V.F.; Wolle, C.M. **Concepção de Obras de Fundações: Teoria e Prática**, PINI, São Paulo, pp. 693-721, 1996.

ISSMFE Subcommittee on Field and Laboratory Testing, **Axial Pile Loading Test-Part 1: Static Loading**. Geotechnical Testing Journal, GTJODJ, Vol. 8, n. 2, pág 79-90, 1985.

Kraft, L.M.; Ray, R.P.; Kagawa, T. **Theoretical t-z curves**. Journal of the Geotechnical Engineering Division, Vol. 107, n, GT11, pág 1543-1561, 1981.

Kulhawy, F. H.; O'Rourke, T. D.; Stewart, J. P.; Beech, J. F. **Transmission line structure foundations for uplift/compression loading: load test summaries**. Report n. EL-2870, Electric Power Research Institute, Palo Alto, California, 1983.

Lobo, B. **Método de previsão de capacidade de carga de estacas: aplicação dos conceitos de energia do ensaio SPT**. Dissertação Mestrado - UFRGS. Porto Alegre, 2005.

Lopes, F. R. **The undrained bearing capacity of piles and plates studied by the Finite Element Method**, 1979. University of London, Londres, 1979.

Meyers, B. **A comparison of two shafts: between polymer and bentonite slurry construction and between conventional and osterberg cell load testing**. Paper Presented at the Southwest Regional FHW A Geotechnical Conf., Little Rock, AR, April, 1996.

Monteiro, P.F. **Capacidade de carga de estacas**: método de Aoki-Velloso. Relatório Interno de Estacas Franki Ltda, 1997.

Milititsky, J.M.; Consoli, N. C.; Schnaid, F. **Patologia das fundações**. 2 ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

Murthy, V. N. S. **Geotechnical engineering**: principles and practices of soil mechanics and foundation engineering. Nova York: Marcel Dekker Inc., 2002.

Nienov, F. A. **Desempenho de estacas escavadas de grande diâmetro em solo arenoso sob carregamento vertical**. Tese Doutorado - UFRGS. Porto Alegre, 2016.

O'Neill, M.W.; Hassan, K.M. (1994). Drilled Shafts Effects of Construction on Performance and Design Criteria: **Proceedings...** International Conference on Design and Construction of Deep Foundations, U.S. Federal Highway Administration, pp. 137-187.

O'Neill, M. W.; Reese, L. C. **Drilled Shafts**: Construction Procedures and Design Method. Federal Highway Administration. Report n. FHWA-IF-99-025. Technical report. Washington, 1999.

Janes, M.; Birmingham, P; Horvath, B. Pile load test results using the statnamic method. **Proceedings...** Fourth International Conference on Piling and Deep Foundations, Italy, Vol. 1, pág 481-490, 1991.

Poulos, H. G.; Davis, E. H. **Pile foundation analysis and design**. Nova York: John Wiley & Sons, 1980.

Poulos, H. G. **Pile behaviour**: theory and application. Géotechnique, Vol. 39, Issue 3, pág. 365-415, 1989.

Randolph, M. F.; Wroth, C. P. (1979) **An analytical solution for the consolidation around a driven pile**, International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics, v. 3, p. 217-229.

Riaund, J. L.; Miran, J. **The cone penetrometer test**. Federal Highway Administration. Report n. FHWA-SA-91-043. Technical report. Washington, 1992.

Salgado, R.; Lee, J. **Pile Designs based on cone penetration test results**. Indiana Department of Transportation and the Federal Highway Administration. Report n. FHWA/IN/JTRP-99/8. Final report. Purdue University, 1999.

Schnaid, F. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. 2 ed. São Paulo, Oficina de Textos, 2012.

Schnaid, F. **In situ testing in geomechanics: the main tests**. 1 ed. New York: Taylor & Francis, 2009.

Teixeira, A. H. **Projeto e execução de fundações**. SEFE 3, v.1, São Paulo, 1996.

Trevor, L. L. **Design examples: Comparison of different national practices**. In: International Symposium on Design of Piles in Europe III. **Proceedings...** Bélgica, pág 47-62, 2016.













Velloso, D. A.; Lopes, F. R. **Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.











Verbrugge, J. C. **Evaluation du tassement des pieux a partir de l'essai de penetration statique**. Revue Francaise de Geotechnique, n. 15, pág 75-82, 1981.



Vésic, A. S. Ultimate loads and settlements of deep foundations. In: SYMPOSIUM ON BEARING CAPACITY AND SETTLEMENT OF FOUNDATIONS. **Proceedings...** Duke University, pág 63-68, 1973.

Vorcano, M. C.; Velloso, D.A. (2000) **Avaliação de carga última de estacas escavadas por regressão múltipla**, SEFE 4, São Paulo, v 2, p. 331-344.

ANEXO 1: amostras extraídas durante o ensaio SPT, furo SP-02

SUBSURFACE EXPLORATION (SPT)					
GEOFORMA ENGENHARIA LTDA.					
Rua General Câmara, 153 – Joinville SC – F: (47) 3435 4776 – www.geoforma.com.br					
Customer:			Boring Nº: RS 1735 SP-02		
Job: Araquari Experimental Site			Sheet Nº: 01/03		
Location: Mineração Veiga			Reference El.: +0.40 m		
City: Araquari – SC			Water Level: -2.18 m		
Depth (m)	Soil	Description	Depth (m)	Soil	Description
01		<i>Brown Fine Sand</i>	08		<i>Sample not recovered</i>
02		<i>Brown Fine Sand</i>	09		<i>Sample not recovered</i>
03		<i>Dark Brown Fine Sand</i>	10		<i>Light Gray Fine Sand</i>
04		<i>Gray Fine Sand</i>	11		<i>Gray Silty Fine Sand</i>
05		<i>Light Gray Fine Sand</i>	12		<i>Dark Gray Clayey Fine Sand</i>
06		<i>Light Gray Fine Sand</i>	13		<i>Dark Gray Clayey Fine Sand</i>
07		<i>Light Gray Fine Sand</i>	14		<i>Dark Gray Clayey Fine Sand</i>

SUBSURFACE EXPLORATION (SPT)					
GEOFORMA ENGENHARIA LTDA.					
Rua General Câmara, 153 – Joinville SC – F: (47) 3435 4776 – www.geoforma.com.br					
Customer:			Boring Nº: RS 1735 SP-02		
Job: Araquari Experimental Site			Sheet Nº: 02/03		
Location: Mineração Veiga			Reference El.: +0.40 m		
City: Araquari – SC			Water Level: -2.18 m		
Depth (m)	Soil	Description	Depth (m)	Soil	Description
15		<i>Dark Gray Clayey Fine Sand</i>	22		<i>Gray Silty Medium Sand</i>
16		<i>Sample not recovered</i>	23		<i>Gray Medium Sand</i>
17		<i>Dark Gray Clayey Fine Sand</i>	24		<i>Gray Gravelly Coarse Sand</i>
18		<i>Dark Gray Clayey Sand</i>	25		<i>Gray Gravelly Silty Sand</i>
19		<i>Dark Gray Sandy Clay</i>	26		<i>Gray Gravelly Coarse Sand</i>
20		<i>Gray Sandy Clay</i>	27		<i>Gray Gravelly Coarse Sand</i>
21		<i>Gray Silty Medium Sand</i>	28		<i>Sample not recovered</i>

SUBSURFACE EXPLORATION (SPT)					
GEOFORMA ENGENHARIA LTDA. Rua General Câmara, 153 – Joinville SC – F: (47) 3435 4776 – www.geoforma.com.br					
Customer:			Boring Nº: RS 1735 SP-02		
Job: Araquari Experimental Site			Sheet Nº: 03/03		
Location: Mineração Veiga			Reference El.: +0.40 m		
City: Araquari – SC			Water Level: -2.18m		
Depth (m)	Soil	Description	Depth (m)	Soil	Description
29		<i>Gray Gravelly Sand</i>	30		<i>Gray Gravelly Coarse Sand</i>

ANEXO 2: Tabela das previsões com desvios de 10%, 20% e 50% de $Q_{b,w/D=10\%}$

Previsão n°	Desvio (w/D=10%)			País de origem	Acadêmico ou prático?	Capacidade de carga
	Qt (%)	Qb (%)	Qs (%)			
41	-37%	7%	-50%	Brasil	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 3D)
35	-22%	6%	-31%	EUA	Acadêmico	não descreve método
47	-42%	6%	-55%	Itália	Acadêmico	Elementos Finitos (Plaxis)
5	-38%	5%	-50%	Hungria	Acadêmico	Beta-method para lateral e Berezancev para ponta
39	-53%	4%	-69%	Itália	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 2D)
66	-38%	3%	-49%	Austrália	Prático	Eslami e Fellenius (1997)
54	-44%	-1%	-56%	Singapura	Prático	não descreve métodos
16	-28%	-4%	-35%	Croácia	Prático	Elementos Finitos (Plaxis)
31	-48%	-5%	-60%	Brasil	Acadêmico	Monteiro (1997)
13	-48%	-7%	-59%	Inglaterra	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 2D)
60	-46%	16%	-63%	Itália	Acadêmico	Bustamante e Ganeselli (1982)
67	-47%	11%	-63%	EUA	Prático	Beta method
52	-35%	-10%	-42%	Itália	Prático	Qs por Beta Method e Qb por Bustamante e Ganeselli (1982)
58	-49%	-11%	-60%	Brasil	Prático	Velloso (1975) e Décourt (1996)
69	-49%	-11%	-60%	Lituânia	Acadêmico	Dutch method (NEN 6743-1: 2006)
37	-39%	-15%	-46%	Inglaterra	Prático	API (2011)
14	-16%	46%	-34%	EUA	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
4	-26%	45%	-46%	Itália	Acadêmico	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966) + experiência em solos de Venetian Plain
73	-38%	42%	-60%	Bélgica	Prático	Van Impe (1988) - modificação do método de De Beer
12	-23%	39%	-41%	EUA	Prático	Eslami e Fellenius (1997)
17	-11%	38%	-26%	Itália	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
28	-27%	36%	-45%	França	Prático	Bustamante e Ganeselli (1982)
44	-22%	33%	-37%	Brasil	Prático	baseado e provas de carga de Santos /SP e em experiências dos autores
26	-25%	32%	-41%	Bélgica	Prático	De Beer (1971, 1972)
45	-31%	32%	-49%	Itália	Prático	Qs por Eslami e Fellenius (1997) com correção de Niazi (2013) e Qb por Berezantsev (1965)
11	-33%	29%	-51%	Suécia	Prático	UniPile (Eslami e Fellenius, 1999)
27	-35%	26%	-52%	Inglaterra	Prático	métodos empíricos Viggiani et al. (2012) e Marchetti et al.

						(2008)
33	-48%	25%	-69%	Emirados Árabes	Prático	AllPile (FHWA)
46	-17%	24%	-29%	Emirados Árabes	Prático	DTU 13.2 (1992)
51	-30%	21%	-45%	Emirados Árabes	Prático	Bustamante e Gianceselli (1982)
53	-28%	-23%	-29%	Brasil	Acadêmico	Teixeira (1996)
23	10%	-30%	21%	Brasil	Prático	não descreve métodos
30	-56%	-33%	-63%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (Abacus 2D)
22	-48%	-34%	-51%	Suíça	Prático	Togliani (2015)
2	-39%	-37%	-40%	França	Acadêmico	Verbrugge (1981)
18	-58%	-38%	-64%	Brasil	Prático	Falconi e Perez (2008)
56	-37%	-41%	-36%	Itália	Acadêmico	Randolph e Wroth (1978)
24	-52%	-42%	-54%	Austrália	Prático	Décourt (1995) com modificações
70	-47%	-49%	-46%	Brasil	Acadêmico	Décourt (1986)
8	-68%	-51%	-74%	Brasil	Acadêmico	Philliponnat (1980)
10	-36%	-51%	-31%	EUA	Prático	Bustamante e Gianceselli (1982)
15	-45%	-52%	-43%	EUA	Acadêmico	Randolph e Wroth (1979)
3	-56%	-69%	-53%	Brasil	Prático	Décourt (1996)
50	-44%	-72%	-35%	Brasil	Prático	Urbano e Alonso (1989)
25	194%	-74%	270%	África do Sul	Prático	Elementos Finitos (Software Repute 1.5)
64	-50%	-77%	-42%	Brasil	Prático	FHWA (2010)
71	-50%	-84%	-40%	Brasil	Prático	Bustamante e Gianceselli (1982)
9	-76%	-88%	-73%	China	Prático	Programa Randolph (2003)

ANEXO 3: Tabela das previsões com desvios de 10%, 20% e 50% de $Q_{S,w/D=10\%}$

Previsão n°	Desvio (w/D=10%)			País de origem	Acadêmico ou prático?	Capacidade de carga
	Qt (%)	Qb (%)	Qs (%)			
32	48%	232%	-4%	EUA	Prático	UniPile (por 4 métodos com CPT) e Meyerhof, Decourt e Reese e O'Neil com SPT
1	14%	100%	-10%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (Abacus 3D)
6	51%	121%	31%	Canadá	Prático	UniPile
23	10%	-30%	21%	Brasil	Prático	não descreve métodos
17	-11%	38%	-26%	Itália	Prático	Bustamante e Gianeselli (1982)
46	-17%	24%	-29%	Emirados Árabes	Prático	DTU 13.2 (1992)
53	-28%	-23%	-29%	Brasil	Acadêmico	Teixeira (1996)
35	-22%	6%	-31%	EUA	Acadêmico	não descreve método
34	-8%	74%	-31%	Irã	Acadêmico	Elementos Finitos (Abaqus)
10	-36%	-51%	-31%	EUA	Prático	Bustamante e Gianeselli (1982)
7	15%	178%	-32%	EUA	Acadêmico	Elementos Finitos (OpenSEES - McKenna, 1997)
48	-8%	78%	-32%	EUA	Acadêmico	Verbrugge (1981) e ponta por Eslami e Fellenius (1997)
14	-16%	46%	-34%	EUA	Prático	Bustamante e Gianeselli (1982)
36	-8%	87%	-35%	EUA	Acadêmico	Programa CGI-DFSAP (2011)
16	-28%	-4%	-35%	Croácia	Prático	Elementos Finitos (Plaxis)
50	-44%	-72%	-35%	Brasil	Prático	Urbano e Alonso (1989)
56	-37%	-41%	-36%	Itália	Acadêmico	Randolph e Wroth (1978)
44	-22%	33%	-37%	Brasil	Prático	baseado e provas de carga de Santos /SP e em experiências dos autores
2	-39%	-37%	-40%	França	Acadêmico	Verbrugge (1981)
71	-50%	-84%	-40%	Brasil	Prático	Bustamante e Gianeselli (1982)
12	-23%	39%	-41%	EUA	Prático	Eslami e Fellenius (1997)
61	-13%	84%	-41%	Chile	Prático	lateral FHWA (1999) e ponta Denver (1981)
26	-25%	32%	-41%	Bélgica	Prático	De Beer (1971, 1972)
64	-50%	-77%	-42%	Brasil	Prático	FHWA (2010)
52	-35%	-10%	-42%	Itália	Prático	Qs por Beta Method e Qb por Bustamante e Gianeselli (1982)
15	-45%	-52%	-43%	EUA	Acadêmico	Randolph e Wroth (1979)
38	35%	313%	-43%	EUA	Prático	não descreve métodos

51	-30%	21%	-45%	Emirados Árabes	Prático	Bustamante e Gianceselli (1982)
28	-27%	36%	-45%	França	Prático	Bustamante e Gianceselli (1982)
4	-26%	45%	-46%	Itália	Acadêmico	Load Transfer Method (Coyle e Reese, 1966) + experiência em solos de Venetian Plain
37	-39%	-15%	-46%	Inglaterra	Prático	API (2011)
70	-47%	-49%	-46%	Brasil	Acadêmico	Décourt (1986)
63	-3%	149%	-47%	Brasil	Prático	não descreve método
57	-24%	61%	-48%	EUA	Acadêmico	Eslami e Fellenius (1997)
45	-31%	32%	-49%	Itália	Prático	Qs por Eslami e Fellenius (1997) com correção de Niazi (2013) e Qb por Berezantsev (1965)
66	-38%	3%	-49%	Austrália	Prático	Eslami e Fellenius (1997)
41	-37%	7%	-50%	Brasil	Prático	Elementos Finitos (Plaxis 3D)
5	-38%	5%	-50%	Hungria	Acadêmico	Beta-method para lateral e Berezancev para ponta

15	3	6	Areia argilosa	6	600	3	30,00	18,00	94,25	4545	56,55	3848
16	5	5	Areia argilosa	5	600	3	26,67	15,00	83,78	4461	47,12	3801
17	4	4	Areia argilosa	4	600	3	23,33	12,00	73,30	4388	37,70	3763
18	3	4	Areia argilosa	4	600	3	23,33	12,00	73,30	4314	37,70	3726
19	2	3	Areia argilosa	3	600	3	20,00	9,00	62,83	4252	28,27	3697
20	3	4	Argila arenosa	4	350	2,4	23,33	5,60	73,30	4178	17,59	3680
21	4	5	Argila arenosa	5	350	2,4	26,67	7,00	83,78	4095	21,99	3658
22	5	7	Areia siltosa	7	800	2	33,33	18,67	104,72	3990	58,64	3599
23	9	12	Areia siltosa	12	800	2	50,00	32,00	157,08	3833	100,53	3499
24	10	13	Areia	13	1000	1,4	53,33	30,33	167,55	3665	95,29	3403
25	9	10	Areia	10	1000	1,4	43,33	23,33	136,14		73,30	
26	9	11	Areia siltosa	11	800	2	46,67	29,33	146,61		92,15	
27	10	11	Areia	11	1000	1,4	46,67	25,67	146,61		80,63	
28	11	14	Areia	14	1000	1,4	56,67	32,67	178,02		102,63	
29	13	20	Areia	20	1000	1,4	76,67	46,67	240,86		146,61	
30	17	20	Areia	20	1000	1,4	76,67	46,67	240,86		146,61	

0,02	2,60	1,79	17,00	11,00	0,95	6,00	Areia fofa	18	60	30,47931761	1,915072006	8013,68
0,02	2,62	1,82	17,20	11,00	0,95	6,00	Areia fofa	18	60	30,93139179	1,943476664	8011,74
0,02	2,64	1,83	17,50	11,30	0,95	6,00	Areia fofa	18	60	31,14383267	1,956824719	8009,78
0,02	2,66	1,84	17,70	11,60	0,96	6,00	Areia fofa	18	60	31,22371044	1,961843587	8007,82
0,02	2,68	1,84	17,80	11,70	0,97	6,00	Areia fofa	18	60	31,27299673	1,964940335	8005,85
0,02	2,70	1,84	17,90	12,10	0,97	6,00	Areia fofa	18	60	31,289992	1,96600818	8003,89
0,02	2,72	1,84	17,90	12,60	0,97	6,00	Areia fofa	18	60	31,29169152	1,966114964	8001,92
0,02	2,74	1,84	18,20	12,90	0,99	6,00	Areia fofa	18	60	31,24920335	1,963445353	7999,96
0,02	2,76	1,85	18,20	13,20	0,98	6,00	Areia fofa	19	60	31,50753145	1,979676587	7997,98
0,02	2,78	1,88	18,50	13,40	0,98	6,00	Areia fofa	19	60	32,02078861	2,011925485	7995,97
0,02	2,80	1,93	18,80	13,60	0,97	6,00	Areia fofa	19	60	32,81106868	2,061580246	7993,90
0,02	2,82	1,99	19,30	13,80	0,97	6,00	Areia fofa	20	60	33,73901043	2,119884546	7991,78
0,02	2,84	2,04	19,90	13,90	0,98	6,00	Areia fofa	20	60	34,66525266	2,178082062	7989,61
0,02	2,86	2,10	20,50	14,10	0,98	6,00	Areia fofa	21	60	35,63568259	2,239055973	7987,37
0,02	2,88	2,17	21,20	14,20	0,98	6,00	Areia fofa	22	60	36,80325765	2,312416877	7985,05
0,02	2,90	2,24	21,80	14,20	0,97	6,00	Areia fofa	22	60	38,06940528	2,391971279	7982,66
0,02	2,92	2,30	22,10	14,30	0,96	6,00	Areia fofa	23	60	39,07382575	2,455080879	7980,21
0,02	2,94	2,30	22,40	14,60	0,97	6,00	Areia fofa	23	60	39,13500873	2,458925118	7977,75
0,02	2,96	2,27	22,30	14,90	0,98	6,00	Areia fofa	23	60	38,59116008	2,4247541	7975,32
0,02	2,98	2,21	21,90	15,40	0,99	6,00	Areia fofa	22	60	37,61903062	2,363673405	7972,96
0,02	3,00	2,17	21,50	15,60	0,99	6,00	Areia fofa	22	60	36,84064725	2,314766135	7970,64
0,02	3,02	2,14	20,80	15,70	0,97	6,00	Areia fofa	21	60	36,40896738	2,287642889	7968,36
0,02	3,04	2,12	20,30	15,90	0,96	6,00	Areia fofa	21	60	36,01127806	2,262655332	7966,09
0,02	3,06	2,10	20,40	16,00	0,97	6,00	Areia fofa	21	60	35,64927881	2,239910248	7963,85
0,02	3,08	2,07	20,70	16,30	1,00	6,00	Areia fofa	21	60	35,25158948	2,214922691	7961,64
0,02	3,10	2,06	20,80	16,50	1,01	6,00	Areia fofa	21	60	34,97626611	2,197623613	7959,44
0,02	3,12	2,05	20,80	16,70	1,02	6,00	Areia fofa	20	60	34,81311151	2,187372307	7957,25
0,02	3,14	2,04	21,10	16,90	1,03	6,00	Areia fofa	20	60	34,68224793	2,179149906	7955,08
0,02	3,16	2,03	21,40	17,20	1,05	6,00	Areia fofa	20	60	34,54458624	2,170500367	7952,91
0,02	3,18	2,02	21,50	17,50	1,06	6,00	Areia fofa	20	60	34,41032361	2,162064397	7950,74
0,02	3,20	2,02	20,10	17,70	1,00	6,00	Areia fofa	20	60	34,25056807	2,15202666	7948,59
0,02	3,22	2,01	18,30	17,90	0,91	6,00	Areia fofa	20	60	34,2335728	2,150958816	7946,44
0,02	3,24	2,01	16,60	18,10	0,83	6,00	Areia fofa	20	60	34,16049313	2,146367086	7944,29
0,02	3,26	2,00	17,00	18,30	0,85	6,00	Areia fofa	20	60	33,91066266	2,130669774	7942,16
0,02	3,28	2,00	18,10	18,50	0,91	6,00	Areia fofa	20	60	33,91066266	2,130669774	7940,03
0,02	3,30	2,01	18,80	18,90	0,93	6,00	Areia fofa	20	60	34,20638036	2,149250265	7937,88
0,02	3,32	2,03	19,60	19,20	0,97	6,00	Areia fofa	20	60	34,48850185	2,166976481	7935,72
0,02	3,34	2,05	20,40	19,60	1,00	6,00	Areia fofa	20	60	34,77062334	2,184702697	7933,53
0,02	3,36	2,11	21,70	20,00	1,03	6,00	Areia fofa	21	60	35,86681826	2,253578655	7931,28
0,02	3,38	2,23	23,70	20,30	1,06	6,00	Areia fofa	22	60	37,85186583	2,378302872	7928,90
0,02	3,40	2,38	26,30	20,40	1,11	6,00	Areia fofa	24	60	40,44364453	2,541149131	7926,36
0,02	3,42	2,64	29,30	20,40	1,11	6,00	Areia fofa	26	60	44,81312851	2,815691906	7923,54

