INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS

CAMPUS PALMAS

CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

THAIZ KAWAMY PINHEIRO DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MÉTODOS SEMIEMPÍRCOS DE DETERMINAÇÃO DE RECALQUES EM FUNDAÇÕES PROFUNDAS EXECUTADAS NA ORLA 14 EM PALMAS -TO

PALMAS

2025

THAIZ KAWAMY PINHEIRO DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MÉTODOS SEMIEMPÍRCOS DE DETERMINAÇÃO DE RECALQUES EM FUNDAÇÕES PROFUNDAS EXECUTADAS NA ORLA 14 EM PALMAS -TO

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Prof. Esp.Evandro Schmitt

PALMAS

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

O48a Oliveira, Thaiz Kawamy Pinheiro de
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MÉTODOS SEMIEMPÍRCOS DE DETERMINAÇÃO DE RECALQUES EM FUNDAÇÕES PROFUNDAS EXECUTADAS NA ORLA 14 EM PALMAS -TO / Thaiz Kawamy Pinheiro de Oliveira. – Palmas, TO, 2025.
224 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Esp. Evandro Schmitt

1. Recalque. 2. Estacas de hélice contínua. 3. Prova de carga estática. I. Schmitt, Evandro. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automatica de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

THAIZ KAWAMY PINHEIRO DE OLIVEIRA

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MÉTODOS SEMIEMPÍRCOS DE DETERMINAÇÃO DE RECALQUES EM FUNDAÇÕES PROFUNDAS EXECUTADAS NA ORLA 14 EM PALMAS -TO

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do curso de Engenharia Civil Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Palmas, como exigência à obtenção do grau em Engenheiro Civil.

Aprovado em: 11/12/2025

BANCA AVALIADORA

Documento assinado digitalmente
EVANDRO SCHMITT
Data: 19/12/2025 16:07:52-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Esp. Evandro Schmitt
Orientador
IFTO

Documento assinado digitalmente
FLAVIO DA SILVA ORNELAS
Data: 19/12/2025 15:46:30-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Flávio da Silva Ornelas
IFTO

Documento assinado digitalmente
RODRIGO ARAUJO FORTES
Data: 19/12/2025 15:59:19-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Me. Rodrigo Araújo Fortes
IFTO

Dedico este trabalho a Deus, à minha família, ao meu namorado e as minhas amigas, que contribuíram de forma essencial para minha jornada acadêmica, oferecendo apoio, incentivo, auxílio e amor nos momentos mais desafiadores.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de cinco métodos semiempíricos amplamente utilizados na engenharia geotécnica para estimativa de recalques em fundações profundas do tipo hélice contínua monitorada, executadas na região da Orla 14, em Palmas -TO. O estudo baseou-se na análise de dados de ensaios de prova de carga estática realizados entre 2017 e 2024 em seis empreendimentos locais. Foram aplicados os métodos de Poulos e Davis (1980), Vésic (1969), Burland e Burbidge (1985), Bowles (1996) e Cintra e Aoki (2010). Os resultados evidenciaram grande variabilidade entre as estimativas dos modelos de cálculo, justificadas principalmente pela forma como cada método considera parâmetros como módulo de elasticidade do solo, atrito lateral, encurtamento elástico, diâmetro e comprimento das estacas, bem como seu comportamento mediante as condições geotécnicas locais. Como o subsolo da região apresenta predominância arenosa, presença de pedregulhos e variação no nível freático, pequenas diferenças nestes parâmetros, refletiram diretamente na dispersão entre os métodos analisados. Diante da grande variabilidade no comportamento dos métodos, adotou-se a estratégia de combinação entre os três modelos com melhor desempenho individual, Vésic, Bowles e Cintra e Aoki, por meio do cálculo da média entre os valores de recalques estimados. Essa abordagem apresentou erro médio de 10,70%, considerando o limite de aceitabilidade de 25%, enquadrando-se como alternativa mais estável e representativa para as 16 estacas analisadas, desconsiderando três delas por inconsistências de leitura durante os ensaios de carga. Por fim, constatou-se que o método de Vésic apresentou o melhor desempenho individual, porém a abordagem de média entre os três métodos se mostrou superior, oferecendo maior confiabilidade e menor variação de erro. Conclui-se que, para solos arenosos com NSPT médio entre 15 e 20 golpes e elevadas solicitações, como é o caso da região da Orla 14, a utilização combinada dos modelos citados é a solução mais adequada, reforçando que ensaios de prova de carga estática permanecem indispensáveis para a validação do comportamento real das fundações.