0,02	3,44	2,97	32,60	20,30	1,10	6,00	Areia fofa	30	60	50,41986815	3,167973748	7920,37
0,02	3,46	3,33	37,20	20,30	1,12	6,00	Areia fofa	33	60	56,63333894	3,558377631	7916,82
0,02	3,48	3,72	42,00	20,40	1,13	6,00	Areia fofa	37	60	63,22750379	3,972701228	7912,84
0,02	3,50	4,11	46,60	20,40	1,13	6,00	Areia fofa	41	60	69,8573587	4,389267298	7908,45
0,02	3,52	4,50	50,20	20,40	1,11	6,00	Areia fofa	45	60	76,52290368	4,80807584	7903,65
0,02	3,54	4,78	53,40	21,20	1,12	6,00	Areia fofa	48	60	81,25268738	5,105256915	7898,54
0,02	3,56	4,93	56,60	21,50	1,15	6,00	Areia fofa	49	60	83,86995899	5,26970494	7893,27
0,02	3,58	5,06	59,50	22,10	1,18	6,00	Areia fofa	51	60	86,04195452	5,406175445	7887,87
0,02	3,60	5,17	61,60	22,60	1,19	6,00	Areia fofa	52	60	87,93522763	5,525133302	7882,34
0,02	3,62	5,44	63,20	22,50	1,16	6,00	Areia fofa	54	60	92,44577234	5,808539185	7876,53
0,02	3,64	5,84	65,10	22,50	1,11	6,00	Areia fofa	58	60	99,32885678	6,241016135	7870,29
0,02	3,66	6,17	68,30	22,80	1,11	6,00	Areia fofa	62	60	104,940695	6,59361833	7863,70
0,02	3,68	6,49	71,80	22,80	1,11	6,00	Areia fofa	65	60	110,3417919	6,932979255	7856,76
0,02	3,70	6,92	75,60	22,20	1,09	6,00	Areia fofa	69	60	117,6412604	7,391618391	7849,37
0,02	3,72	7,42	81,00	21,00	1,09	6,00	Areia fofa	74	60	126,1609894	7,926928749	7841,45
0,02	3,74	7,81	86,80	21,20	1,11	6,00	Areia fofa	78	60	132,7840462	8,343067681	7833,10
0,02	3,76	8,01	91,80	22,10	1,15	6,00	Areia fofa	80	60	136,1593069	8,555141563	7824,55
0,02	3,78	8,14	96,10	23,00	1,18	6,00	Areia fofa	81	60	138,3754901	8,694388463	7815,85
0,02	3,80	8,22	96,60	23,60	1,18	6,00	Areia fofa	82	60	139,6994217	8,777573535	7807,08
0,02	3,82	8,08	94,80	24,30	1,17	6,00	Areia fofa	81	60	137,2538023	8,623910738	7798,45
0,02	3,84	7,83	91,80	24,90	1,17	6,00	Areia fofa	78	60	133,025379	8,35823107	7790,09
0,02	3,86	7,70	90,10	25,30	1,17	6,00	Areia fofa	77	60	130,8635807	8,222401273	7781,87
0,02	3,88	7,87	90,30	25,30	1,15	6,00	Areia fofa	79	60	133,7527766	8,403934807	7773,47
0,02	3,90	8,27	92,50	25,00	1,12	6,00	Areia fofa	83	60	140,4998989	8,827869003	7764,64
0,02	3,92	8,85	95,90	25,00	1,08	6,00	Areia fofa	88	60	150,3775499	9,448500122	7755,19
0,02	3,94	9,40	100,20	25,30	1,07	6,00	Areia fofa	94	60	159,7504415	10,03741627	7745,15
0,02	3,96	9,68	103,90	26,00	1,07	6,00	Areia fofa	97	60	164,5465067	10,33876193	7734,81
0,02	3,98	9,67	104,70	26,80	1,08	6,00	Areia fofa	97	60	164,3527606	10,32658851	7724,49
0,02	4,00	9,65	101,90	27,40	1,06	6,00	Areia fofa	96	60	163,99586	10,30416378	7714,18
0,02	4,02	9,82	102,20	27,70	1,04	7,00	eia levemente compact	98	100	100,1249152	6,291033963	7707,89
0,02	4,04	10,35	113,50	27,60	1,10	7,00	eia levemente compact	104	100	105,5752984	6,633491637	7701,26
0,02	4,06	11,39	133,80	26,80	1,17	7,00	eia levemente compact	114	100	116,1273218	7,296494819	7693,96
0,02	4,08	13,14	152,70	24,60	1,16	7,00	eia levemente compact	131	100	133,9499217	8,416321802	7685,55
0,02	4,10	15,85	159,70	23,70	1,01	7,00	eia levemente compact	158	100	161,5872903	10,15282888	7675,39
0,02	4,12	16,67	163,90	9,30	0,98	7,00	eia levemente compact	167	100	169,9550815	10,67859271	7664,71
0,02	4,14	16,25	159,40	-35,00	0,98	7,00	eia levemente compact	163	100	165,7344761	10,41340425	7654,30
0,02	4,16	15,53	143,80	-57,80	0,93	7,00	eia levemente compact	155	100	158,3547899	9,94972489	7644,35
0,02	4,18	15,08	128,30	-59,50	0,85	7,00	eia levemente compact	151	100	153,8211316	9,664866739	7634,69
0,02	4,20	14,98	115,20	-55,90	0,77	7,00	eia levemente compact	150	100	152,7198381	9,595670427	7625,09
0,02	4,22	15,31	116,20	-54,00	0,76	7,00	eia levemente compact	153	100	156,1124339	9,80883351	7615,28
0,02	4,24	15,63	124,40	-37,80	0,80	7,00	eia levemente compact	156	100	159,3755258	10,01385962	7605,27
0,02	4,26	15,84	136,70	-12,00	0,86	7,00	eia levemente compact	158	100	161,5046932	10,14763916	7595,12

0,02	4,28	16,05	145,70	13,70	0,91	7,00	eia levemente compact	160	100	163,6338607	10,28141869	7584,84
0,02	4,30	16,24	151,00	28,00	0,93	7,00	eia levemente compact	162	100	165,5703018	10,40308887	7574,44
0,02	4,32	16,21	154,70	28,30	0,95	7,00	eia levemente compact	162	100	165,3153727	10,38707121	7564,05
0,02	4,34	15,97	157,30	29,40	0,98	7,00	eia levemente compact	160	100	162,8496989	10,23214836	7553,82
0,02	4,36	15,80	161,00	30,00	1,02	7,00	eia levemente compact	158	100	161,1304574	10,12412522	7543,69
0,02	4,38	15,80	164,10	30,30	1,04	7,00	eia levemente compact	158	100	161,0662153	10,12008877	7533,57
0,02	4,40	15,84	164,60	30,20	1,04	7,00	eia levemente compact	158	100	161,5546593	10,15077862	7523,42
0,02	4,42	15,81	161,90	30,30	1,02	7,00	eia levemente compact	158	100	161,1885812	10,12777725	7513,29
0,02	4,44	15,51	157,70	30,90	1,02	7,00	eia levemente compact	155	100	158,1967338	9,939793938	7503,35
0,02	4,46	15,03	155,40	31,90	1,03	7,00	eia levemente compact	150	100	153,2541694	9,629243452	7493,73
0,02	4,48	14,69	153,70	32,30	1,05	7,00	eia levemente compact	147	100	149,7687793	9,410249939	7484,31
0,02	4,50	14,64	150,10	32,20	1,03	7,00	eia levemente compact	146	100	149,295631	9,380521153	7474,93
0,02	4,52	14,69	145,70	32,10	0,99	7,00	eia levemente compact	147	100	149,8116074	9,412940906	7465,52
0,02	4,54	14,44	141,60	32,60	0,98	7,00	eia levemente compact	144	100	147,2796521	9,25385346	7456,27
0,02	4,56	14,03	138,00	33,50	0,98	7,00	eia levemente compact	140	100	143,0692438	8,989305707	7447,28
0,02	4,58	13,73	135,20	33,90	0,98	7,00	eia levemente compact	137	100	139,9968389	8,796260811	7438,48
0,02	4,60	13,64	132,70	33,70	0,97	7,00	eia levemente compact	136	100	139,0576802	8,737251734	7429,74
0,02	4,62	13,72	131,10	33,70	0,96	7,00	eia levemente compact	137	100	139,9132222	8,791007017	7420,95
0,02	4,64	13,81	131,50	33,50	0,95	7,00	eia levemente compact	138	100	140,8686962	8,851041225	7412,10
0,02	4,66	13,91	132,40	33,60	0,95	7,00	eia levemente compact	139	100	141,8669984	8,9137664	7403,19
0,02	4,68	14,10	132,60	33,60	0,94	7,00	eia levemente compact	141	100	143,7381777	9,03133606	7394,16
0,02	4,70	14,26	132,40	33,40	0,93	7,00	eia levemente compact	143	100	145,4319263	9,137757425	7385,02
0,02	4,72	14,27	132,70	33,10	0,93	7,00	eia levemente compact	143	100	145,4757741	9,140512463	7375,88
0,02	4,74	14,25	132,90	34,00	0,93	7,00	eia levemente compact	142	100	145,2728506	9,127762402	7366,75
0,02	4,76	14,31	133,60	34,50	0,93	7,00	eia levemente compact	143	100	145,9315872	9,169152048	7357,58
0,02	4,78	14,45	132,90	34,50	0,92	7,00	eia levemente compact	145	100	147,3500125	9,258274335	7348,32
0,02	4,80	14,65	131,80	34,80	0,90	7,00	eia levemente compact	146	100	149,3680309	9,38507017	7338,94
0,02	4,82	14,84	131,90	35,30	0,89	7,00	eia levemente compact	148	100	151,3697338	9,510840874	7329,43
0,02	4,84	15,07	135,50	35,30	0,90	7,00	eia levemente compact	151	100	153,6375827	9,65333402	7319,77
0,02	4,86	15,40	141,30	35,20	0,92	7,00	eia levemente compact	154	100	156,999587	9,864574984	7309,91
0,02	4,88	15,89	146,80	34,60	0,92	7,00	eia levemente compact	159	100	161,9982359	10,17864936	7299,73
0,02	4,90	16,34	150,90	34,50	0,92	7,00	eia levemente compact	163	100	166,6471221	10,47074749	7289,26
0,02	4,92	16,54	154,10	35,20	0,93	7,00	eia levemente compact	165	100	168,6110955	10,59414758	7278,67
0,02	4,94	16,41	157,00	36,50	0,96	7,00	eia levemente compact	164	100	167,3272728	10,51348262	7268,15
0,02	4,96	16,17	159,90	37,30	0,99	7,00	eia levemente compact	162	100	164,8881116	10,3602256	7257,79
0,02	4,98	16,02	163,00	37,60	1,02	7,00	eia levemente compact	160	100	163,3748528	10,26514475	7247,53
0,02	5,00	16,07	164,60	37,60	1,02	7,00	eia levemente compact	161	100	163,8388237	10,2942969	7237,23
0,02	5,02	16,22	164,50	37,10	1,01	8,00	Areia compacta	162	150	110,2687122	6,928387524	7230,31
0,02	5,04	16,16	165,10	37,70	1,02	8,00	Areia compacta	162	150	109,8907374	6,904638667	7223,40
0,02	5,06	15,87	165,60	37,90	1,04	8,00	Areia compacta	159	150	107,8852955	6,778633037	7216,62
0,02	5,08	15,62	164,20	38,70	1,05	8,00	Areia compacta	156	150	106,191207	6,672190315	7209,95
0,02	5,10	15,40	160,70	39,30	1,04	8,00	Areia compacta	154	150	104,7065002	6,578903435	7203,37

0,02	5,12	15,08	157,40	39,60	1,04	8,00	Areia compacta	151	150	102,5100315	6,440895235	7196,93
0,02	5,14	14,70	146,70	40,10	1,00	8,00	Areia compacta	147	150	99,93830717	6,279309032	7190,65
0,02	5,16	14,34	128,60	40,30	0,90	8,00	Areia compacta	143	150	97,48554977	6,12519774	7184,53
0,02	5,18	13,95	111,40	40,40	0,80	8,00	Areia compacta	140	150	94,86623873	5,960621573	7178,56
0,02	5,20	13,55	114,60	40,20	0,85	8,00	Areia compacta	136	150	92,13543871	5,789040348	7172,78
0,02	5,22	13,11	116,80	40,50	0,89	8,00	Areia compacta	131	150	89,14019228	5,600843464	7167,17
0,02	5,24	12,41	117,40	41,00	0,95	8,00	Areia compacta	124	150	84,35364438	5,30009579	7161,87
0,02	5,26	11,53	115,10	41,60	1,00	8,00	Areia compacta	115	150	78,36859002	4,924043734	7156,95
0,02	5,28	10,66	108,50	42,40	1,02	8,00	Areia compacta	107	150	72,46171391	4,552903761	7152,40
0,02	5,30	9,99	101,80	44,10	1,02	8,00	Areia compacta	100	150	67,90630168	4,26667877	7148,13
0,02	5,32	9,42	96,80	45,50	1,03	8,00	Areia compacta	94	150	64,01302518	4,022056992	7144,11
0,02	5,34	9,32	92,30	45,50	0,99	8,00	Areia compacta	93	150	63,37876169	3,982205042	7140,13
0,02	5,36	9,84	90,50	41,80	0,92	8,00	Areia compacta	98	150	66,89406338	4,203077962	7135,92
0,02	5,38	10,61	93,20	33,60	0,88	8,00	Areia compacta	106	150	72,13812396	4,532572006	7131,39
0,02	5,40	11,43	97,40	25,30	0,85	8,00	Areia compacta	114	150	77,6942177	4,881671671	7126,51
0,02	5,42	12,25	101,90	36,40	0,83	8,00	Areia compacta	123	150	83,30537611	5,234231152	7121,28
0,02	5,44	12,90	106,50	40,10	0,83	8,00	Areia compacta	129	150	87,68063848	5,509136994	7115,77
0,02	5,46	13,37	111,30	41,60	0,83	8,00	Areia compacta	134	150	90,90634077	5,711813846	7110,05
0,02	5,48	13,74	115,90	42,80	0,84	8,00	Areia compacta	137	150	93,39784738	5,868359824	7104,19
0,02	5,50	14,03	119,50	42,10	0,85	8,00	Areia compacta	140	150	95,39241229	5,993682033	7098,19
0,02	5,52	14,34	122,50	42,60	0,85	8,00	Areia compacta	143	150	97,46379583	6,123830899	7092,07
0,02	5,54	14,71	124,60	41,70	0,85	8,00	Areia compacta	147	150	100,0137662	6,284050261	7085,78
0,02	5,56	15,08	127,90	40,20	0,85	8,00	Areia compacta	151	150	102,5351845	6,442475645	7079,34
0,02	5,58	15,42	131,70	38,10	0,85	8,00	Areia compacta	154	150	104,8540191	6,588172324	7072,75
0,02	5,60	15,77	134,30	41,90	0,85	8,00	Areia compacta	158	150	107,1796519	6,734296141	7066,02
0,02	5,62	16,18	137,90	42,00	0,85	8,00	Areia compacta	162	150	109,9804724	6,910276885	7059,11
0,02	5,64	16,73	144,10	43,10	0,86	8,00	Areia compacta	167	150	113,751383	7,147210183	7051,96
0,02	5,66	17,31	152,10	40,30	0,88	8,00	Areia compacta	173	150	117,6412604	7,391618391	7044,57
0,02	5,68	17,91	158,90	35,00	0,89	8,00	Areia compacta	179	150	121,7649928	7,650720137	7036,92
0,02	5,70	18,39	162,00	39,70	0,88	8,00	Areia compacta	184	150	125,0464396	7,856899519	7029,06
0,02	5,72	18,30	163,70	42,30	0,89	8,00	Areia compacta	183	150	124,4033386	7,816492289	7021,25
0,02	5,74	17,73	163,50	44,00	0,92	8,00	Areia compacta	177	150	120,556969	7,574817763	7013,67
0,02	5,76	17,13	160,60	45,40	0,94	8,00	Areia compacta	171	150	116,4522713	7,316912002	7006,35
0,02	5,78	16,73	154,50	46,30	0,92	8,00	Areia compacta	167	150	113,7092347	7,144561929	6999,21
0,02	5,80	16,26	148,50	47,10	0,91	8,00	Areia compacta	163	150	110,5222816	6,944319762	6992,27
0,02	5,82	15,62	143,00	47,70	0,92	8,00	Areia compacta	156	150	106,1640146	6,670481764	6985,60
0,02	5,84	14,98	138,00	48,50	0,92	8,00	Areia compacta	150	150	101,8370188	6,3986086	6979,20
0,02	5,86	14,42	132,50	48,70	0,92	8,00	Areia compacta	144	150	98,02735899	6,159240617	6973,04
0,02	5,88	13,86	128,00	46,50	0,92	8,00	Areia compacta	139	150	94,19934432	5,918719362	6967,12
0,02	5,90	13,31	123,40	46,00	0,93	8,00	Areia compacta	133	150	90,50253315	5,686441865	6961,43
0,02	5,92	12,88	118,70	45,60	0,92	8,00	Areia compacta	129	150	87,59158326	5,50354149	6955,93
0,02	5,94	12,57	114,40	45,00	0,91	8,00	Areia compacta	126	150	85,44745997	5,36882225	6950,56

0,02	5,96	12,03	110,80	44,70	0,92	8,00	Areia compacta	120	150	81,79279706	5,139193008	6945,42
0,02	5,98	11,44	107,70	46,10	0,94	8,00	Areia compacta	114	150	77,74724294	4,885003345	6940,54
0,02	6,00	10,85	103,80	47,60	0,96	8,00	Areia compacta	109	150	73,76899009	4,635042347	6935,90
0,02	6,02	10,24	98,90	48,30	0,97	8,00	Areia compacta	102	150	69,60990756	4,373719484	6931,53
0,02	6,04	9,47	94,20	49,30	0,99	8,00	Areia compacta	95	150	64,39983753	4,046361129	6927,48
0,02	6,06	8,64	87,60	51,20	1,01	8,00	Areia compacta	86	150	58,76624535	3,692392094	6923,79
0,02	6,08	7,84	80,60	53,80	1,03	8,00	Areia compacta	78	150	53,29920683	3,348887932	6920,44
0,02	6,10	7,35	72,90	55,70	0,99	8,00	Areia compacta	74	150	49,98173008	3,140444721	6917,30
0,02	6,12	7,11	66,20	56,50	0,93	8,00	Areia compacta	71	150	48,35086395	3,03797438	6914,26
0,02	6,14	7,08	58,90	49,80	0,83	8,00	Areia compacta	71	150	48,10749169	3,022682849	6911,24
0,02	6,16	7,21	51,70	27,20	0,72	8,00	Areia compacta	72	150	48,98444763	3,077783616	6908,16
0,02	6,18	7,28	51,00	23,70	0,70	8,00	Areia compacta	73	150	49,46507387	3,107982254	6905,05
0,02	6,20	7,50	54,50	35,20	0,73	8,00	Areia compacta	75	150	51,01300308	3,205241514	6901,85
0,02	6,22	7,86	59,00	35,90	0,75	8,00	Areia compacta	79	150	53,42429202	3,356747267	6898,49
0,02	6,24	8,06	64,20	34,20	0,80	8,00	Areia compacta	81	150	54,77915496	3,441875816	6895,05
0,02	6,26	8,26	67,70	32,50	0,82	8,00	Areia compacta	83	150	56,13333809	3,526961651	6891,52
0,02	6,28	8,38	70,70	37,00	0,84	8,00	Areia compacta	84	150	56,97426406	3,579798588	6887,94
0,02	6,30	8,44	74,50	43,20	0,88	8,00	Areia compacta	84	150	57,39914582	3,606494696	6884,34
0,02	6,32	8,39	77,90	47,30	0,93	8,00	Areia compacta	84	150	57,06127985	3,585265951	6880,75
0,02	6,34	8,17	79,10	51,00	0,97	8,00	Areia compacta	82	150	55,55413928	3,490569517	6877,26
0,02	6,36	7,96	78,80	54,60	0,99	8,00	Areia compacta	80	150	54,10410283	3,399461039	6873,86
0,02	6,38	7,78	77,70	57,70	1,00	8,00	Areia compacta	78	150	52,91715316	3,324882792	6870,54
0,02	6,40	7,56	76,00	59,20	1,01	8,00	Areia compacta	76	150	51,3916577	3,229033086	6867,31
0,02	6,42	7,27	73,50	60,00	1,01	8,00	Areia compacta	73	150	49,42768428	3,105632996	6864,20
0,02	6,44	6,97	70,50	61,60	1,01	8,00	Areia compacta	70	150	47,37533544	2,976680116	6861,22
0,02	6,46	6,79	66,60	59,40	0,98	8,00	Areia compacta	68	150	46,18634634	2,901973727	6858,32
0,02	6,48	6,76	63,60	57,00	0,94	8,00	Areia compacta	68	150	45,93413653	2,886126917	6855,44
0,02	6,50	6,78	61,50	53,00	0,91	8,00	Areia compacta	68	150	46,10069018	2,896591792	6852,54
0,02	6,52	6,84	61,30	52,30	0,90	8,00	Areia compacta	68	150	46,50381799	2,921921059	6849,62
0,02	6,54	6,96	62,20	53,80	0,89	8,00	Areia compacta	70	150	47,30259569	2,972109742	6846,65
0,02	6,56	7,26	64,60	54,50	0,89	8,00	Areia compacta	73	150	49,34610698	3,100507343	6843,54
0,02	6,58	7,74	67,40	54,50	0,87	8,00	Areia compacta	77	150	52,61395754	3,305832449	6840,24
0,02	6,60	8,10	70,10	48,60	0,87	8,00	Areia compacta	81	150	55,04428118	3,458534187	6836,78
0,02	6,62	8,26	73,70	42,10	0,89	8,00	Areia compacta	83	150	56,12178131	3,526235517	6833,25
0,02	6,64	8,34	76,80	49,30	0,92	8,00	Areia compacta	83	150	56,69894068	3,56249951	6829,69
0,02	6,66	8,34	79,60	54,00	0,95	8,00	Areia compacta	83	150	56,69826087	3,562456797	6826,13
0,02	6,68	8,29	82,70	56,10	1,00	8,00	Areia compacta	83	150	56,32708417	3,539135077	6822,59
0,02	6,70	8,10	87,60	57,30	1,08	8,00	Areia compacta	81	150	55,09186793	3,461524151	6819,13
0,02	6,72	7,59	93,10	58,20	1,23	8,00	Areia compacta	76	150	51,62755205	3,243854765	6815,88
0,02	6,74	6,77	95,60	58,90	1,41	8,00	Areia compacta	68	150	46,0456255	2,893131976	6812,99
0,02	6,76	5,74	98,00	59,90	1,71	8,00	Areia compacta	57	150	39,04969247	2,45356454	6810,54
0,02	6,78	4,91	90,70	61,10	1,85	8,00	Areia compacta	49	150	33,34539998	2,095153272	6808,44

0,02	6,80	4,54	86,70	60,50	1,91	8,00	Areia compacta	45	150	30,85729242	1,938820863	6806,50
0,02	6,82	4,87	89,80	57,50	1,84	8,00	Areia compacta	49	150	33,09590941	2,079477317	6804,42
0,02	6,84	5,01	89,90	63,70	1,79	8,00	Areia compacta	50	150	34,07483697	2,14098515	6802,28
0,02	6,86	4,98	81,20	48,90	1,63	8,00	Areia compacta	50	150	33,84710035	2,126676036	6800,16
0,02	6,88	5,26	66,80	43,00	1,27	8,00	Areia compacta	53	150	35,76280721	2,247043448	6797,91
0,02	6,90	5,87	63,80	36,30	1,09	8,00	Areia compacta	59	150	39,91849068	2,508152742	6795,40
0,02	6,92	6,59	69,40	34,50	1,05	8,00	Areia compacta	66	150	44,8063304	2,815264768	6792,59
0,02	6,94	7,88	72,30	31,80	0,92	8,00	Areia compacta	79	150	53,59492453	3,367468424	6789,22
0,02	6,96	9,29	70,90	31,90	0,76	8,00	Areia compacta	93	150	63,17481845	3,969390911	6785,25
0,02	6,98	10,80	80,80	33,60	0,75	8,00	Areia compacta	108	150	73,43180393	4,613856315	6780,64
0,02	7,00	12,21	94,80	33,70	0,78	8,00	Areia compacta	122	150	82,9838256	5,214027538	6775,42
0,02	7,02	13,57	106,30	37,20	0,78	8,00	Areia compacta	136	150	92,217016	5,794166	6769,63
0,02	7,04	14,78	115,70	41,50	0,78	8,00	Areia compacta	148	150	100,5073088	6,31506046	6763,31
0,02	7,06	15,92	123,70	44,90	0,78	8,00	Areia compacta	159	150	108,1952893	6,798110517	6756,51
0,02	7,08	16,54	129,40	47,40	0,78	8,00	Areia compacta	165	150	112,4570232	7,065883159	6749,45
0,02	7,10	16,93	126,30	50,20	0,75	8,00	Areia compacta	169	150	115,109645	7,232552301	6742,22
0,02	7,12	17,21	119,40	53,20	0,69	8,00	Areia compacta	172	150	117,0035979	7,351552872	6734,86
0,02	7,14	17,49	112,50	56,10	0,64	8,00	Areia compacta	175	150	118,8676391	7,468674037	6727,40
0,02	7,16	17,88	120,90	58,10	0,68	8,00	Areia compacta	179	150	121,5365764	7,636368309	6719,76
0,02	7,18	18,38	134,80	59,50	0,73	8,00	Areia compacta	184	150	124,9628228	7,851645725	6711,91
0,02	7,20	18,42	144,90	60,10	0,79	8,00	Areia compacta	184	150	125,2361068	7,868816661	6704,04
0,02	7,22	18,24	149,00	60,50	0,82	8,00	Areia compacta	182	150	123,9648606	7,788941906	6696,25
0,02	7,24	18,05	150,10	61,00	0,83	8,00	Areia compacta	180	150	122,6936144	7,709067151	6688,54
0,02	7,26	17,67	152,20	61,40	0,86	8,00	Areia compacta	177	150	120,1280084	7,547865372	6680,99
0,02	7,28	17,39	153,00	61,50	0,88	8,00	Areia compacta	174	150	118,2408536	7,429291939	6673,56
0,02	7,30	17,53	151,30	62,00	0,86	8,00	Areia compacta	175	150	119,1409231	7,485844974	6666,08
0,02	7,32	18,01	150,50	62,10	0,84	8,00	Areia compacta	180	150	122,4590796	7,694330899	6658,38
0,02	7,34	18,29	151,20	62,30	0,83	8,00	Areia compacta	183	150	124,3170026	7,81106764	6650,57
0,02	7,36	18,41	153,70	62,50	0,84	8,00	Areia compacta	184	150	125,1293765	7,862110599	6642,71
0,02	7,38	18,60	156,10	62,70	0,84	8,00	Areia compacta	186	150	126,421017	7,943266767	6634,77
0,02	7,40	18,87	157,40	62,90	0,83	8,00	Areia compacta	189	150	128,3088516	8,061882914	6626,70
0,02	7,42	19,07	159,20	62,90	0,83	8,00	Areia compacta	191	150	129,6229259	8,144448637	6618,56
0,02	7,44	19,23	162,50	63,20	0,85	8,00	Areia compacta	192	150	130,697027	8,211936398	6610,35
0,02	7,46	19,44	164,40	63,50	0,85	8,00	Areia compacta	194	150	132,1402654	8,302617738	6602,05
0,02	7,48	19,70	163,30	63,60	0,83	8,00	Areia compacta	197	150	133,9213697	8,414527823	6593,63
0,02	7,50	19,83	161,20	63,80	0,81	8,00	Areia compacta	198	150	134,7922073	8,469244166	6585,16
0,02	7,52	19,76	159,40	64,00	0,81	8,00	Areia compacta	198	150	134,3102215	8,438960101	6576,72
0,02	7,54	19,90	157,50	64,60	0,79	8,00	Areia compacta	199	150	135,2524392	8,49816139	6568,23
0,02	7,56	20,50	159,80	64,90	0,78	8,00	Areia compacta	205	150	139,3625754	8,756408861	6559,47
0,02	7,58	20,98	165,90	65,00	0,79	8,00	Areia compacta	210	150	142,6263471	8,961477684	6550,51
0,02	7,60	21,50	174,90	64,40	0,81	8,00	Areia compacta	215	150	146,1600037	9,183503876	6541,32
0,02	7,62	21,97	180,90	64,30	0,82	8,00	Areia compacta	220	150	149,324523	9,382336488	6531,94

0,02	7,64	21,89	184,70	64,60	0,84	8,00	Areia compacta	219	150	148,8404977	9,351924282	6522,59
0,02	7,66	21,28	186,80	65,10	0,88	8,00	Areia compacta	213	150	144,6807354	9,090558706	6513,50
0,02	7,68	20,53	184,30	65,60	0,90	8,00	Areia compacta	205	150	139,5515628	8,76828329	6504,73
0,02	7,70	20,00	177,50	66,00	0,89	8,00	Areia compacta	200	150	135,9492453	8,541943008	6496,19
0,02	7,72	19,72	169,30	66,50	0,86	8,00	Areia compacta	197	150	134,0770464	8,424309277	6487,76
0,02	7,74	19,48	164,00	66,80	0,84	8,00	Areia compacta	195	150	132,454338	8,322351501	6479,44
0,02	7,76	19,43	160,60	67,10	0,83	8,00	Areia compacta	194	150	132,0756833	8,29855993	6471,14
0,02	7,78	19,62	159,60	67,40	0,81	8,00	Areia compacta	196	150	133,3646046	8,379545243	6462,76
0,02	7,80	19,96	162,30	67,60	0,81	8,00	Areia compacta	200	150	135,6712027	8,524473074	6454,24
0,02	7,82	20,48	166,90	67,80	0,82	8,00	Areia compacta	205	150	139,2062189	8,746584693	6445,49
0,02	7,84	21,01	171,70	67,90	0,82	8,00	Areia compacta	210	150	142,8262115	8,974035534	6436,52
0,02	7,86	21,31	176,90	68,20	0,83	8,00	Areia compacta	213	150	144,8493284	9,101151722	6427,42
0,02	7,88	21,34	183,60	68,30	0,86	8,00	Areia compacta	213	150	145,0702669	9,115033698	6418,30
0,02	7,90	21,11	187,10	68,50	0,89	8,00	Areia compacta	211	150	143,5216579	9,017731723	6409,28
0,02	7,92	20,63	186,90	69,00	0,91	8,00	Areia compacta	206	150	140,258566	8,812705614	6400,47
0,02	7,94	20,09	184,00	69,50	0,92	8,00	Areia compacta	201	150	136,5821492	8,58170953	6391,89
0,02	7,96	19,56	179,70	69,90	0,92	8,00	Areia compacta	196	150	132,9886693	8,355924527	6383,53
0,02	7,98	19,21	175,20	70,40	0,91	8,00	Areia compacta	192	150	130,5699024	8,203948923	6375,33
0,02	8,00	19,21	170,50	70,90	0,89	8,00	Areia compacta	192	150	130,5889371	8,205144909	6367,13
0,02	8,02	19,62	163,70	71,10	0,83	8,00	Areia compacta	196	150	133,3863586	8,380912084	6358,74
0,02	8,04	20,14	149,30	70,60	0,74	8,00	Areia compacta	201	150	136,8982612	8,601571434	6350,14
0,02	8,06	20,66	134,80	68,90	0,65	8,00	Areia compacta	207	150	140,4156023	8,822572495	6341,32
0,02	8,08	20,98	128,40	66,80	0,61	8,00	Areia compacta	210	150	142,5937162	8,959427423	6332,36
0,02	8,10	21,09	141,20	63,80	0,67	8,00	Areia compacta	211	150	143,3822967	9,0089754	6323,35
0,02	8,12	20,91	152,60	65,50	0,73	8,00	Areia compacta	209	150	142,1219275	8,929784065	6314,42
0,02	8,14	20,44	164,90	68,50	0,81	8,00	Areia compacta	204	150	138,9608072	8,731165021	6305,69
0,02	8,16	19,98	172,60	71,50	0,86	8,00	Areia compacta	200	150	135,7990071	8,532503264	6297,16
0,02	8,18	19,59	173,20	72,90	0,88	8,00	Areia compacta	196	150	133,1715384	8,367414532	6288,79
0,02	8,20	19,38	173,60	73,00	0,90	8,00	Areia compacta	194	150	131,7296596	8,276818619	6280,51
0,02	8,22	19,47	172,30	73,10	0,89	8,00	Areia compacta	195	150	132,3442086	8,31543187	6272,20
0,02	8,24	19,72	172,40	73,10	0,87	8,00	Areia compacta	197	150	134,0539328	8,422857009	6263,78
0,02	8,26	19,90	174,10	71,20	0,87	8,00	Areia compacta	199	150	135,263996	8,498887524	6255,28
0,02	8,28	20,21	177,60	69,40	0,88	8,00	Areia compacta	202	150	137,3945231	8,632752489	6246,64
0,02	8,30	20,72	181,30	69,40	0,88	8,00	Areia compacta	207	150	140,8384447	8,849140462	6237,80
0,02	8,32	21,00	185,50	70,10	0,88	8,00	Areia compacta	210	150	142,781344	8,971216425	6228,82
0,02	8,34	20,98	189,80	70,70	0,90	8,00	Areia compacta	210	150	142,6365443	8,962118391	6219,86
0,02	8,36	20,69	191,10	71,40	0,92	8,00	Areia compacta	207	150	140,6752901	8,838889156	6211,02
0,02	8,38	20,12	189,30	72,10	0,94	8,00	Areia compacta	201	150	136,7555009	8,592601542	6202,43
0,02	8,40	19,50	185,30	72,70	0,95	8,00	Areia compacta	195	150	132,5658269	8,32935656	6194,10
0,02	8,42	18,98	179,00	73,40	0,94	8,00	Areia compacta	190	150	129,0423675	8,107971075	6185,99
0,02	8,44	18,63	172,40	74,10	0,93	8,00	Areia compacta	186	150	126,6637095	7,958515584	6178,03
0,02	8,46	18,43	168,00	74,50	0,91	8,00	Areia compacta	184	150	125,2660185	7,870696067	6170,16

0,02	8,48	18,44	165,90	75,00	0,90	8,00	Areia compacta	184	150	125,3734286	7,877444843	6162,29
0,02	8,50	18,88	167,10	75,50	0,89	8,00	Areia compacta	189	150	128,3190488	8,062523621	6154,22
0,02	8,52	19,60	172,00	75,90	0,88	8,00	Areia compacta	196	150	133,2551551	8,372668326	6145,85
0,02	8,54	20,54	179,40	75,80	0,87	8,00	Areia compacta	205	150	139,6610123	8,775160207	6137,08
0,02	8,56	21,60	189,10	75,50	0,88	8,00	Areia compacta	216	150	146,8676867	9,227968913	6127,85
0,02	8,58	22,39	199,60	75,70	0,89	8,00	Areia compacta	224	150	152,2388719	9,565450432	6118,28
0,02	8,60	22,83	208,80	75,80	0,91	8,00	Areia compacta	228	150	155,2035269	9,751725196	6108,53
0,02	8,62	23,09	215,70	76,10	0,93	8,00	Areia compacta	231	150	156,9526801	9,861627733	6098,67
0,02	8,64	23,02	216,10	76,50	0,94	8,00	Areia compacta	230	150	156,4754529	9,831642665	6088,84
0,02	8,66	22,57	212,80	76,80	0,94	8,00	Areia compacta	226	150	153,4312601	9,64037039	6079,20
0,02	8,68	21,89	206,30	77,20	0,94	8,00	Areia compacta	219	150	148,8126254	9,350173017	6069,85
0,02	8,70	21,56	202,80	77,60	0,94	8,00	Areia compacta	216	150	146,5447766	9,207679871	6060,64
0,02	8,72	21,91	201,30	77,50	0,92	8,00	Areia compacta	219	150	148,9778195	9,360552464	6051,28
0,02	8,74	23,25	202,90	76,70	0,87	8,00	Areia compacta	233	150	158,0587323	9,931123042	6041,35
0,02	8,76	25,04	206,80	75,90	0,83	8,00	Areia compacta	250	150	170,244341	10,69676742	6030,65
0,02	8,78	25,93	214,00	74,20	0,83	8,00	Areia compacta	259	150	176,2966966	11,07704814	6019,57
0,02	8,80	26,17	223,10	70,50	0,85	8,00	Areia compacta	262	150	177,9071684	11,17823707	6008,40
0,02	8,82	26,27	230,10	69,70	0,88	8,00	Areia compacta	263	150	178,5856196	11,22086541	5997,17
0,02	8,84	26,45	230,30	69,50	0,87	8,00	Areia compacta	265	150	179,8371513	11,29950147	5985,88
0,02	8,86	26,52	229,90	70,90	0,87	8,00	Areia compacta	265	150	180,2933044	11,32816241	5974,55
0,02	8,88	26,28	231,30	72,50	0,88	8,00	Areia compacta	263	150	178,6508815	11,22496594	5963,32
0,02	8,90	25,94	233,50	74,10	0,90	8,00	Areia compacta	259	150	176,3578796	11,08089238	5952,24
0,02	8,92	25,96	236,10	75,40	0,91	8,00	Areia compacta	260	150	176,482285	11,088709	5941,15
0,02	8,94	26,45	237,80	76,70	0,90	8,00	Areia compacta	264	150	179,7970425	11,29698136	5929,86
0,02	8,96	26,94	241,50	77,90	0,90	8,00	Areia compacta	269	150	183,136953	11,50683412	5918,35
0,02	8,98	26,83	248,10	78,50	0,92	8,00	Areia compacta	268	150	182,4129545	11,46134395	5906,89
0,02	9,00	26,23	253,80	79,00	0,97	8,00	Areia compacta	262	150	178,293301	11,20249849	5895,68
0,02	9,02	25,82	251,40	79,40	0,97	8,00	Areia compacta	258	150	175,5502644	11,03014842	5884,65
0,02	9,04	25,06	216,10	79,90	0,86	8,00	Areia compacta	251	150	170,3435934	10,70300363	5873,95
0,02	9,06	23,97	180,80	80,00	0,75	8,00	Areia compacta	240	150	162,9588086	10,23900392	5863,71
0,02	9,08	22,94	172,50	80,30	0,75	8,00	Areia compacta	229	150	155,9581169	9,799137484	5853,91
0,02	9,10	21,97	173,40	80,40	0,79	8,00	Areia compacta	220	150	149,3374394	9,38314805	5844,53
0,02	9,12	20,77	175,00	80,70	0,84	8,00	Areia compacta	208	150	141,1769904	8,870411921	5835,66
0,02	9,14	20,11	175,10	81,30	0,87	8,00	Areia compacta	201	150	136,6881997	8,588372879	5827,07
0,02	9,16	19,45	174,30	82,00	0,90	8,00	Areia compacta	194	150	132,1994089	8,306333836	5818,77
0,02	9,18	19,58	173,30	82,50	0,89	8,00	Areia compacta	196	150	133,1049169	8,363228582	5810,40
0,02	9,20	19,75	177,50	80,60	0,90	8,00	Areia compacta	198	150	134,2803098	8,437080695	5801,97
0,02	9,22	19,81	179,20	76,40	0,90	8,00	Areia compacta	198	150	134,6922751	8,462965242	5793,50
0,02	9,24	19,50	179,20	74,90	0,92	8,00	Areia compacta	195	150	132,5916597	8,330979683	5785,17
0,02	9,26	18,89	177,20	75,60	0,94	8,00	Areia compacta	189	150	128,4448138	8,070425669	5777,10
0,02	9,28	18,18	173,80	77,10	0,96	8,00	Areia compacta	182	150	123,5726097	7,764296059	5769,34
0,02	9,30	17,71	168,50	78,40	0,95	8,00	Areia compacta	177	150	120,4006125	7,564993595	5761,77

0,02	9,32	17,61	163,90	79,60	0,93	8,00	Areia compacta	176	150	119,7167228	7,522023539	5754,25
0,02	9,34	17,86	162,20	80,90	0,91	8,00	Areia compacta	179	150	121,437324	7,630132099	5746,62
0,02	9,36	18,22	164,30	81,10	0,90	8,00	Areia compacta	182	150	123,8343369	7,780740862	5738,84
0,02	9,38	18,49	167,70	79,10	0,91	8,00	Areia compacta	185	150	125,724211	7,89948515	5730,94
0,02	9,40	18,73	171,00	78,80	0,91	8,00	Areia compacta	187	150	127,3577963	8,002126346	5722,94
0,02	9,42	18,53	174,70	79,60	0,94	8,00	Areia compacta	185	150	125,990017	7,916186235	5715,02
0,02	9,44	18,27	174,30	80,90	0,95	8,00	Areia compacta	183	150	124,2259079	7,805343995	5707,22
0,02	9,46	18,11	172,30	82,00	0,95	8,00	Areia compacta	181	150	123,133452	7,736702962	5699,48
0,02	9,48	17,71	171,20	81,70	0,97	8,00	Areia compacta	177	150	120,3720605	7,563199617	5691,92
0,02	9,50	17,35	169,80	81,30	0,98	8,00	Areia compacta	174	150	117,9600917	7,41165115	5684,50
0,02	9,52	17,23	166,40	81,20	0,97	8,00	Areia compacta	172	150	117,1490774	7,360693619	5677,14
0,02	9,54	17,25	164,10	80,30	0,95	8,00	Areia compacta	173	150	117,2707635	7,368339385	5669,77
0,02	9,56	16,68	163,00	77,90	0,98	8,00	Areia compacta	167	150	113,3659303	7,122991474	5662,65
0,02	9,58	15,77	157,40	73,50	1,00	8,00	Areia compacta	158	150	107,1823711	6,734466996	5655,92
0,02	9,60	14,79	148,80	73,30	1,01	8,00	Areia compacta	148	150	100,5215848	6,315957449	5649,60
0,02	9,62	14,18	142,20	76,10	1,00	8,00	Areia compacta	142	150	96,38493607	6,056044142	5643,55
0,02	9,64	13,96	137,30	78,20	0,98	8,00	Areia compacta	140	150	94,93082075	5,964679382	5637,58
0,02	9,66	13,87	131,80	76,70	0,95	8,00	Areia compacta	139	150	94,32103046	5,926365127	5631,65
0,02	9,68	13,75	127,80	77,60	0,93	8,00	Areia compacta	137	150	93,4433947	5,871221647	5625,78
0,02	9,70	13,95	134,30	82,30	0,96	8,00	Areia compacta	139	150	94,80029708	5,956478337	5619,83
0,02	9,72	15,08	146,80	85,00	0,97	8,00	Areia compacta	151	150	102,5107113	6,440937949	5613,39
0,02	9,74	17,05	160,30	80,50	0,94	8,00	Areia compacta	170	150	115,8975457	7,282057564	5606,10
0,02	9,76	18,45	177,40	74,40	0,96	8,00	Areia compacta	184	150	125,4210153	7,880434807	5598,22
0,02	9,78	18,59	192,50	77,00	1,04	8,00	Areia compacta	186	150	126,3482773	7,9388696394	5590,28
0,02	9,80	18,21	199,30	79,40	1,09	8,00	Areia compacta	182	150	123,7785924	7,777238332	5582,51
0,02	9,82	18,03	198,20	82,10	1,10	8,00	Areia compacta	180	150	122,5739677	7,701549527	5574,81
0,02	9,84	18,74	195,20	86,00	1,04	8,00	Areia compacta	187	150	127,4210187	8,006098727	5566,80
0,02	9,86	21,57	197,80	90,50	0,92	8,00	Areia compacta	216	150	146,6304328	9,213061806	5557,59
0,02	9,88	25,18	209,50	89,60	0,83	8,00	Areia compacta	252	150	171,1838395	10,75579785	5546,83
0,02	9,90	27,93	226,00	63,40	0,81	8,00	Areia compacta	279	150	189,8976715	11,93162259	5534,90
0,02	9,92	29,81	244,70	50,40	0,82	8,00	Areia compacta	298	150	202,6176115	12,73084	5522,17
0,02	9,94	30,63	259,70	43,10	0,85	8,00	Areia compacta	306	150	208,2144939	13,08250249	5509,09
0,02	9,96	30,39	274,50	46,70	0,90	8,00	Areia compacta	304	150	206,561194	12,97862259	5496,11
0,02	9,98	29,78	281,10	51,40	0,94	8,00	Areia compacta	298	150	202,4700926	12,72157111	5483,39
0,02	10,00	28,96	270,80	56,20	0,94	8,00	Areia compacta	290	150	196,8779689	12,37020761	5471,02
0,02	10,02	27,69	252,10	61,00	0,91	8,00	Areia compacta	277	150	188,2294158	11,82680299	5459,19
0,02	10,04	26,19	233,40	64,90	0,89	8,00	Areia compacta	262	150	178,0098199	11,18468685	5448,00
0,02	10,06	24,45	214,70	68,70	0,88	8,00	Areia compacta	245	150	166,2388957	10,44509787	5437,56
0,02	10,08	22,70	198,40	72,20	0,87	8,00	Areia compacta	227	150	154,3354085	9,697179708	5427,86
0,02	10,10	21,02	190,70	76,30	0,91	8,00	Areia compacta	210	150	142,8873944	8,977879773	5418,88
0,02	10,12	19,57	181,50	80,40	0,93	8,00	Areia compacta	196	150	133,0498522	8,359768766	5410,52
0,02	10,14	18,12	169,40	84,60	0,93	8,00	Areia compacta	181	150	123,2129898	7,741700473	5402,78

0,02	10,16	16,68	154,70	88,80	0,93	8,00	Areia compacta	167	150	113,3754476	7,123589466	5395,66
0,02	10,18	15,27	143,20	91,10	0,94	8,00	Areia compacta	153	150	103,8404212	6,524486088	5389,13
0,02	10,20	13,93	131,60	91,20	0,94	8,00	Areia compacta	139	150	94,70240432	5,950327554	5383,18
0,02	10,22	12,49	120,00	91,30	0,96	8,00	Areia compacta	125	150	84,92944414	5,336274355	5377,85
0,02	10,24	11,06	108,70	92,70	0,98	8,00	Areia compacta	111	150	75,19659279	4,72474127	5373,12
0,02	10,26	9,40	98,80	96,20	1,05	8,00	Areia compacta	94	150	63,92464977	4,016504202	5369,11
0,02	10,28	7,74	88,40	102,30	1,14	8,00	Areia compacta	77	150	52,59968151	3,30493546	5365,80
0,02	10,30	6,43	78,40	109,80	1,22	8,00	Areia compacta	64	150	43,70639651	2,746153884	5363,06
0,02	10,32	5,49	68,70	117,20	1,25	8,00	Areia compacta	55	150	37,34268753	2,346310256	5360,71
0,02	10,34	4,77	63,30	123,70	1,33	8,00	Areia compacta	48	150	32,44397084	2,038514809	5358,67
0,02	10,36	4,28	61,90	130,20	1,45	8,00	Areia compacta	43	150	29,09930166	1,828363047	5356,84
0,02	10,38	3,88	62,90	137,60	1,62	8,00	Areia compacta	39	150	26,36918146	1,656824535	5355,19
0,02	10,40	3,64	62,50	145,30	1,72	8,00	Areia compacta	36	150	24,73763552	1,55431148	5353,63
0,02	10,42	3,51	57,50	151,80	1,64	8,00	Areia compacta	35	150	23,88515276	1,500748409	5352,13
0,02	10,44	3,45	52,60	156,30	1,52	8,00	Areia compacta	35	150	23,45415271	1,473667877	5350,66
0,02	10,46	3,50	49,80	158,10	1,42	8,00	Areia compacta	35	150	23,76618587	1,493273499	5349,16
0,02	10,48	4,11	48,40	139,70	1,18	8,00	Areia compacta	41	150	27,91779048	1,754126509	5347,41
0,02	10,50	5,33	47,70	109,20	0,89	8,00	Areia compacta	53	150	36,2590691	2,278224502	5345,13
0,02	10,52	5,88	47,30	88,50	0,80	8,00	Areia compacta	59	150	39,98919101	2,512594974	5342,62
0,02	10,54	5,65	47,10	94,20	0,83	8,00	Areia compacta	57	150	38,41202993	2,413499021	5340,20
0,02	10,56	5,17	45,80	98,40	0,89	8,00	Areia compacta	52	150	35,16797275	2,209668897	5338,00
0,02	10,58	4,61	45,00	101,60	0,98	8,00	Areia compacta	46	150	31,33995809	1,969147642	5336,03
0,02	10,60	4,15	43,70	105,00	1,05	8,00	Areia compacta	41	150	28,20331102	1,772066294	5334,25
0,02	10,62	3,73	42,70	109,10	1,14	8,00	Areia compacta	37	150	25,37665768	1,594462427	5332,66
0,02	10,64	3,37	40,80	113,60	1,21	8,00	Areia compacta	34	150	22,88311163	1,437788308	5331,22
0,02	10,66	3,05	38,90	119,00	1,28	8,00	Areia compacta	31	150	20,73490947	1,302812786	5329,92
0,02	10,68	2,80	36,90	125,00	1,32	8,00	Areia compacta	28	150	19,04150075	1,196412777	5328,72
0,02	10,70	2,57	35,00	131,10	1,36	8,00	Areia compacta	26	150	17,44666459	1,096206266	5327,63
0,02	10,72	2,37	34,50	137,10	1,45	8,00	Areia compacta	24	150	16,12851144	1,013384261	5326,61
0,02	10,74	2,19	33,40	143,90	1,52	8,00	Areia compacta	22	150	14,8932952	0,935773336	5325,68
0,02	10,76	2,06	30,50	150,80	1,48	8,00	Areia compacta	21	150	14,02857585	0,881441416	5324,80
0,02	10,78	1,99	28,30	156,70	1,42	8,00	Areia compacta	20	150	13,51191963	0,848978949	5323,95
0,02	10,80	1,99	26,90	161,40	1,35	8,00	Areia compacta	20	150	13,52619566	0,849875938	5323,10
0,02	10,82	2,08	23,60	156,80	1,14	8,00	Areia compacta	21	150	14,11083296	0,886609783	5322,21
0,02	10,84	2,30	22,20	141,70	0,97	8,00	Areia compacta	23	150	15,6043773	0,980451942	5321,23
0,02	10,86	2,59	21,70	134,50	0,84	8,00	Areia compacta	26	150	17,58806524	1,105090731	5320,12
0,02	10,88	2,95	22,10	132,50	0,75	8,00	Areia compacta	29	150	20,02042831	1,25792061	5318,87
0,02	10,90	3,26	24,00	121,00	0,74	8,00	Areia compacta	33	150	22,15571406	1,392084571	5317,47
0,02	10,92	3,40	26,00	125,50	0,76	8,00	Areia compacta	34	150	23,13464163	1,453592404	5316,02
0,02	10,94	3,44	28,60	128,90	0,83	8,00	Areia compacta	34	150	23,40588614	1,470635199	5314,55
0,02	10,96	3,40	29,90	132,20	0,88	8,00	Areia compacta	34	150	23,12172522	1,452780842	5313,10
0,02	10,98	3,35	27,90	135,60	0,83	8,00	Areia compacta	33	150	22,76686398	1,430484253	5311,67

0,02	11,00	3,27	25,70	139,50	0,78	8,00	Areia compacta	33	150	22,25768569	1,398491637	5310,27
0,02	11,02	3,22	24,70	143,20	0,77	6,00	Areia fofa	32	60	54,74176537	3,439526558	5306,83
0,02	11,04	3,16	25,10	147,20	0,80	6,00	Areia fofa	32	60	53,62687564	3,369475971	5303,46
0,02	11,06	3,05	24,40	148,60	0,80	6,00	Areia fofa	31	60	51,86616565	3,258847299	5300,20
0,02	11,08	3,05	25,50	128,30	0,84	6,00	Areia fofa	30	60	51,83387463	3,256818395	5296,94
0,02	11,10	3,06	26,20	108,00	0,86	6,00	Areia fofa	31	60	52,01232497	3,26803076	5293,68
0,02	11,12	2,98	27,00	104,80	0,91	6,00	Areia fofa	30	60	50,69179247	3,185059257	5290,49
0,02	11,14	2,77	27,90	111,20	1,01	6,00	Areia fofa	28	60	47,10748999	2,959850889	5287,53
0,02	11,16	2,64	27,20	118,80	1,03	6,00	Areia fofa	26	60	44,82332567	2,816332613	5284,71
0,02	11,18	2,60	25,90	125,80	1,00	6,00	Areia fofa	26	60	44,16051013	2,774686684	5281,94
0,02	11,20	2,67	23,70	131,70	0,89	6,00	Areia fofa	27	60	45,41985965	2,853813948	5279,09
0,02	11,22	2,76	22,70	133,50	0,82	6,00	Areia fofa	28	60	46,97832593	2,951735273	5276,13
0,02	11,24	2,97	24,10	113,20	0,81	6,00	Areia fofa	30	60	50,39437525	3,166371981	5272,97
0,02	11,26	3,07	26,70	111,00	0,87	6,00	Areia fofa	31	60	52,13129186	3,275505671	5269,69
0,02	11,28	2,96	30,40	116,90	1,03	6,00	Areia fofa	30	60	50,2278216	3,155907107	5266,54
0,02	11,30	2,60	34,90	124,30	1,34	6,00	Areia fofa	26	60	44,18600304	2,776288451	5263,76
0,02	11,32	2,29	36,50	131,30	1,59	6,00	Areia fofa	23	60	38,96845508	2,448460244	5261,31
0,02	11,34	2,02	33,30	139,20	1,64	6,00	Areia fofa	20	60	34,40862408	2,161957613	5259,15
0,02	11,36	1,87	30,00	148,50	1,60	6,00	Areia fofa	19	60	31,76925862	1,99612139	5257,15
0,02	11,38	1,77	25,60	160,30	1,45	6,00	Areia fofa	18	60	30,06123396	1,888803035	5255,26
0,02	11,40	1,82	25,00	167,80	1,37	6,00	Areia fofa	18	60	31,00447146	1,948068395	5253,32
0,02	11,42	1,88	26,50	167,00	1,41	6,00	Areia fofa	19	60	31,9884976	2,009896581	5251,31
0,02	11,44	1,86	27,20	156,90	1,46	6,00	Areia fofa	19	60	31,5857097	1,984588671	5249,32
0,02	11,46	1,67	25,30	158,10	1,51	6,00	Areia fofa	17	60	28,4602795	1,7882121	5247,53
0,02	11,48	1,43	23,70	165,60	1,66	6,00	Areia fofa	14	60	24,33722695	1,529153068	5246,01
0,02	11,50	1,32	21,80	176,90	1,66	6,00	Areia fofa	13	60	22,3589775	1,404855989	5244,60
0,02	11,52	1,34	20,30	188,80	1,52	6,00	Areia fofa	13	60	22,73967155	1,428775702	5243,17
0,02	11,54	1,53	19,20	189,70	1,26	6,00	Areia fofa	15	60	25,99936438	1,633588242	5241,54
0,02	11,56	2,03	19,50	165,10	0,96	6,00	Areia fofa	20	60	34,54628577	2,170607152	5239,37
0,02	11,58	2,12	23,40	150,40	1,10	6,00	Areia fofa	21	60	36,10985063	2,268848829	5237,10
0,02	11,60	1,97	27,20	151,00	1,38	6,00	Areia fofa	20	60	33,43649462	2,100876917	5235,00
0,02	11,62	1,78	26,00	153,90	1,46	6,00	Areia fofa	18	60	30,19039801	1,896918652	5233,10
0,02	11,64	1,40	25,50	162,70	1,82	6,00	Areia fofa	14	60	23,85796033	1,499039858	5231,60
0,02	11,66	1,16	23,60	170,70	2,03	6,00	Areia fofa	12	60	19,74850399	1,240835101	5230,36
0,02	11,68	0,96	19,20	185,60	2,00	6,00	Areia fofa	10	60	16,2899665	1,023528782	5229,34
0,02	11,70	0,73	16,60	208,00	2,26	6,00	Areia fofa	7	60	12,47622787	0,783904516	5228,55
0,02	11,72	0,70	13,60	227,70	1,95	6,00	Areia fofa	7	60	11,87289577	0,745996043	5227,81
0,02	11,74	0,78	12,70	246,60	1,62	6,00	Areia fofa	8	60	13,302198	0,83580175	5226,97
0,02	11,76	0,98	15,90	255,10	1,62	6,00	Areia fofa	10	60	16,68765583	1,048516339	5225,92
0,02	11,78	1,20	16,60	252,90	1,39	6,00	Areia fofa	12	60	20,3467375	1,278423221	5224,64
0,02	11,80	1,18	17,10	256,80	1,45	6,00	Areia fofa	12	60	20,10540467	1,263259832	5223,38
0,02	11,82	1,08	17,50	263,10	1,62	6,00	Areia fofa	11	60	18,34129562	1,152417591	5222,23

0,02	11,84	0,89	16,60	276,10	1,87	6,00	Areia fofa	9	60	15,09519901	0,948459326	5221,28
0,02	11,86	0,74	14,00	284,30	1,89	6,00	Areia fofa	7	60	12,56970185	0,78977766	5220,49
0,02	11,88	0,71	10,40	301,50	1,47	6,00	Areia fofa	7	60	12,02415368	0,755499857	5219,74
0,02	11,90	0,71	7,00	318,70	0,98	6,00	Areia fofa	7	60	12,13122388	0,762227276	5218,97
0,02	11,92	0,75	6,40	331,40	0,85	6,00	Areia fofa	7	60	12,73965455	0,800456103	5218,17
0,02	11,94	0,80	8,60	346,70	1,08	6,00	Areia fofa	8	60	13,56732421	0,852460122	5217,32
0,02	11,96	0,87	12,60	352,30	1,45	6,00	Areia fofa	9	60	14,73999786	0,92614138	5216,39
0,02	11,98	0,93	16,70	350,10	1,80	6,00	Areia fofa	9	60	15,74101927	0,98903741	5215,40
0,02	12,00	0,95	17,40	344,80	1,83	6,00	Areia fofa	10	60	16,18119677	1,016694578	5214,39
0,02	12,02	0,90	17,10	355,80	1,91	6,00	Areia fofa	9	60	15,24305786	0,957749572	5213,43
0,02	12,04	0,91	17,80	312,10	1,95	6,00	Areia fofa	9	60	15,47759259	0,972485823	5212,46
0,02	12,06	0,99	17,20	242,00	1,74	6,00	Areia fofa	10	60	16,77943028	1,054282698	5211,40
0,02	12,08	1,06	15,20	172,00	1,43	6,00	Areia fofa	11	60	18,07956846	1,135972789	5210,27
0,02	12,10	1,04	14,90	174,40	1,44	6,00	Areia fofa	10	60	17,60370089	1,106073148	5209,16
0,02	12,12	1,02	14,90	190,00	1,46	6,00	Areia fofa	10	60	17,34537278	1,089841914	5208,07
0,02	12,14	1,03	12,60	204,30	1,22	6,00	Areia fofa	10	60	17,57650846	1,104364597	5206,97
0,02	12,16	1,01	11,40	218,30	1,13	6,00	Areia fofa	10	60	17,17542008	1,079163471	5205,89
0,02	12,18	1,02	13,80	233,90	1,36	6,00	Areia fofa	10	60	17,26379549	1,084716261	5204,80
0,02	12,20	1,11	15,00	254,10	1,35	6,00	Areia fofa	11	60	18,88514426	1,18658861	5203,62
0,02	12,22	1,24	15,70	268,10	1,27	6,00	Areia fofa	12	60	21,06563743	1,323593036	5202,29
0,02	12,24	1,22	18,30	282,10	1,50	6,00	Areia fofa	12	60	20,75292446	1,303944701	5200,99
0,02	12,26	1,08	21,40	297,50	1,99	6,00	Areia fofa	11	60	18,28011264	1,148573352	5199,84
0,02	12,28	1,00	24,80	315,70	2,48	6,00	Areia fofa	10	60	16,99187116	1,067630752	5198,77
0,02	12,30	1,18	19,00	325,60	1,61	6,00	Areia fofa	12	60	20,02722642	1,258347748	5197,51
0,02	12,32	1,39	16,80	321,90	1,21	6,00	Areia fofa	14	60	23,63192324	1,484837529	5196,03
0,02	12,34	1,34	20,60	313,20	1,54	6,00	Areia fofa	13	60	22,79405641	1,432192804	5194,60
0,02	12,36	1,54	25,10	317,80	1,63	6,00	Areia fofa	15	60	26,1829133	1,645120961	5192,95
0,02	12,38	2,25	31,80	264,50	1,41	6,00	Areia fofa	22	60	38,2274613	2,401902232	5190,55
0,02	12,40	2,78	38,10	187,50	1,37	6,00	Areia fofa	28	60	47,19246634	2,965190111	5187,59
0,02	12,42	2,59	44,20	178,10	1,71	6,00	Areia fofa	26	60	43,94636973	2,761231846	5184,82
0,02	12,44	2,30	43,40	183,40	1,89	6,00	Areia fofa	23	60	39,01434231	2,451343424	5182,37
0,02	12,46	2,04	44,10	189,00	2,16	6,00	Areia fofa	20	60	34,6737503	2,178615984	5180,19
0,02	12,48	1,75	40,80	201,00	2,33	6,00	Areia fofa	17	60	29,69753518	1,865951167	5178,33
0,02	12,50	1,55	38,20	214,50	2,46	6,00	Areia fofa	16	60	26,36476269	1,656546895	5176,67
0,02	12,52	1,42	32,10	243,40	2,26	6,00	Areia fofa	14	60	24,16727425	1,518474625	5175,15
0,02	12,54	1,33	26,50	247,00	2,00	6,00	Areia fofa	13	60	22,53912736	1,416175139	5173,74
0,02	12,56	1,24	27,60	277,90	2,22	6,00	Areia fofa	12	60	21,10472655	1,326049078	5172,41
0,02	12,58	1,24	27,40	285,30	2,21	6,00	Areia fofa	12	60	21,02994737	1,321350563	5171,09
0,02	12,60	1,33	27,30	312,60	2,05	6,00	Areia fofa	13	60	22,65979378	1,423756833	5169,67
0,02	12,62	1,55	33,80	277,30	2,18	6,00	Areia fofa	15	60	26,31887546	1,653663716	5168,01
0,02	12,64	1,81	36,20	233,30	2,00	6,00	Areia fofa	18	60	30,80052821	1,935254263	5166,08
0,02	12,66	2,17	35,70	194,20	1,64	6,00	Areia fofa	22	60	36,92222454	2,319891788	5163,76

0,02	12,68	2,51	34,30	168,80	1,37	6,00	Areia fofa	25	60	42,61394054	2,677512851	5161,08
0,02	12,70	2,44	37,70	155,60	1,55	6,00	Areia fofa	24	60	41,41407446	2,602123042	5158,48
0,02	12,72	2,67	40,40	147,30	1,52	6,00	Areia fofa	27	60	45,30259229	2,846445822	5155,63
0,02	12,74	2,77	37,00	121,40	1,34	6,00	Areia fofa	28	60	47,08029755	2,958142338	5152,67
0,02	12,76	2,39	36,80	105,20	1,54	6,00	Areia fofa	24	60	40,68327784	2,556205736	5150,12
0,02	12,78	2,09	35,80	100,90	1,71	6,00	Areia fofa	21	60	35,5609034	2,234357458	5147,88
0,02	12,80	2,02	34,00	111,40	1,69	6,00	Areia fofa	20	60	34,29135672	2,154589487	5145,73
0,02	12,82	1,93	35,30	120,30	1,82	6,00	Areia fofa	19	60	32,88244881	2,066065193	5143,66
0,02	12,84	1,96	37,50	124,60	1,91	6,00	Areia fofa	20	60	33,3719126	2,096819109	5141,56
0,02	12,86	2,26	39,70	129,20	1,76	6,00	Areia fofa	23	60	38,41270974	2,413541735	5139,15
0,02	12,88	2,38	40,70	127,70	1,71	6,00	Areia fofa	24	60	40,37396393	2,536770969	5136,61
0,02	12,90	2,38	38,00	127,40	1,60	6,00	Areia fofa	24	60	40,41985116	2,539654149	5134,08
0,02	12,92	2,21	35,20	127,60	1,59	6,00	Areia fofa	22	60	37,59183819	2,361964854	5131,71
0,02	12,94	1,84	31,90	123,60	1,73	6,00	Areia fofa	18	60	31,33757875	1,968998144	5129,74
0,02	12,96	1,53	31,70	139,60	2,07	6,00	Areia fofa	15	60	26,05884782	1,637325698	5128,11
0,02	12,98	1,50	41,60	150,10	2,76	6,00	Areia fofa	15	60	25,57448262	1,606892134	5126,50
0,02	13,00	1,64	38,40	138,40	2,35	6,00	Areia fofa	16	60	27,79916349	1,746672956	5124,75
0,02	13,02	1,77	34,80	126,80	1,97	6,00	Areia fofa	18	60	30,02384436	1,886453778	5122,87
0,02	13,04	1,81	34,00	113,20	1,88	6,00	Areia fofa	18	60	30,70875375	1,929487904	5120,94
0,02	13,06	1,39	32,50	118,60	2,33	6,00	Areia fofa	14	60	23,65911567	1,486546079	5119,45
0,02	13,08	1,05	26,50	146,80	2,51	6,00	Areia fofa	11	60	17,92321197	1,126148621	5118,32
0,02	13,10	1,52	21,40	165,40	1,41	6,00	Areia fofa	15	60	25,78012539	1,619813051	5116,70
0,02	13,12	1,89	21,60	160,00	1,14	6,00	Areia fofa	19	60	32,06497632	2,014701881	5114,69
0,02	13,14	2,50	24,80	157,10	0,99	6,00	Areia fofa	25	60	42,53236324	2,672387198	5112,02
0,02	13,16	3,32	29,70	146,00	0,89	6,00	Areia fofa	33	60	56,47018435	3,548126326	5108,47
0,02	13,18	3,39	33,70	130,60	0,99	6,00	Areia fofa	34	60	57,66665137	3,623302566	5104,85
0,02	13,20	3,19	40,30	128,10	1,26	6,00	Areia fofa	32	60	54,16562571	3,403326636	5101,44
0,02	13,22	2,90	40,90	131,30	1,41	6,00	Areia fofa	29	60	49,20810538	3,091836447	5098,35
0,02	13,24	2,40	43,10	134,60	1,80	6,00	Areia fofa	24	60	40,71047028	2,557914287	5095,79
0,02	13,26	2,06	42,90	138,00	2,08	6,00	Areia fofa	21	60	34,98306421	2,198050751	5093,60
0,02	13,28	1,81	40,20	151,70	2,22	6,00	Areia fofa	18	60	30,76653767	1,933118575	5091,66
0,02	13,30	1,80	35,70	169,90	1,98	6,00	Areia fofa	18	60	30,63397456	1,924789389	5089,74
0,02	13,32	1,97	33,30	173,00	1,69	6,00	Areia fofa	20	60	33,49427854	2,104507588	5087,63
0,02	13,34	2,11	33,20	151,30	1,58	6,00	Areia fofa	21	60	35,78864002	2,248666571	5085,38
0,02	13,36	2,13	30,80	128,20	1,45	6,00	Areia fofa	21	60	36,15063928	2,271411656	5083,11
0,02	13,38	1,98	33,60	117,60	1,70	6,00	Areia fofa	20	60	33,62854118	2,112943558	5081,00
0,02	13,40	1,78	35,90	125,00	2,02	6,00	Areia fofa	18	60	30,19039801	1,896918652	5079,10
0,02	13,42	1,80	37,60	137,20	2,09	6,00	Areia fofa	18	60	30,57449112	1,921051934	5077,18
0,02	13,44	1,98	37,70	147,10	1,91	6,00	Areia fofa	20	60	33,61494496	2,112089283	5075,07
0,02	13,46	2,18	37,50	136,10	1,72	6,00	Areia fofa	22	60	37,0700834	2,329182033	5072,74
0,02	13,48	2,23	39,00	119,10	1,75	6,00	Areia fofa	22	60	37,91134927	2,382040327	5070,36
0,02	13,50	2,50	41,20	114,30	1,65	6,00	Areia fofa	25	60	42,55445709	2,673775396	5067,68

0,02	13,52	3,10	45,70	113,90	1,47	6,00	Areia fofa	31	60	52,6870372	3,31042418	5064,37
0,02	13,54	2,91	41,40	113,00	1,42	6,00	Areia fofa	29	60	49,43754153	3,106252346	5061,27
0,02	13,56	2,56	40,80	117,50	1,60	6,00	Areia fofa	26	60	43,4229154	2,728342241	5058,54
0,02	13,58	2,41	39,90	115,20	1,66	6,00	Areia fofa	24	60	40,88042298	2,56859273	5055,97
0,02	13,60	2,47	42,00	114,80	1,70	6,00	Areia fofa	25	60	42,04629852	2,641846851	5053,33
0,02	13,62	2,82	42,40	119,00	1,50	6,00	Areia fofa	28	60	47,894371	3,009292081	5050,32
0,02	13,64	3,28	43,40	114,50	1,32	6,00	Areia fofa	33	60	55,81586644	3,50701432	5046,81
0,02	13,66	3,47	42,60	108,20	1,23	6,00	Areia fofa	35	60	58,9073061	3,701255202	5043,11
0,02	13,68	3,38	41,30	106,80	1,22	6,00	Areia fofa	34	60	57,46270813	3,610488434	5039,50
0,02	13,70	3,48	42,80	107,20	1,23	6,00	Areia fofa	35	60	59,10615076	3,71374898	5035,79
0,02	13,72	3,69	45,00	102,20	1,22	6,00	Areia fofa	37	60	62,72784284	3,941306605	5031,85
0,02	13,74	4,27	46,70	92,80	1,09	6,00	Areia fofa	43	60	72,49672416	4,555103521	5027,29
0,02	13,76	4,58	50,30	88,50	1,10	6,00	Areia fofa	46	60	77,84003712	4,890833775	5022,40
0,02	13,78	4,42	53,00	83,50	1,20	6,00	Areia fofa	44	60	75,08850287	4,71794978	5017,68
0,02	13,80	4,22	48,30	83,50	1,14	6,00	Areia fofa	42	60	71,69794646	4,504914838	5013,18
0,02	13,82	3,67	51,60	86,10	1,41	6,00	Areia fofa	37	60	62,41512987	3,921658269	5009,26
0,02	13,84	3,23	53,70	88,40	1,66	6,00	Areia fofa	32	60	54,95590577	3,452981397	5005,80
0,02	13,86	3,25	51,00	94,40	1,57	6,00	Areia fofa	33	60	55,28391449	3,473590792	5002,33
0,02	13,88	3,20	43,20	93,00	1,35	6,00	Areia fofa	32	60	54,40525902	3,418383241	4998,91
0,02	13,90	2,96	35,30	91,10	1,19	6,00	Areia fofa	30	60	50,32299511	3,161887035	4995,75
0,02	13,92	3,11	28,40	96,00	0,91	6,00	Areia fofa	31	60	52,80430456	3,317792306	4992,43
0,02	13,94	3,49	28,10	94,30	0,80	6,00	Areia fofa	35	60	59,35088265	3,729125938	4988,70
0,02	13,96	4,09	31,00	84,00	0,76	6,00	Areia fofa	41	60	69,45966937	4,364279741	4984,34
0,02	13,98	4,48	32,70	88,60	0,73	6,00	Areia fofa	45	60	76,11501719	4,782447577	4979,56
0,02	14,00	4,87	34,20	93,10	0,70	6,00	Areia fofa	49	60	82,76866548	5,200508628	4974,35
0,02	14,02	5,23	38,20	97,40	0,73	6,00	Areia fofa	52	60	88,89715992	5,585573291	4968,77
0,02	14,04	5,36	42,00	101,40	0,78	6,00	Areia fofa	54	60	91,01986917	5,718947046	4963,05
0,02	14,06	5,22	45,70	104,40	0,88	6,00	Areia fofa	52	60	88,63373323	5,569021704	4957,48
0,02	14,08	4,97	48,70	105,40	0,98	6,00	Areia fofa	50	60	84,44100007	5,30558451	4952,18
0,02	14,10	4,72	49,90	109,70	1,06	6,00	Areia fofa	47	60	80,13269907	5,034885974	4947,14
0,02	14,12	4,50	48,20	114,20	1,07	6,00	Areia fofa	45	60	76,50080982	4,806687643	4942,33
0,02	14,14	4,26	45,30	119,20	1,06	6,00	Areia fofa	43	60	72,38965396	4,548376101	4937,79
0,02	14,16	4,08	43,10	124,70	1,06	6,00	Areia fofa	41	60	69,39678687	4,360328717	4933,43
0,02	14,18	4,31	47,80	119,80	1,11	6,00	Areia fofa	43	60	73,32439382	4,607107539	4928,82
0,02	14,20	4,54	52,80	94,00	1,16	6,00	Areia fofa	45	60	77,1279353	4,846091098	4923,97
0,02	14,22	4,43	52,70	88,20	1,19	6,00	Areia fofa	44	60	75,29074659	4,730657127	4919,24
0,02	14,24	4,24	51,80	82,60	1,22	6,00	Areia fofa	42	60	72,09903484	4,530115964	4914,71
0,02	14,26	3,91	56,70	86,60	1,45	6,00	Areia fofa	39	60	66,39032357	4,171427056	4910,54
0,02	14,28	3,67	58,10	94,40	1,58	6,00	Areia fofa	37	60	62,3165573	3,915464772	4906,62
0,02	14,30	3,68	54,70	105,00	1,48	6,00	Areia fofa	37	60	62,61907311	3,934472401	4902,69
0,02	14,32	3,55	58,60	105,10	1,65	6,00	Areia fofa	35	60	60,26692771	3,786682747	4898,90
0,02	14,34	3,41	63,50	98,10	1,86	6,00	Areia fofa	34	60	57,97766482	3,642844117	4895,26

0,02	14,36	3,36	58,90	103,40	1,75	6,00	Areia fofa	34	60	57,12620178	3,589345117	4891,67
0,02	14,38	3,39	52,90	97,50	1,56	6,00	Areia fofa	34	60	57,69044475	3,624797548	4888,05
0,02	14,40	3,23	48,50	94,20	1,50	6,00	Areia fofa	32	60	54,86753037	3,447428606	4884,60
0,02	14,42	3,15	59,60	97,10	1,89	6,00	Areia fofa	32	60	53,58098841	3,366592791	4881,23
0,02	14,44	3,18	58,40	85,70	1,84	6,00	Areia fofa	32	60	53,99227395	3,392434624	4877,84
0,02	14,46	3,15	52,70	92,60	1,67	6,00	Areia fofa	31	60	53,50111064	3,361573923	4874,48
0,02	14,48	3,12	49,10	94,70	1,58	6,00	Areia fofa	31	60	52,97765632	3,328684318	4871,15
0,02	14,50	2,94	45,20	100,50	1,54	6,00	Areia fofa	29	60	49,98139018	3,140423364	4868,01
0,02	14,52	3,14	40,70	115,40	1,30	6,00	Areia fofa	31	60	53,4042376	3,35548721	4864,65
0,02	14,54	4,30	37,10	109,80	0,86	6,00	Areia fofa	43	60	73,05586855	4,590235599	4860,06
0,02	14,56	5,45	36,70	82,10	0,67	6,00	Areia fofa	55	60	92,68710518	5,823702574	4854,24
0,02	14,58	5,86	39,60	68,60	0,68	6,00	Areia fofa	59	60	99,61097826	6,258742351	4847,98
0,02	14,60	5,57	43,10	69,30	0,77	6,00	Areia fofa	56	60	94,61436882	5,94479612	4842,04
0,02	14,62	5,02	47,10	72,10	0,94	6,00	Areia fofa	50	60	85,26527068	5,357374959	4836,68
0,02	14,64	4,57	49,50	75,90	1,08	6,00	Areia fofa	46	60	77,60720192	4,876204308	4831,80
0,02	14,66	4,40	50,90	80,10	1,16	6,00	Areia fofa	44	60	74,81147997	4,700543917	4827,10
0,02	14,68	4,34	48,50	85,20	1,12	6,00	Areia fofa	43	60	73,70848693	4,631240821	4822,47
0,02	14,70	4,32	46,20	88,00	1,07	6,00	Areia fofa	43	60	73,38557679	4,610951779	4817,86
0,02	14,72	4,38	47,30	90,10	1,08	6,00	Areia fofa	44	60	74,46307693	4,678653109	4813,18
0,02	14,74	4,46	49,80	90,70	1,12	6,00	Areia fofa	45	60	75,80400375	4,762906026	4808,42
0,02	14,76	4,44	48,30	76,40	1,09	6,00	Areia fofa	44	60	75,40801395	4,738025253	4803,68
0,02	14,78	4,10	48,20	77,50	1,18	6,00	Areia fofa	41	60	69,63302113	4,375171753	4799,30
0,02	14,80	3,60	56,50	84,70	1,57	6,00	Areia fofa	36	60	61,22036237	3,846588814	4795,46
0,02	14,82	3,29	69,40	94,60	2,11	6,00	Areia fofa	33	60	55,91783807	3,513421385	4791,94
0,02	14,84	3,25	70,10	99,00	2,16	6,00	Areia fofa	32	60	55,21423388	3,469212631	4788,48
0,02	14,86	3,02	63,50	99,50	2,10	6,00	Areia fofa	30	60	51,28322788	3,222220239	4785,25
0,02	14,88	2,61	58,70	105,10	2,25	6,00	Areia fofa	26	60	44,28627513	2,782588732	4782,47
0,02	14,90	2,17	53,90	115,20	2,48	6,00	Areia fofa	22	60	36,88313542	2,317435746	4780,15
0,02	14,92	1,82	52,50	137,60	2,88	6,00	Areia fofa	18	60	31,0010724	1,947854826	4778,21
0,02	14,94	1,81	46,40	166,90	2,56	6,00	Areia fofa	18	60	30,75464098	1,932371084	4776,27
0,02	14,96	1,98	44,20	167,40	2,23	6,00	Areia fofa	20	60	33,66423124	2,115186031	4774,16
0,02	14,98	2,11	42,60	162,50	2,02	6,00	Areia fofa	21	60	35,82942867	2,251229398	4771,91
0,02	15,00	2,24	43,90	157,70	1,96	6,00	Areia fofa	22	60	37,9946261	2,387272764	4769,52
0,02	15,02	2,32	55,00	156,90	2,37	6,00	Areia fofa	23	60	39,50720514	2,482310909	4767,04
0,02	15,04	2,63	44,70	146,30	1,70	6,00	Areia fofa	26	60	44,7247531	2,810139116	4764,23
0,02	15,06	2,70	44,00	148,50	1,63	6,00	Areia fofa	27	60	45,93141729	2,885956062	4761,34
0,02	15,08	2,48	39,80	145,50	1,60	6,00	Areia fofa	25	60	42,18905879	2,650816743	4758,69
0,02	15,10	2,46	35,20	151,60	1,43	6,00	Areia fofa	25	60	41,82705953	2,628071659	4756,06
0,02	15,12	3,12	33,20	155,70	1,06	6,00	Areia fofa	31	60	52,98785348	3,329325024	4752,73
0,02	15,14	3,83	35,80	113,90	0,94	6,00	Areia fofa	38	60	65,05619486	4,087601277	4748,65
0,02	15,16	4,02	39,20	85,20	0,98	6,00	Areia fofa	40	60	68,29039478	4,290812051	4744,35
0,02	15,18	3,79	40,90	73,70	1,08	6,00	Areia fofa	38	60	64,49535094	4,052362414	4740,30

0,02	15,20	3,37	40,50	76,30	1,20	6,00	Areia fofa	34	60	57,18908428	3,593296141	4736,71
0,02	15,22	3,05	39,80	81,90	1,31	6,00	Areia fofa	30	60	51,77099213	3,252867371	4733,46
0,02	15,24	3,22	40,10	90,40	1,25	6,00	Areia fofa	32	60	54,70437577	3,437177301	4730,02
0,02	15,26	3,76	40,60	98,80	1,08	6,00	Areia fofa	38	60	63,97359615	4,019579594	4726,00
0,02	15,28	5,42	44,00	86,80	0,81	6,00	Areia fofa	54	60	92,12286221	5,788250143	4720,21
0,02	15,30	6,75	45,90	50,80	0,68	6,00	Areia fofa	67	60	114,6942806	7,206454186	4713,00
0,02	15,32	6,75	46,80	41,90	0,69	6,00	Areia fofa	67	60	114,6432948	7,203250653	4705,80
0,02	15,34	6,18	51,50	44,80	0,83	6,00	Areia fofa	62	60	105,0392676	6,599811827	4699,20
0,02	15,36	5,64	60,30	48,90	1,07	6,00	Areia fofa	56	60	95,81593443	6,020292714	4693,18
0,02	15,38	5,00	64,30	53,70	1,29	6,00	Areia fofa	50	60	85,03243547	5,342745492	4687,84
0,02	15,40	4,49	62,80	59,60	1,40	6,00	Areia fofa	45	60	76,27137368	4,792271744	4683,05
0,02	15,42	4,04	60,20	66,30	1,49	6,00	Areia fofa	40	60	68,68298553	4,315479255	4678,73
0,02	15,44	3,83	56,60	74,50	1,48	6,00	Areia fofa	38	60	65,08168777	4,089203043	4674,64
0,02	15,46	3,65	54,00	86,10	1,48	6,00	Areia fofa	36	60	61,94945947	3,892399335	4670,75
0,02	15,48	3,44	53,30	99,60	1,55	6,00	Areia fofa	34	60	58,42124137	3,670714854	4667,08
0,02	15,50	3,28	48,60	116,10	1,48	6,00	Areia fofa	33	60	55,70369766	3,499966547	4663,58
0,02	15,52	3,31	43,70	132,70	1,32	6,00	Areia fofa	33	60	56,1965605	3,530934032	4660,05
0,02	15,54	3,44	40,90	149,30	1,19	6,00	Areia fofa	34	60	58,48072481	3,674452309	4656,37
0,02	15,56	3,71	40,20	164,90	1,08	6,00	Areia fofa	37	60	63,06095014	3,962236354	4652,41
0,02	15,58	4,28	41,40	170,00	0,97	6,00	Areia fofa	43	60	72,71256409	4,568665144	4647,84
0,02	15,60	4,37	40,30	176,10	0,92	6,00	Areia fofa	44	60	74,24553747	4,664984701	4643,18
0,02	15,62	4,28	42,50	190,90	0,99	6,00	Areia fofa	43	60	72,70236693	4,568024437	4638,61
0,02	15,64	4,36	44,80	206,10	1,03	6,00	Areia fofa	44	60	74,15036395	4,659004773	4633,95
0,02	15,66	4,49	45,70	211,40	1,02	6,00	Areia fofa	45	60	76,27647226	4,792592098	4629,16
0,02	15,68	4,50	47,20	210,50	1,05	6,00	Areia fofa	45	60	76,44132638	4,802950188	4624,35
0,02	15,70	4,35	46,90	219,20	1,08	6,00	Areia fofa	43	60	73,90563206	4,643627815	4619,71
0,02	15,72	4,17	47,90	226,70	1,15	6,00	Areia fofa	42	60	70,81079336	4,449173364	4615,26
0,02	15,74	3,92	46,40	234,50	1,18	6,00	Areia fofa	39	60	66,57897107	4,183280128	4611,08
0,02	15,76	3,80	45,60	246,80	1,20	6,00	Areia fofa	38	60	64,63981074	4,061439091	4607,02
0,02	15,78	3,97	46,50	252,60	1,17	6,00	Areia fofa	40	60	67,46952323	4,239235171	4602,78
0,02	15,80	4,09	46,20	261,40	1,13	6,00	Areia fofa	41	60	69,45287127	4,363852603	4598,41
0,02	15,82	4,06	43,20	264,10	1,06	6,00	Areia fofa	41	60	69,01099424	4,33608865	4594,08
0,02	15,84	4,00	41,10	262,80	1,03	6,00	Areia fofa	40	60	67,91819837	4,267426261	4589,81
0,02	15,86	3,89	39,10	257,20	1,01	6,00	Areia fofa	39	60	66,11330067	4,154021194	4585,66
0,02	15,88	3,89	37,00	256,60	0,95	6,00	Areia fofa	39	60	66,05041817	4,15007017	4581,51
0,02	15,90	3,72	38,80	269,00	1,04	6,00	Areia fofa	37	60	63,22750379	3,972701228	4577,53
0,02	15,92	3,37	45,40	277,60	1,35	6,00	Areia fofa	34	60	57,29955353	3,600237129	4573,93
0,02	15,94	3,09	47,60	254,10	1,54	6,00	Areia fofa	31	60	52,55957267	3,302415348	4570,63
0,02	15,96	2,81	49,40	230,50	1,76	6,00	Areia fofa	28	60	47,81789228	3,004486782	4567,63
0,02	15,98	2,53	44,50	209,90	1,76	6,00	Areia fofa	25	60	43,07621189	2,706558216	4564,92
0,02	16,00	2,15	41,40	247,10	1,93	6,00	Areia fofa	21	60	36,45485461	2,290526069	4562,63
0,02	16,02	1,79	34,40	302,40	1,92	6,00	Areia fofa	18	60	30,43682943	1,912402395	4560,72

0,02	16,04	1,46	26,70	362,50	1,83	6,00	Areia fofa	15	60	24,80119783	1,558305218	4559,16
0,02	16,06	1,47	20,50	406,00	1,39	6,00	Areia fofa	15	60	25,03743208	1,573148254	4557,59
0,02	16,08	1,59	13,80	430,80	0,87	6,00	Areia fofa	16	60	27,06666735	1,700648866	4555,88
0,02	16,10	1,75	10,50	419,30	0,60	6,00	Areia fofa	18	60	29,75022051	1,869261484	4554,02
0,02	16,12	1,79	10,60	408,90	0,59	6,00	Areia fofa	18	60	30,45892328	1,913790592	4552,10
0,02	16,14	1,75	12,10	423,90	0,69	6,00	Areia fofa	18	60	29,78591058	1,871503957	4550,23
0,02	16,16	1,72	14,20	453,30	0,83	6,00	Areia fofa	17	60	29,18257849	1,833595484	4548,40
0,02	16,18	1,68	14,60	470,40	0,87	6,00	Areia fofa	17	60	28,61153741	1,797715915	4546,60
0,02	16,20	1,70	13,80	476,00	0,81	6,00	Areia fofa	17	60	28,85456977	1,812986088	4544,79
0,02	16,22	1,62	12,20	496,70	0,75	6,00	Areia fofa	16	60	27,59012167	1,735338471	4543,05
0,02	16,24	1,49	11,20	509,50	0,75	6,00	Areia fofa	15	60	25,26686823	1,587564152	4541,46
0,02	16,26	1,49	10,50	493,20	0,70	6,00	Areia fofa	15	60	25,36034222	1,593437296	4539,87
0,02	16,28	1,53	10,20	483,30	0,67	6,00	Areia fofa	15	60	25,95347715	1,630705063	4538,24
0,02	16,30	1,46	9,40	495,20	0,65	6,00	Areia fofa	15	60	24,72981769	1,553820272	4536,69
0,02	16,32	1,34	10,80	524,80	0,81	6,00	Areia fofa	13	60	22,74477013	1,429096055	4535,26
0,02	16,34	1,34	10,00	536,50	0,74	6,00	Areia fofa	13	60	22,84504222	1,435396336	4533,82
0,02	16,36	1,45	9,10	504,80	0,63	6,00	Areia fofa	15	60	24,69412762	1,551577799	4532,27
0,02	16,38	1,47	7,20	485,50	0,49	6,00	Areia fofa	15	60	24,97794864	1,569410799	4530,70
0,02	16,40	1,45	7,70	487,00	0,53	6,00	Areia fofa	15	60	24,65333898	1,549014972	4529,15
0,02	16,42	1,48	6,80	462,50	0,46	6,00	Areia fofa	15	60	25,1580985	1,580729949	4527,57
0,02	16,44	1,52	6,90	464,80	0,45	6,00	Areia fofa	15	60	25,84470742	1,623870859	4525,95
0,02	16,46	1,47	7,80	485,80	0,53	6,00	Areia fofa	15	60	24,91846519	1,565673344	4524,38
0,02	16,48	1,39	9,50	483,70	0,68	6,00	Areia fofa	14	60	23,5792379	1,481527211	4522,90
0,02	16,50	1,20	8,50	500,00	0,71	6,00	Areia fofa	12	60	20,46060581	1,285577778	4521,62
0,02	16,52	1,10	6,90	524,30	0,63	6,00	Areia fofa	11	60	18,68120102	1,173774478	4520,44
0,02	16,54	1,20	6,30	525,50	0,53	6,00	Areia fofa	12	60	20,38752615	1,280986048	4519,16
0,02	16,56	1,36	7,00	488,60	0,52	6,00	Areia fofa	14	60	23,07107932	1,449598666	4517,71
0,02	16,58	1,49	7,30	448,30	0,49	6,00	Areia fofa	15	60	25,30595735	1,590020194	4516,12
0,02	16,60	1,53	7,30	445,40	0,48	6,00	Areia fofa	15	60	25,91948661	1,628569374	4514,49
0,02	16,62	1,53	9,70	426,60	0,64	6,00	Areia fofa	15	60	25,94327999	1,630064356	4512,86
0,02	16,64	1,64	13,20	404,50	0,80	6,00	Areia fofa	16	60	27,92322897	1,75446822	4511,11
0,02	16,66	1,76	13,10	388,20	0,74	6,00	Areia fofa	18	60	29,89637984	1,878444945	4509,23
0,02	16,68	1,81	13,40	378,50	0,74	6,00	Areia fofa	18	60	30,67816227	1,927565784	4507,30
0,02	16,70	1,85	14,30	385,30	0,77	6,00	Areia fofa	19	60	31,51602909	1,980210509	4505,32
0,02	16,72	1,98	16,90	357,80	0,85	6,00	Areia fofa	20	60	33,63533929	2,113370696	4503,21
0,02	16,74	2,11	18,50	334,80	0,88	6,00	Areia fofa	21	60	35,79543813	2,249093709	4500,96
0,02	16,76	2,22	20,50	343,80	0,92	6,00	Areia fofa	22	60	37,73799752	2,371148315	4498,59
0,02	16,78	2,25	21,40	364,50	0,95	6,00	Areia fofa	22	60	38,15608116	2,397417285	4496,19
0,02	16,80	2,36	23,80	358,10	1,01	6,00	Areia fofa	24	60	40,09864055	2,519471891	4493,67
0,02	16,82	2,53	25,70	320,10	1,02	6,00	Areia fofa	25	60	42,96744216	2,699724013	4490,97
0,02	16,84	2,83	29,20	304,20	1,03	6,00	Areia fofa	28	60	48,12210762	3,023601195	4487,95
0,02	16,86	3,23	33,50	291,90	1,04	6,00	Areia fofa	32	60	54,8131455	3,444011505	4484,50

0,02	16,88	3,50	37,80	293,20	1,08	6,00	Areia fofa	35	60	59,51233772	3,739270459	4480,76
0,02	16,90	3,64	37,60	311,40	1,03	6,00	Areia fofa	36	60	61,80160061	3,883109089	4476,88
0,02	16,92	3,65	36,90	323,70	1,01	6,00	Areia fofa	37	60	62,04293345	3,898272479	4472,98
0,02	16,94	3,67	36,50	285,10	0,99	6,00	Areia fofa	37	60	62,38453838	3,91973615	4469,06
0,02	16,96	3,74	35,90	240,80	0,96	6,00	Areia fofa	37	60	63,54531534	3,992669917	4465,07
0,02	16,98	3,81	34,30	200,00	0,90	6,00	Areia fofa	38	60	64,70779182	4,065710468	4461,00
0,02	17,00	3,66	33,30	223,20	0,91	6,00	Areia fofa	37	60	62,21798473	3,909271275	4457,10
0,02	17,02	3,53	34,30	244,80	0,97	6,00	Areia fofa	35	60	59,99840244	3,769810807	4453,33
0,02	17,04	3,47	36,80	264,00	1,06	6,00	Areia fofa	35	60	59,04666731	3,710011525	4449,62
0,02	17,06	3,45	37,80	279,60	1,10	6,00	Areia fofa	34	60	58,55380448	3,67904404	4445,94
0,02	17,08	3,27	38,90	295,00	1,19	6,00	Areia fofa	33	60	55,60512509	3,49377305	4442,44
0,02	17,10	3,08	39,70	310,40	1,29	6,00	Areia fofa	31	60	52,39641808	3,292164042	4439,15
0,02	17,12	2,91	40,80	328,60	1,40	6,00	Areia fofa	29	60	49,40185146	3,104009873	4436,05
0,02	17,14	2,77	36,20	344,20	1,31	6,00	Areia fofa	28	60	47,11428809	2,960278027	4433,09
0,02	17,16	2,77	33,20	354,60	1,20	6,00	Areia fofa	28	60	47,05480465	2,956540572	4430,13
0,02	17,18	3,02	31,80	339,60	1,05	6,00	Areia fofa	30	60	51,30872078	3,223822006	4426,91
0,02	17,20	3,30	31,80	299,40	0,96	6,00	Areia fofa	33	60	56,04360307	3,521323433	4423,38
0,02	17,22	3,84	32,60	218,00	0,85	6,00	Areia fofa	38	60	65,33151824	4,104900355	4419,28
0,02	17,24	4,35	34,70	200,40	0,80	6,00	Areia fofa	43	60	73,89713443	4,643093893	4414,64
0,02	17,26	4,54	39,00	224,90	0,86	6,00	Areia fofa	45	60	77,13303388	4,846411452	4409,79
0,02	17,28	4,56	43,80	249,00	0,96	6,00	Areia fofa	46	60	77,54261989	4,8721465	4404,92
0,02	17,30	4,71	45,70	263,20	0,97	6,00	Areia fofa	47	60	80,097009	5,032643501	4399,89
0,02	17,32	5,08	48,40	275,20	0,95	6,00	Areia fofa	51	60	86,35976608	5,426144133	4394,46
0,02	17,34	5,74	51,60	268,80	0,90	6,00	Areia fofa	57	60	97,59194016	6,131882445	4388,33
0,02	17,36	6,50	54,10	224,40	0,83	6,00	Areia fofa	65	60	110,4114725	6,937357417	4381,39
0,02	17,38	6,92	55,40	202,00	0,80	6,00	Areia fofa	69	60	117,6735515	7,393647295	4374,00
0,02	17,40	7,06	57,20	203,20	0,81	6,00	Areia fofa	71	60	119,9407205	7,536097728	4366,46
0,02	17,42	7,05	58,80	209,50	0,83	6,00	Areia fofa	70	60	119,7418758	7,523603949	4358,94
0,02	17,44	6,92	59,10	221,20	0,85	6,00	Areia fofa	69	60	117,6259647	7,390657331	4351,55
0,02	17,46	6,64	59,40	230,50	0,90	6,00	Areia fofa	66	60	112,7874113	7,086642053	4344,46
0,02	17,48	6,24	57,90	238,40	0,93	6,00	Areia fofa	62	60	106,0657819	6,664309624	4337,80
0,02	17,50	5,90	55,60	246,20	0,94	6,00	Areia fofa	59	60	100,2975872	6,301883261	4331,49
0,02	17,52	5,72	53,50	251,40	0,94	6,00	Areia fofa	57	60	97,13646692	6,103264218	4325,39
0,02	17,54	5,54	52,10	250,20	0,94	6,00	Areia fofa	55	60	94,1164074	5,913508282	4319,48
0,02	17,56	5,41	52,20	249,70	0,96	6,00	Areia fofa	54	60	91,94101282	5,776824209	4313,70
0,02	17,58	5,24	52,50	247,50	1,00	6,00	Areia fofa	52	60	89,02632397	5,593688907	4308,11
0,02	17,60	4,96	54,20	255,40	1,09	6,00	Areia fofa	50	60	84,36622088	5,300885995	4302,81
0,02	17,62	4,58	57,10	266,10	1,25	6,00	Areia fofa	46	60	77,81454421	4,889232009	4297,92
0,02	17,64	4,08	56,00	276,00	1,37	6,00	Areia fofa	41	60	69,25742566	4,351572393	4293,56
0,02	17,66	3,68	51,40	277,40	1,40	6,00	Areia fofa	37	60	62,54769298	3,929987455	4289,63
0,02	17,68	3,37	46,70	294,90	1,38	6,00	Areia fofa	34	60	57,35733745	3,603867799	4286,03
0,02	17,70	3,32	45,00	284,10	1,36	6,00	Areia fofa	33	60	56,35121746	3,540651416	4282,49

0,02	17,72	3,38	41,90	232,50	1,24	6,00	Areia fofa	34	60	57,4168209	3,607605255	4278,88
0,02	17,74	3,38	37,80	190,60	1,12	6,00	Areia fofa	34	60	57,38113083	3,605362781	4275,28
0,02	17,76	3,45	35,30	194,00	1,02	6,00	Areia fofa	35	60	58,64557894	3,684810399	4271,59
0,02	17,78	3,64	33,70	216,90	0,93	6,00	Areia fofa	36	60	61,88487744	3,888341527	4267,70
0,02	17,80	3,97	35,10	237,20	0,89	6,00	Areia fofa	40	60	67,39304452	4,234429871	4263,47
0,02	17,82	4,48	37,20	252,30	0,83	6,00	Areia fofa	45	60	76,19999354	4,787786798	4258,68
0,02	17,84	5,04	39,00	261,10	0,77	6,00	Areia fofa	50	60	85,66126047	5,382255732	4253,30
0,02	17,86	5,50	42,60	253,90	0,78	6,00	Areia fofa	55	60	93,40260605	5,86865882	4247,43
0,02	17,88	5,94	48,00	253,60	0,81	6,00	Areia fofa	59	60	100,9009193	6,339791735	4241,09
0,02	17,90	6,35	54,10	239,30	0,85	6,00	Areia fofa	63	60	107,8451867	6,776112924	4234,31
0,02	17,92	6,71	56,90	194,40	0,85	6,00	Areia fofa	67	60	114,0127702	7,163633628	4227,15
0,02	17,94	7,07	60,70	149,60	0,86	6,00	Areia fofa	71	60	120,1038751	7,546349033	4219,60
0,02	17,96	7,62	64,80	143,10	0,85	6,00	Areia fofa	76	60	129,4648699	8,134517685	4211,47
0,02	17,98	8,39	69,50	137,20	0,83	6,00	Areia fofa	84	60	142,5138384	8,954408555	4202,52
0,02	18,00	8,99	68,80	132,60	0,76	6,00	Areia fofa	90	60	152,8503617	9,603871471	4192,91
0,02	18,02	9,31	69,00	141,50	0,74	6,00	Areia fofa	93	60	158,21067	9,94066957	4182,97
0,02	18,04	9,64	69,70	147,60	0,72	6,00	Areia fofa	96	60	163,8564987	10,29540745	4172,68
0,02	18,06	10,05	66,90	122,20	0,67	6,00	Areia fofa	100	60	170,7718742	10,72991331	4161,95
0,02	18,08	10,41	61,80	72,90	0,59	6,00	Areia fofa	104	60	176,9309601	11,11690009	4150,83
0,02	18,10	10,27	57,20	69,10	0,56	6,00	Areia fofa	103	60	174,5533218	10,96750867	4139,86
0,02	18,12	10,15	53,60	78,80	0,53	6,00	Areia fofa	101	60	172,4442088	10,83498919	4129,03
0,02	18,14	9,84	51,90	93,20	0,53	6,00	Areia fofa	98	60	167,1501821	10,50235568	4118,52
0,02	18,16	9,23	51,10	105,20	0,55	6,00	Areia fofa	92	60	156,8017621	9,852145276	4108,67
0,02	18,18	8,61	50,60	116,60	0,59	6,00	Areia fofa	86	60	146,2901874	9,191683563	4099,48
0,02	18,20	8,03	52,20	127,90	0,65	6,00	Areia fofa	80	60	136,4465269	8,573188132	4090,91
0,02	18,22	7,45	51,90	139,40	0,70	6,00	Areia fofa	74	60	126,5518806	7,951489169	4082,96
0,02	18,24	7,15	50,80	151,60	0,71	6,00	Areia fofa	71	60	121,4923887	7,633591914	4075,32
0,02	18,26	7,28	51,10	164,20	0,70	6,00	Areia fofa	73	60	123,8003464	7,778605173	4067,54
0,02	18,28	7,82	56,80	164,70	0,73	6,00	Areia fofa	78	60	132,9064121	8,35075616	4059,19
0,02	18,30	8,35	67,30	151,50	0,81	6,00	Areia fofa	84	60	141,9648912	8,919917183	4050,27
0,02	18,32	8,26	82,80	133,60	1,00	6,00	Areia fofa	83	60	140,3503405	8,818471973	4041,45
0,02	18,34	7,34	104,10	127,50	1,42	6,00	Areia fofa	73	60	124,6874995	7,834346647	4033,62
0,02	18,36	5,96	100,20	139,40	1,68	6,00	Areia fofa	60	60	101,2306275	6,360507914	4027,26
0,02	18,38	4,30	89,50	151,00	2,08	6,00	Areia fofa	43	60	73,05756808	4,590342383	4022,67
0,02	18,40	3,11	80,80	168,20	2,59	6,00	Areia fofa	31	60	52,92157193	3,325160432	4019,34
0,02	18,42	2,46	72,00	205,70	2,93	6,00	Areia fofa	25	60	41,78287183	2,625295264	4016,72
0,02	18,44	1,80	63,90	266,70	3,54	6,00	Areia fofa	18	60	30,67476321	1,927352215	4014,79
0,02	18,46	1,55	48,90	498,30	3,15	6,00	Areia fofa	16	60	26,36986127	1,656867249	4013,13
0,02	18,48	1,57	34,60	620,60	2,21	6,00	Areia fofa	16	60	26,62479032	1,672884914	4011,46
0,02	18,50	1,52	25,30	758,10	1,66	6,00	Areia fofa	15	60	25,84640694	1,623977644	4009,84
0,02	18,52	1,49	26,80	857,70	1,80	6,00	Areia fofa	15	60	25,34164742	1,592262667	4008,25
0,02	18,54	1,44	24,80	908,20	1,72	6,00	Areia fofa	14	60	24,49868202	1,539297589	4006,71

0,02	18,56	1,46	22,90	920,40	1,57	6,00	Areia fofa	15	60	24,78590208	1,557344158	4005,15
0,02	18,58	1,45	23,00	942,00	1,58	6,00	Areia fofa	15	60	24,70602431	1,55232529	4003,60
0,02	18,60	1,47	23,40	954,60	1,59	6,00	Areia fofa	15	60	24,94225857	1,567168326	4002,03
0,02	18,62	1,47	23,30	952,70	1,58	6,00	Areia fofa	15	60	25,04423019	1,573575392	4000,46
0,02	18,64	1,48	22,30	947,30	1,51	6,00	Areia fofa	15	60	25,11051174	1,577739984	3998,88
0,02	18,66	1,47	22,70	973,50	1,54	6,00	Areia fofa	15	60	25,05952593	1,574536452	3997,30
0,02	18,68	1,47	22,30	952,00	1,51	6,00	Areia fofa	15	60	25,02893445	1,572614332	3995,73
0,02	18,70	1,47	22,50	952,30	1,53	6,00	Areia fofa	15	60	25,00344154	1,571012565	3994,16
0,02	18,72	1,45	22,40	936,70	1,54	6,00	Areia fofa	15	60	24,68562999	1,551043876	3992,61
0,02	18,74	1,44	22,70	936,00	1,58	6,00	Areia fofa	14	60	24,40690756	1,53353123	3991,08
0,02	18,76	1,44	22,70	911,10	1,58	6,00	Areia fofa	14	60	24,41030661	1,533744798	3989,54
0,02	18,78	1,43	22,60	940,00	1,58	6,00	Areia fofa	14	60	24,35252269	1,530114128	3988,01
0,02	18,80	1,43	24,70	931,50	1,73	6,00	Areia fofa	14	60	24,32023168	1,528085224	3986,48
0,02	18,82	1,44	26,80	935,40	1,87	6,00	Areia fofa	14	60	24,39840992	1,532997307	3984,95
0,02	18,84	1,45	26,00	930,00	1,79	6,00	Areia fofa	14	60	24,62274749	1,547092852	3983,40
0,02	18,86	1,41	25,00	946,70	1,78	6,00	Areia fofa	14	60	23,92764094	1,50341802	3981,90
0,02	18,88	1,41	23,70	926,40	1,69	6,00	Areia fofa	14	60	23,88515276	1,500748409	3980,40
0,02	18,90	1,37	22,10	923,30	1,61	6,00	Areia fofa	14	60	23,30731357	1,464441702	3978,93
0,02	18,92	1,34	21,80	920,30	1,63	6,00	Areia fofa	13	60	22,72947439	1,428134995	3977,51
0,02	18,94	1,31	21,10	935,20	1,61	6,00	Areia fofa	13	60	22,28929689	1,400477827	3976,11
0,02	18,96	1,32	19,70	953,80	1,49	6,00	Areia fofa	13	60	22,42355952	1,408913797	3974,70
0,02	18,98	1,30	18,30	955,20	1,41	6,00	Areia fofa	13	60	22,11764466	1,3896926	3973,31
0,02	19,00	1,33	18,40	945,70	1,38	6,00	Areia fofa	13	60	22,6546952	1,42343648	3971,88
0,02	19,02	1,32	18,20	958,60	1,38	1,00	Argila mole	13	30	44,86411432	2,818895439	3969,06
0,02	19,04	1,32	18,90	959,10	1,43	1,00	Argila mole	13	30	44,90150391	2,821244696	3966,24
0,02	19,06	1,31	19,00	958,10	1,45	1,00	Argila mole	13	30	44,53440607	2,798179259	3963,45
0,02	19,08	1,31	18,50	959,70	1,41	1,00	Argila mole	13	30	44,62957959	2,804159187	3960,64
0,02	19,10	1,29	18,00	973,40	1,39	1,00	Argila mole	13	30	43,96676405	2,762513259	3957,88
0,02	19,12	1,29	18,30	945,00	1,41	1,00	Argila mole	13	30	43,97696121	2,763153965	3955,12
0,02	19,14	1,29	17,10	970,40	1,33	1,00	Argila mole	13	30	43,69823878	2,745641319	3952,37
0,02	19,16	1,28	17,30	971,70	1,35	1,00	Argila mole	13	30	43,61666148	2,740515666	3949,63
0,02	19,18	1,27	16,60	922,40	1,31	1,00	Argila mole	13	30	43,06261567	2,705703941	3946,92
0,02	19,20	1,23	16,30	933,50	1,33	1,00	Argila mole	12	30	41,77437419	2,624761341	3944,30
0,02	19,22	1,24	17,70	923,80	1,43	1,00	Argila mole	12	30	42,1142796	2,646118228	3941,65
0,02	19,24	1,23	16,70	876,70	1,36	1,00	Argila mole	12	30	41,87974487	2,631381976	3939,02
0,02	19,26	1,21	15,90	936,50	1,32	1,00	Argila mole	12	30	41,00618798	2,576494778	3936,45
0,02	19,28	1,20	16,90	960,70	1,41	1,00	Argila mole	12	30	40,76485514	2,561331389	3933,88
0,02	19,30	1,21	15,50	978,30	1,28	1,00	Argila mole	12	30	41,16254446	2,586318946	3931,30
0,02	19,32	1,21	14,90	988,90	1,23	1,00	Argila mole	12	30	41,02998136	2,57798976	3928,72
0,02	19,34	1,22	16,50	1009,20	1,35	1,00	Argila mole	12	30	41,61801771	2,614937174	3926,10
0,02	19,36	1,29	19,50	1030,90	1,52	1,00	Argila mole	13	30	43,73562837	2,747990576	3923,36
0,02	19,38	1,58	20,90	1040,40	1,32	1,00	Argila mole	16	30	53,72544821	3,375669468	3919,98

0,02	19,40	1,99	22,90	928,30	1,15	1,00	Argila mole	20	30	67,78393573	4,25899029	3915,72
0,02	19,42	2,20	24,50	960,80	1,11	1,00	Argila mole	22	30	74,69081355	4,692962223	3911,03
0,02	19,44	2,27	29,00	987,70	1,27	1,00	Argila mole	23	30	77,32168138	4,858264523	3906,17
0,02	19,46	2,27	34,30	960,00	1,51	1,00	Argila mole	23	30	77,23670503	4,852925302	3901,32
0,02	19,48	2,26	35,30	916,90	1,56	1,00	Argila mole	23	30	76,92739111	4,833490535	3896,48
0,02	19,50	2,23	34,90	922,40	1,56	1,00	Argila mole	22	30	75,914473	4,769847014	3891,71
0,02	19,52	2,20	33,70	882,30	1,53	1,00	Argila mole	22	30	74,9015549	4,706203492	3887,01
0,02	19,54	2,05	30,60	871,00	1,49	1,00	Argila mole	21	30	69,74518991	4,382219525	3882,63
0,02	19,56	1,91	28,70	943,20	1,51	1,00	Argila mole	19	30	64,79616723	4,071263259	3878,55
0,02	19,58	1,80	28,60	1019,20	1,59	1,00	Argila mole	18	30	61,23395859	3,847443089	3874,71
0,02	19,60	1,76	27,70	1063,80	1,58	1,00	Argila mole	18	30	59,70438427	3,7513371	3870,96
0,02	19,62	1,71	25,80	1034,60	1,51	1,00	Argila mole	17	30	57,98446292	3,643271255	3867,31
0,02	19,64	1,67	23,90	1016,10	1,43	1,00	Argila mole	17	30	56,71661577	3,563610069	3863,75
0,02	19,66	1,63	22,60	1039,20	1,38	1,00	Argila mole	16	30	55,54054307	3,489715242	3860,26
0,02	19,68	1,60	22,00	1081,10	1,37	1,00	Argila mole	16	30	54,53102402	3,426285289	3856,83
0,02	19,70	1,57	19,50	1149,90	1,24	1,00	Argila mole	16	30	53,36174943	3,3528176	3853,48
0,02	19,72	1,58	17,40	1180,00	1,10	1,00	Argila mole	16	30	53,85121321	3,383571516	3850,10
0,02	19,74	1,65	15,50	1189,00	0,94	1,00	Argila mole	17	30	56,10818509	3,525381242	3846,57
0,02	19,76	1,77	15,00	1143,00	0,85	1,00	Argila mole	18	30	60,29921873	3,788711651	3842,78
0,02	19,78	1,88	16,70	1105,70	0,89	1,00	Argila mole	19	30	63,78324912	4,007619737	3838,77
0,02	19,80	1,81	18,40	1108,80	1,02	1,00	Argila mole	18	30	61,58406116	3,869440682	3834,91
0,02	19,82	1,78	20,70	1067,30	1,16	1,00	Argila mole	18	30	60,41478657	3,795972993	3831,11
0,02	19,84	1,76	22,90	1063,30	1,30	1,00	Argila mole	18	30	59,95931332	3,767354765	3827,34
0,02	19,86	1,78	25,00	1061,00	1,40	1,00	Argila mole	18	30	60,58813832	3,806865005	3823,54
0,02	19,88	1,77	24,90	1062,50	1,41	1,00	Argila mole	18	30	60,05788589	3,773548262	3819,76
0,02	19,90	1,75	24,60	1063,90	1,40	1,00	Argila mole	18	30	59,52423441	3,74001795	3816,02
0,02	19,92	1,75	24,90	1111,40	1,43	1,00	Argila mole	17	30	59,36447887	3,729980214	3812,29
0,02	19,94	1,80	29,00	1155,10	1,61	1,00	Argila mole	18	30	61,11159264	3,83975461	3808,45
0,02	19,96	1,89	35,40	1127,00	1,87	1,00	Argila mole	19	30	64,20133277	4,033888708	3804,42
0,02	19,98	2,03	43,00	1047,50	2,12	1,00	Argila mole	20	30	68,8512387	4,326050914	3800,09
0,02	20,00	2,14	49,60	965,10	2,31	1,00	Argila mole	21	30	72,85192531	4,577421467	3795,51
0,02	20,02	2,21	59,00	907,50	2,68	1,00	Argila mole	22	30	74,96613692	4,710261301	3790,80
0,02	20,04	2,26	66,80	879,30	2,96	1,00	Argila mole	23	30	76,73704408	4,821530679	3785,98
0,02	20,06	2,26	70,90	860,00	3,14	1,00	Argila mole	23	30	76,79142895	4,824947781	3781,16
0,02	20,08	2,28	72,90	827,60	3,20	1,00	Argila mole	23	30	77,49843219	4,869370104	3776,29
0,02	20,10	2,28	72,10	760,70	3,16	1,00	Argila mole	23	30	77,44744638	4,866166571	3771,42
0,02	20,12	2,22	73,60	733,10	3,32	1,00	Argila mole	22	30	75,31623949	4,732258894	3766,69
0,02	20,14	2,14	73,60	697,40	3,44	1,00	Argila mole	21	30	72,66837639	4,565888748	3762,12
0,02	20,16	2,06	69,80	676,00	3,38	1,00	Argila mole	21	30	70,17007167	4,408915633	3757,72
0,02	20,18	1,97	66,40	692,60	3,38	1,00	Argila mole	20	30	66,85259492	4,200472422	3753,51
0,02	20,20	1,90	59,30	693,50	3,13	1,00	Argila mole	19	30	64,41547317	4,047343546	3749,47
0,02	20,22	1,80	53,40	711,60	2,97	1,00	Argila mole	18	30	61,12518886	3,840608885	3745,63

0,02	20,24	1,75	46,60	732,50	2,67	1,00	Argila mole	17	30	59,38147414	3,731048058	3741,90
0,02	20,26	1,68	40,20	773,30	2,39	1,00	Argila mole	17	30	57,2468682	3,596926811	3738,30
0,02	20,28	1,64	36,30	809,70	2,21	1,00	Argila mole	16	30	55,9076409	3,512780679	3734,79
0,02	20,30	1,61	31,30	851,70	1,95	1,00	Argila mole	16	30	54,61260131	3,431410942	3731,35
0,02	20,32	1,57	27,90	868,80	1,78	1,00	Argila mole	16	30	53,4229324	3,356661839	3728,00
0,02	20,34	1,55	25,20	852,00	1,63	1,00	Argila mole	15	30	52,53238024	3,300706797	3724,70
0,02	20,36	1,49	23,10	854,40	1,55	1,00	Argila mole	15	30	50,5235393	3,174487598	3721,52
0,02	20,38	1,41	21,20	865,20	1,51	1,00	Argila mole	14	30	47,86887809	3,007690315	3718,52
0,02	20,40	1,37	19,00	877,10	1,39	1,00	Argila mole	14	30	46,60103093	2,928029129	3715,59
0,02	20,42	1,36	17,80	906,50	1,31	1,00	Argila mole	14	30	46,21693783	2,903895847	3712,68
0,02	20,44	1,33	15,20	883,60	1,14	1,00	Argila mole	13	30	45,35017905	2,849435787	3709,83
0,02	20,46	1,31	11,80	874,30	0,90	1,00	Argila mole	13	30	44,66017107	2,806081307	3707,03
0,02	20,48	1,28	12,20	905,80	0,95	1,00	Argila mole	13	30	43,51468986	2,7341086	3704,29
0,02	20,50	1,28	13,60	942,60	1,07	1,00	Argila mole	13	30	43,36173243	2,724498001	3701,57
0,02	20,52	1,35	14,10	971,40	1,04	1,00	Argila mole	14	30	45,91102296	2,884674649	3698,68
0,02	20,54	1,45	15,00	910,10	1,03	1,00	Argila mole	15	30	49,40864957	3,10443701	3695,58
0,02	20,56	1,51	16,80	850,10	1,11	1,00	Argila mole	15	30	51,46507727	3,233646173	3692,35
0,02	20,58	1,51	20,90	825,50	1,38	1,00	Argila mole	15	30	51,44468294	3,23236476	3689,11
0,02	20,60	1,50	23,70	844,70	1,58	1,00	Argila mole	15	30	51,05379173	3,207804341	3685,91
0,02	20,62	1,46	21,80	854,00	1,49	1,00	Argila mole	15	30	49,70096822	3,122803933	3682,78
0,02	20,64	1,44	20,20	851,70	1,40	1,00	Argila mole	14	30	49,04155174	3,081371573	3679,70
0,02	20,66	1,43	19,60	860,40	1,37	1,00	Argila mole	14	30	48,58267944	3,052539776	3676,65
0,02	20,68	1,39	18,80	918,50	1,36	1,00	Argila mole	14	30	47,14827863	2,962413716	3673,69
0,02	20,70	1,36	18,30	935,30	1,34	1,00	Argila mole	14	30	46,29851512	2,9090215	3670,78
0,02	20,72	1,40	19,00	954,00	1,36	1,00	Argila mole	14	30	47,59015566	2,990177668	3667,79
0,02	20,74	1,47	20,50	954,40	1,40	1,00	Argila mole	15	30	49,79614173	3,128783861	3664,66
0,02	20,76	1,51	21,00	894,90	1,40	1,00	Argila mole	15	30	51,15576335	3,214211407	3661,44
0,02	20,78	1,51	21,50	856,50	1,42	1,00	Argila mole	15	30	51,46167822	3,233432604	3658,21
0,02	20,80	1,50	23,20	845,40	1,55	1,00	Argila mole	15	30	50,97561349	3,202892257	3655,01
0,02	20,82	1,46	22,70	863,40	1,56	1,00	Argila mole	15	30	49,55820795	3,11383404	3651,89
0,02	20,84	1,42	19,10	868,60	1,35	1,00	Argila mole	14	30	48,20198539	3,028620064	3648,87
0,02	20,86	1,42	16,60	818,10	1,17	1,00	Argila mole	14	30	48,4229239	3,04250204	3645,82
0,02	20,88	1,43	14,50	767,60	1,01	1,00	Argila mole	14	30	48,77302647	3,064499633	3642,76
0,02	20,90	1,41	12,80	791,80	0,91	1,00	Argila mole	14	30	47,81109417	3,004059644	3639,76
0,02	20,92	1,32	12,90	863,00	0,98	1,00	Argila mole	13	30	44,78253702	2,813769786	3636,94
0,02	20,94	1,30	11,70	907,60	0,90	1,00	Argila mole	13	30	44,04494229	2,767425343	3634,17
0,02	20,96	1,31	11,20	933,20	0,86	1,00	Argila mole	13	30	44,36785243	2,787714385	3631,39
0,02	20,98	1,35	11,10	917,10	0,82	1,00	Argila mole	13	30	45,78865702	2,87698617	3628,51
0,02	21,00	1,39	10,60	924,40	0,76	1,00	Argila mole	14	30	47,34882282	2,975014279	3625,53
0,02	21,02	1,46	10,40	930,30	0,71	6,00	Areia fofa	15	60	24,75701012	1,555528823	3623,98
0,02	21,04	1,52	9,90	902,90	0,65	6,00	Areia fofa	15	60	25,86000316	1,624831919	3622,35
0,02	21,06	1,49	9,60	929,90	0,64	6,00	Areia fofa	15	60	25,37563796	1,594398356	3620,76

0,02	21,08	1,40	11,40	972,10	0,81	6,00	Areia fofa	14	60	23,78488067	1,494448127	3619,26
0,02	21,10	1,37	12,00	992,80	0,87	6,00	Areia fofa	14	60	23,3277079	1,465723115	3617,80
0,02	21,12	1,38	12,30	985,60	0,89	6,00	Areia fofa	14	60	23,45177337	1,473518379	3616,33
0,02	21,14	1,39	8,00	968,80	0,58	6,00	Areia fofa	14	60	23,57583884	1,481313642	3614,84
0,02	21,16	1,41	8,90	1001,60	0,63	6,00	Areia fofa	14	60	24,0449083	1,510786146	3613,33
0,02	21,18	1,57	16,60	999,80	1,06	6,00	Areia fofa	16	60	26,71656478	1,678651273	3611,65
0,02	21,20	2,05	20,30	912,60	0,99	6,00	Areia fofa	21	60	34,84880158	2,189614781	3609,47
0,02	21,22	2,85	20,90	670,00	0,73	6,00	Areia fofa	29	60	48,48410687	3,046346279	3606,42
0,02	21,24	3,31	19,30	316,80	0,58	6,00	Areia fofa	33	60	56,1778657	3,529759404	3602,89
0,02	21,26	3,15	19,00	340,90	0,60	6,00	Areia fofa	31	60	53,51980544	3,362748552	3599,53
0,02	21,28	2,80	21,50	425,00	0,77	6,00	Areia fofa	28	60	47,66153579	2,994662614	3596,53
0,02	21,30	2,83	28,10	567,20	0,99	6,00	Areia fofa	28	60	48,03713127	3,018261974	3593,51
0,02	21,32	3,56	24,50	677,00	0,69	6,00	Areia fofa	36	60	60,49636386	3,801098646	3589,71
0,02	21,34	4,25	19,90	226,70	0,47	6,00	Areia fofa	43	60	72,25879038	4,5401537	3585,17
0,02	21,36	3,88	20,60	181,50	0,53	6,00	Areia fofa	39	60	65,96544182	4,144730948	3581,03
0,02	21,38	3,10	22,30	251,70	0,72	6,00	Areia fofa	31	60	52,72952537	3,313093791	3577,71
0,02	21,40	2,56	19,40	394,90	0,76	6,00	Areia fofa	26	60	43,45180736	2,730157576	3574,98
0,02	21,42	3,72	16,70	511,40	0,45	6,00	Areia fofa	37	60	63,21390757	3,971846953	3571,01
0,02	21,44	5,62	16,70	158,30	0,30	6,00	Areia fofa	56	60	95,57970017	6,005449678	3565,01
0,02	21,46	6,98	19,50	56,70	0,28	6,00	Areia fofa	70	60	118,6915681	7,45761117	3557,55
0,02	21,48	7,49	21,90	46,60	0,29	6,00	Areia fofa	75	60	127,3047711	7,998794672	3549,55
0,02	21,50	7,67	24,90	49,70	0,32	6,00	Areia fofa	77	60	130,3350278	8,189191314	3541,36
0,02	21,52	7,58	35,10	57,60	0,46	6,00	Areia fofa	76	60	128,7697634	8,090842852	3533,27
0,02	21,54	7,27	37,50	66,20	0,52	6,00	Areia fofa	73	60	123,6066003	7,766431748	3525,50
0,02	21,56	6,56	36,20	76,90	0,55	6,00	Areia fofa	66	60	111,5178646	7,006874082	3518,50
0,02	21,58	5,86	33,80	89,60	0,58	6,00	Areia fofa	59	60	99,5124057	6,252548854	3512,24
0,02	21,60	5,61	30,80	109,10	0,55	6,00	Areia fofa	56	60	95,34006686	5,990393073	3506,25
0,02	21,62	5,67	27,40	125,80	0,48	6,00	Areia fofa	57	60	96,33768922	6,053075534	3500,20
0,02	21,64	5,85	24,20	114,60	0,41	6,00	Areia fofa	59	60	99,49541043	6,251481009	3493,95
0,02	21,66	5,99	16,10	117,80	0,27	6,00	Areia fofa	60	60	101,8424572	6,39895031	3487,55
0,02	21,68	6,11	14,60	128,50	0,24	6,00	Areia fofa	61	60	103,7646223	6,519723503	3481,03
0,02	21,70	6,13	15,60	140,10	0,25	6,00	Areia fofa	61	60	104,1810064	6,545885689	3474,49
0,02	21,72	6,02	16,40	151,80	0,27	6,00	Areia fofa	60	60	102,2860338	6,426821047	3468,06
0,02	21,74	5,87	15,80	163,30	0,27	6,00	Areia fofa	59	60	99,80302482	6,270808992	3461,79
0,02	21,76	5,83	15,10	173,10	0,26	6,00	Areia fofa	58	60	99,07052867	6,224784901	3455,56
0,02	21,78	5,87	15,80	183,10	0,27	6,00	Areia fofa	59	60	99,70955083	6,264935848	3449,30
0,02	21,80	5,92	17,90	191,10	0,30	6,00	Areia fofa	59	60	100,6221968	6,322279088	3442,98
0,02	21,82	5,89	19,40	198,70	0,33	6,00	Areia fofa	59	60	100,1446297	6,292272662	3436,68
0,02	21,84	5,79	20,20	207,70	0,35	6,00	Areia fofa	58	60	98,47909327	6,187623919	3430,50
0,02	21,86	5,70	21,10	216,70	0,37	6,00	Areia fofa	57	60	96,81525631	6,08308196	3424,41
0,02	21,88	5,70	21,70	217,80	0,38	6,00	Areia fofa	57	60	96,90363172	6,08863475	3418,32
0,02	21,90	5,92	22,70	218,20	0,38	6,00	Areia fofa	59	60	100,6255959	6,322492657	3412,00

0,02	21,92	6,34	24,00	218,50	0,38	6,00	Areia fofa	63	60	107,7908018	6,772695822	3405,23
0,02	21,94	6,83	25,30	218,60	0,37	6,00	Areia fofa	68	60	116,1167847	7,295832755	3397,93
0,02	21,96	7,27	26,20	218,40	0,36	6,00	Areia fofa	73	60	123,5794079	7,764723197	3390,17
0,02	21,98	7,63	26,40	218,50	0,35	6,00	Areia fofa	76	60	129,7062028	8,149681075	3382,02
0,02	22,00	7,91	26,00	218,00	0,33	6,00	Areia fofa	79	60	134,4937704	8,45049282	3373,57
0,02	22,02	8,22	25,30	218,40	0,31	6,00	Areia fofa	82	60	139,7792994	8,782592404	3364,79
0,02	22,04	8,51	24,40	218,00	0,29	6,00	Areia fofa	85	60	144,6909325	9,091199413	3355,69
0,02	22,06	8,69	23,30	216,70	0,27	6,00	Areia fofa	87	60	147,7143911	9,281168917	3346,41
0,02	22,08	8,81	21,80	216,60	0,25	6,00	Areia fofa	88	60	149,7929126	9,411766278	3337,00
0,02	22,10	8,83	20,10	214,30	0,23	6,00	Areia fofa	88	60	150,0019545	9,424900763	3327,58
0,02	22,12	8,73	18,90	211,90	0,22	6,00	Areia fofa	87	60	148,3823052	9,323135199	3318,25
0,02	22,14	8,56	17,30	209,00	0,20	6,00	Areia fofa	86	60	145,4098324	9,136369227	3309,12
0,02	22,16	8,24	16,50	188,60	0,20	6,00	Areia fofa	82	60	140,0614209	8,800318619	3300,32
0,02	22,18	7,81	16,70	188,90	0,21	6,00	Areia fofa	78	60	132,7891448	8,343388034	3291,97
0,02	22,20	7,18	17,20	195,90	0,24	6,00	Areia fofa	72	60	122,0362373	7,667762932	3284,31
0,02	22,22	6,72	18,00	203,30	0,27	6,00	Areia fofa	67	60	114,1470329	7,172069599	3277,13
0,02	22,24	6,50	18,50	209,30	0,28	6,00	Areia fofa	65	60	110,4471626	6,93959989	3270,19
0,02	22,26	6,63	19,30	214,30	0,29	6,00	Areia fofa	66	60	112,6072614	7,075322903	3263,12
0,02	22,28	6,96	20,60	219,20	0,30	6,00	Areia fofa	70	60	118,2836817	7,431982906	3255,69
0,02	22,30	7,32	21,90	222,30	0,30	6,00	Areia fofa	73	60	124,4155751	7,817261137	3247,87
0,02	22,32	7,55	22,60	223,50	0,30	6,00	Areia fofa	75	60	128,2378114	8,057419325	3239,81
0,02	22,34	7,73	22,30	223,80	0,29	6,00	Areia fofa	77	60	131,3343497	8,251980561	3231,56
0,02	22,36	8,00	22,20	220,90	0,28	6,00	Areia fofa	80	60	135,9077769	8,539337467	3223,02
0,02	22,38	8,00	22,30	220,90	0,28	6,00	Areia fofa	80	60	135,9332698	8,540939234	3214,48
0,02	22,40	7,87	22,30	221,30	0,28	6,00	Areia fofa	79	60	133,7680723	8,404895867	3206,07
0,02	22,42	7,81	21,90	220,70	0,28	6,00	Areia fofa	78	60	132,7109665	8,338475951	3197,74
0,02	22,44	7,72	21,90	222,00	0,28	6,00	Areia fofa	77	60	131,1236083	8,238739291	3189,50
0,02	22,46	7,57	22,00	222,30	0,29	6,00	Areia fofa	76	60	128,5981111	8,080057625	3181,42
0,02	22,48	7,42	22,00	223,90	0,30	6,00	Areia fofa	74	60	126,1100036	7,923725216	3173,49
0,02	22,50	7,20	22,70	224,80	0,32	6,00	Areia fofa	72	60	122,3489503	7,687411268	3165,81
0,02	22,52	6,97	25,00	224,80	0,36	6,00	Areia fofa	70	60	118,4196438	7,440525661	3158,37
0,02	22,54	6,83	22,10	225,50	0,32	6,00	Areia fofa	68	60	116,104888	7,295085264	3151,07
0,02	22,56	6,88	20,10	225,10	0,29	6,00	Areia fofa	69	60	116,9665482	7,349224971	3143,72
0,02	22,58	7,05	18,80	223,40	0,27	6,00	Areia fofa	71	60	119,8795375	7,532253488	3136,19
0,02	22,60	7,51	17,80	183,40	0,24	6,00	Areia fofa	75	60	127,6395779	8,019831205	3128,17
0,02	22,62	8,27	16,60	112,60	0,20	6,00	Areia fofa	83	60	140,6188658	8,835343913	3119,33
0,02	22,64	8,59	14,90	118,60	0,17	6,00	Areia fofa	86	60	145,9128924	9,167977419	3110,17
0,02	22,66	8,55	15,00	137,30	0,18	6,00	Areia fofa	86	60	145,3809405	9,134553892	3101,03
0,02	22,68	8,29	16,00	155,90	0,19	6,00	Areia fofa	83	60	140,945175	8,855846524	3092,18
0,02	22,70	7,97	17,50	176,90	0,22	6,00	Areia fofa	80	60	135,3673273	8,505380018	3083,67
0,02	22,72	7,84	18,40	199,80	0,23	6,00	Areia fofa	78	60	133,2633128	8,373180891	3075,30
0,02	22,74	8,03	18,20	214,20	0,23	6,00	Areia fofa	80	60	136,4737194	8,574896683	3066,72

0,02	22,76	8,26	18,00	219,30	0,22	6,00	Areia fofa	83	60	140,4489131	8,82466547	3057,90
0,02	22,78	8,49	17,80	213,40	0,21	6,00	Areia fofa	85	60	144,3391304	9,069095035	3048,83
0,02	22,80	8,69	16,40	209,50	0,19	6,00	Areia fofa	87	60	147,6770015	9,27881966	3039,55
0,02	22,82	8,78	14,70	194,50	0,17	6,00	Areia fofa	88	60	149,1640876	9,372256038	3030,18
0,02	22,84	8,68	14,30	173,20	0,16	6,00	Areia fofa	87	60	147,6005228	9,27401436	3020,90
0,02	22,86	8,59	13,90	152,00	0,16	6,00	Areia fofa	86	60	146,0352584	9,175665898	3011,73
0,02	22,88	8,48	14,00	133,90	0,17	6,00	Areia fofa	85	60	144,1725768	9,058630161	3002,67
0,02	22,90	8,23	15,30	142,70	0,19	6,00	Areia fofa	82	60	139,84898	8,786970565	2993,88
0,02	22,92	7,97	16,50	171,00	0,21	6,00	Areia fofa	80	60	135,4557027	8,510932808	2985,37
0,02	22,94	7,96	18,30	193,00	0,23	6,00	Areia fofa	80	60	135,2313651	8,496837263	2976,87
0,02	22,96	8,00	19,70	210,70	0,25	6,00	Areia fofa	80	60	135,9366688	8,541152803	2968,33
0,02	22,98	8,12	24,00	221,20	0,30	6,00	Areia fofa	81	60	137,9964956	8,670575534	2959,66
0,02	23,00	8,16	22,80	223,70	0,28	6,00	Areia fofa	82	60	138,7323908	8,716813194	2950,95
0,02	23,02	8,29	29,50	215,60	0,36	7,00	eia levemente compact	83	100	84,48858683	5,308574474	2945,64
0,02	23,04	8,49	27,50	199,80	0,32	7,00	eia levemente compact	85	100	86,62183314	5,442610293	2940,19
0,02	23,06	8,43	27,20	200,20	0,32	7,00	eia levemente compact	84	100	85,95289931	5,40057994	2934,79
0,02	23,08	8,28	28,80	190,90	0,35	7,00	eia levemente compact	83	100	84,38559549	5,302103337	2929,49
0,02	23,10	8,63	28,10	187,40	0,33	7,00	eia levemente compact	86	100	88,01476549	5,530130813	2923,96
0,02	23,12	8,86	25,20	170,40	0,28	7,00	eia levemente compact	89	100	90,37336909	5,678326248	2918,28
0,02	23,14	9,25	27,80	179,90	0,30	7,00	eia levemente compact	92	100	94,29723708	5,924870145	2912,36
0,02	23,16	9,49	24,20	197,30	0,26	7,00	eia levemente compact	95	100	96,73027996	6,077742738	2906,28
0,02	23,18	9,62	24,40	210,70	0,25	7,00	eia levemente compact	96	100	98,10077855	6,163853704	2900,12
0,02	23,20	9,57	36,10	221,50	0,38	7,00	eia levemente compact	96	100	97,62864995	6,134188989	2893,98
0,02	23,22	9,60	35,20	225,00	0,37	7,00	eia levemente compact	96	100	97,90703247	6,151680279	2887,83
0,02	23,24	9,80	34,20	225,80	0,35	7,00	eia levemente compact	98	100	99,93014944	6,278796467	2881,55
0,02	23,26	10,20	33,50	223,40	0,33	7,00	eia levemente compact	102	100	103,995758	6,534246186	2875,02
0,02	23,28	10,18	33,50	223,70	0,33	7,00	eia levemente compact	102	100	103,8173076	6,52303382	2868,49
0,02	23,30	9,57	33,40	227,10	0,35	7,00	eia levemente compact	96	100	97,59703874	6,132202799	2862,36
0,02	23,32	9,12	29,20	226,70	0,32	7,00	eia levemente compact	91	100	92,97364543	5,841706429	2856,52
0,02	23,34	8,62	21,10	228,30	0,24	7,00	eia levemente compact	86	100	87,93012905	5,524812949	2851,00
0,02	23,36	8,38	19,30	228,90	0,23	7,00	eia levemente compact	84	100	85,46547496	5,369954165	2845,63
0,02	23,38	8,46	19,60	229,50	0,23	7,00	eia levemente compact	85	100	86,27003105	5,420505915	2840,21
0,02	23,40	8,53	20,50	230,80	0,24	7,00	eia levemente compact	85	100	86,96853666	5,464394317	2834,74
0,02	23,42	8,24	22,60	229,40	0,27	7,00	eia levemente compact	82	100	84,07254261	5,282433645	2829,46
0,02	23,44	7,68	22,90	230,90	0,30	7,00	eia levemente compact	77	100	78,31828402	4,920882914	2824,54
0,02	23,46	7,11	20,70	233,00	0,29	7,00	eia levemente compact	71	100	72,46919182	4,553373613	2819,98
0,02	23,48	6,93	20,30	233,00	0,29	7,00	eia levemente compact	69	100	70,71222079	4,442979867	2815,54
0,02	23,50	7,06	20,90	234,50	0,30	7,00	eia levemente compact	71	100	72,02153641	4,525246594	2811,02
0,02	23,52	7,55	21,30	235,60	0,28	7,00	eia levemente compact	75	100	76,94370657	4,834515666	2806,18
0,02	23,54	8,20	19,80	234,80	0,24	7,00	eia levemente compact	82	100	83,62182805	5,254114413	2800,93
0,02	23,56	8,52	18,30	234,40	0,21	7,00	eia levemente compact	85	100	86,91959028	5,461318925	2795,47
0,02	23,58	8,56	18,30	233,30	0,21	7,00	eia levemente compact	86	100	87,2917867	5,484704716	2789,98

0,02	23,60	8,31	18,70	231,90	0,23	7,00	eia levemente compact	83	100	84,74351588	5,324592139	2784,66
0,02	23,62	7,91	19,20	232,60	0,24	7,00	eia levemente compact	79	100	80,67586791	5,069014279	2779,59
0,02	23,64	7,31	19,40	234,40	0,27	7,00	eia levemente compact	73	100	74,50046652	4,681002366	2774,91
0,02	23,66	6,73	19,50	235,00	0,29	7,00	eia levemente compact	67	100	68,65851234	4,313941559	2770,59
0,02	23,68	6,38	19,50	236,60	0,31	7,00	eia levemente compact	64	100	65,09562389	4,090078676	2766,50
0,02	23,70	6,31	19,00	237,50	0,30	7,00	eia levemente compact	63	100	64,34001417	4,042602317	2762,46
0,02	23,72	6,53	18,10	238,50	0,28	7,00	eia levemente compact	65	100	66,63437565	4,186761301	2758,27
0,02	23,74	6,88	16,20	238,80	0,24	7,00	eia levemente compact	69	100	70,18400779	4,40991265	2753,86
0,02	23,76	7,01	14,40	238,70	0,21	7,00	eia levemente compact	70	100	71,45253476	4,489495166	2749,37
0,02	23,78	6,62	14,30	238,60	0,22	7,00	eia levemente compact	66	100	67,51744989	4,242246492	2745,13
0,02	23,80	5,99	15,30	238,90	0,26	7,00	eia levemente compact	60	100	61,07182371	3,837255854	2741,30
0,02	23,82	5,56	15,90	239,00	0,29	7,00	eia levemente compact	56	100	56,72579321	3,564186704	2737,73
0,02	23,84	5,34	16,70	239,30	0,31	7,00	eia levemente compact	53	100	54,44774719	3,421052852	2734,31
0,02	23,86	5,12	17,80	239,50	0,35	7,00	eia levemente compact	51	100	52,16868146	3,277854928	2731,03
0,02	23,88	5,25	19,20	240,00	0,37	7,00	eia levemente compact	53	100	53,55549551	3,404991025	2727,67
0,02	23,90	5,85	20,50	240,70	0,35	7,00	eia levemente compact	59	100	59,6809308	3,749863475	2723,92
0,02	23,92	6,57	26,20	241,00	0,40	7,00	eia levemente compact	66	100	66,98413831	4,208737537	2719,71
0,02	23,94	7,02	26,00	241,00	0,37	7,00	eia levemente compact	70	100	71,57286127	4,497055503	2715,21
0,02	23,96	7,16	25,90	240,60	0,36	7,00	eia levemente compact	72	100	73,05348921	4,590086101	2710,62
0,02	23,98	7,24	26,10	239,40	0,36	7,00	eia levemente compact	72	100	73,84784814	4,639997144	2705,98
0,02	24,00	7,23	27,40	238,40	0,38	7,00	eia levemente compact	72	100	73,69896958	4,630642828	2701,35
0,02	24,02	7,34	28,70	240,50	0,39	7,00	eia levemente compact	73	100	74,85022918	4,702978602	2696,65
0,02	24,04	7,52	24,50	240,10	0,33	7,00	eia levemente compact	75	100	76,68877751	4,818498001	2691,83
0,02	24,06	7,73	25,30	241,30	0,33	7,00	eia levemente compact	77	100	78,79041263	4,95054763	2686,88
0,02	24,08	7,97	25,80	241,50	0,32	7,00	eia levemente compact	80	100	81,3172694	5,109314723	2681,77
0,02	24,10	8,13	26,30	241,30	0,32	7,00	eia levemente compact	81	100	82,90292812	5,208944599	2676,56
0,02	24,12	8,36	26,90	241,60	0,32	7,00	eia levemente compact	84	100	85,29314292	5,359126224	2671,20
0,02	24,14	8,91	28,00	241,00	0,31	7,00	eia levemente compact	89	100	90,84039912	5,70767061	2665,49
0,02	24,16	9,45	27,90	241,30	0,30	7,00	eia levemente compact	94	100	96,35400468	6,054100665	2659,44
0,02	24,18	9,60	28,10	241,20	0,29	7,00	eia levemente compact	96	100	97,90295361	6,151423996	2653,29
0,02	24,20	9,52	27,60	240,80	0,29	7,00	eia levemente compact	95	100	97,08310177	6,09991186	2647,19
0,02	24,22	9,26	26,50	241,50	0,29	7,00	eia levemente compact	93	100	94,46039167	5,935121451	2641,25
0,02	24,24	8,90	25,30	241,60	0,28	7,00	eia levemente compact	89	100	90,77411756	5,703506017	2635,55
0,02	24,26	8,44	24,30	242,40	0,29	7,00	eia levemente compact	84	100	86,07934412	5,408524702	2630,14
0,02	24,28	8,03	23,30	242,10	0,29	7,00	eia levemente compact	80	100	81,86077815	5,143464385	2625,00
0,02	24,30	7,78	23,40	243,10	0,30	7,00	eia levemente compact	78	100	79,3798086	4,987580471	2620,01
0,02	24,32	7,52	23,50	243,40	0,31	7,00	eia levemente compact	75	100	76,6377917	4,815294468	2615,19
0,02	24,34	7,21	22,90	243,90	0,32	7,00	eia levemente compact	72	100	73,52255867	4,619558604	2610,57
0,02	24,36	6,95	22,30	243,40	0,32	7,00	eia levemente compact	69	100	70,85804021	4,452141971	2606,12
0,02	24,38	6,86	21,80	243,70	0,32	7,00	eia levemente compact	69	100	69,96578852	4,396080144	2601,73
0,02	24,40	7,00	20,80	244,90	0,30	7,00	eia levemente compact	70	100	71,35872087	4,483600665	2597,24
0,02	24,42	7,35	20,10	245,30	0,27	7,00	eia levemente compact	73	100	74,94200364	4,708744962	2592,53

0,02	24,44	7,46	19,80	245,40	0,27	7,00	eia levemente compact	75	100	76,09530268	4,781208877	2587,75
0,02	24,46	7,56	18,60	245,50	0,25	7,00	eia levemente compact	76	100	77,08238797	4,843229275	2582,91
0,02	24,48	7,45	17,90	245,40	0,24	7,00	eia levemente compact	75	100	75,98517333	4,774289246	2578,14
0,02	24,50	6,96	17,70	245,40	0,25	7,00	eia levemente compact	70	100	70,96205126	4,458677179	2573,68
0,02	24,52	6,63	20,90	245,90	0,32	7,00	eia levemente compact	66	100	67,57149485	4,245642236	2569,43
0,02	24,54	6,68	25,90	246,30	0,39	7,00	eia levemente compact	67	100	68,14253593	4,281521806	2565,15
0,02	24,56	7,18	41,80	247,20	0,58	7,00	eia levemente compact	72	100	73,20644665	4,5996967	2560,55
0,02	24,58	8,24	53,50	247,40	0,65	7,00	eia levemente compact	82	100	84,02869481	5,279678606	2555,27
0,02	24,60	9,70	48,00	246,60	0,49	7,00	eia levemente compact	97	100	98,89717692	6,213892889	2549,06
0,02	24,62	10,87	52,20	243,80	0,48	7,00	eia levemente compact	109	100	110,8186792	6,962942967	2542,09
0,02	24,64	11,95	48,60	245,50	0,41	7,00	eia levemente compact	119	100	121,8285551	7,654713875	2534,44
0,02	24,66	11,90	48,30	235,90	0,41	7,00	eia levemente compact	119	100	121,3758011	7,626266502	2526,81
0,02	24,68	11,40	50,80	230,00	0,45	7,00	eia levemente compact	114	100	116,2721215	7,305592852	2519,51
0,02	24,70	10,89	45,40	220,20	0,42	7,00	eia levemente compact	109	100	111,0572928	6,977935501	2512,53
0,02	24,72	10,12	39,30	203,50	0,39	7,00	eia levemente compact	101	100	103,1636696	6,481964528	2506,05
0,02	24,74	9,64	33,20	200,30	0,34	7,00	eia levemente compact	96	100	98,28126832	6,175194211	2499,87
0,02	24,76	9,36	26,40	187,50	0,28	7,00	eia levemente compact	94	100	95,49132476	5,999896887	2493,87
0,02	24,78	9,06	29,00	199,40	0,32	7,00	eia levemente compact	91	100	92,33530309	5,801598197	2488,07
0,02	24,80	8,81	30,60	222,20	0,35	7,00	eia levemente compact	88	100	89,87778701	5,647187908	2482,42
0,02	24,82	8,42	24,80	234,00	0,29	7,00	eia levemente compact	84	100	85,83155308	5,392955532	2477,03
0,02	24,84	8,02	26,70	245,90	0,33	7,00	eia levemente compact	80	100	81,78531915	5,138723156	2471,89
0,02	24,86	7,71	21,80	252,80	0,28	7,00	eia levemente compact	77	100	78,64255378	4,941257384	2466,95
0,02	24,88	7,55	22,60	254,50	0,30	7,00	eia levemente compact	75	100	76,94880515	4,834836019	2462,12
0,02	24,90	7,74	23,30	258,50	0,30	7,00	eia levemente compact	77	100	78,88524624	4,956506201	2457,16
0,02	24,92	8,31	24,90	259,90	0,30	7,00	eia levemente compact	83	100	84,6945695	5,321516747	2451,84
0,02	24,94	9,05	26,30	261,20	0,29	7,00	eia levemente compact	90	100	92,24046948	5,795639625	2446,04
0,02	24,96	9,64	27,60	262,70	0,29	7,00	eia levemente compact	96	100	98,260874	6,173912798	2439,87
0,02	24,98	9,96	28,30	264,20	0,28	7,00	eia levemente compact	100	100	101,5749517	6,38214244	2433,49
0,02	25,00	10,21	28,20	262,90	0,28	7,00	eia levemente compact	102	100	104,099769	6,540781393	2426,95