Palavras-chave: Recalque. Estacas de hélice contínua. Prova de carga estática.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the performance of five semi-empirical methods widely used in geotechnical engineering for estimating settlements in deep foundations of the continuous flight auger type, executed in the Orla 14 region, in Palmas -TO. The study was based on the analysis of data from Static Load Tests carried out between 2017 and 2024 in six local projects. The methods of Poulos and Davis (1980), Vésic (1969), Burland and Burbidge (1985), Bowles (1996) and Cintra and Aoki (2010) were applied. The results showed great variability among the estimates of the calculation models, justified mainly by the way each method considers parameters such as soil modulus of elasticity, lateral friction, elastic shortening, pile diameter and length, as well as their behavior under local geotechnical conditions. Since the subsoil in the region is predominantly sandy, with the presence of gravel and variations in the water table, small differences in these parameters directly affected the dispersion among the analyzed methods. Given the significant variability in the behavior of the methods, a strategy was adopted combining the three models with the best individual performance: Vésic, Bowles, and Cintra and Aoki, by calculating the average of the estimated settlement values. This approach presented an average error of 10.70%, considering the acceptability limit of 25%, thus proving to be the most stable and representative alternative for the 16 piles analyzed, excluding three due to inconsistencies in readings during load tests. Finally, it was found that the Vésic method presented the best individual performance, but the average approach among the three methods proved superior, offering greater reliability and less error variation. It is concluded that, for sandy soils with an average SPT value between 15 and 20 blows and high loads, as is the case in the Orla 14 region, the combined use of the aforementioned models is the most appropriate solution, reinforcing that load testing remains indispensable for validating the actual behavior of the foundations.

Keywords: Settlement. Continuous flight auger piles. Static load test.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Transmissão de carga em fundação superficial e profunda..... 21
Figura 2 – Tipos de fundações profundas..... 22
Figura 3 – Execução das estacas de hélice contínua..... 23
Figura 4 – Exemplo de laudo de sondagem da Orla 14 em Palmas-TO..... 24
Figura 5 – Ensaio de Prova de carga estática..... 25
Figura 6 – Delimitação da região de estudo na quadra Orla 14 em Palmas - TO..... 32
Figura 7 – Fluxograma metodológico..... 33
Figura 8– Edifício Comodoro..... 34
Figura 9– Edifício Excalibur..... 35
Figura 10– Edifício Maestria..... 36
Figura 11– Edifício Orla 14..... 37
Figura 12– Edifício You..... 38
Figura 13– Edifício Horizonte..... 39
Figura 14– Locação esquemática dos furos de sondagem do edifício Comodoro..... 44
Figura 15– Estacas com melhor desempenho para o método de Poulos e Davis..... 58
Figura 16– Estacas com melhor desempenho para o método de Vésic..... 59
Figura 17– Estacas com melhor desempenho para o método de Vésic..... 60
Figura 18–Resultados por estaca do método Burland e Burbidge..... 61
Figura 19– Resultados por estaca do método Bowles..... 63
Figura 20– Resultados por estaca do método Bowles..... 63
Figura 21– Resultados por estaca do método Cintra e Aoki..... 65
Figura 22– Taxa de erro entre recalque previsto e estimado no método de Poulos e Davis..... 66
Figura 23– Taxa de erro entre recalque previsto e estimado no método de Vésic..... 67
Figura 24– Taxa de erro entre recalque previsto e estimado no método de Bowles..... 67
Figura 25– Taxa de erro entre recalque previsto e estimado no método de Cintra e Aoki..... 68
Figura 26– Taxa de erro entre recalque previsto e estimado no método de médias (Vésic, Bowles e Cintra e Aoki)..... 68
Figura 27 – Ábaco para a obtenção do valor de Io..... 189
Figura 28– Ábaco para a obtenção do valor de Rk..... 190
Figura 29 – Ábaco para a obtenção do valor de Rh..... 190
Figura 30 – Ábaco para a obtenção do valor de Rv..... 191
Figura 31 – Valores de αss..... 192
Figura 32 – Diagrama de esforço normal da estaca..... 197
Figura 33- Sondagem SP -02 para PC1 Ed.Comodoro..... 201
Figura 34- Sondagem SP -03 para PC2 e PC3 Ed.Comodoro..... 202
Figura 35- Sondagem SM -03 para PC1 Ed.Excalibur..... 206
Figura 36- Sondagem SP -01 para PC2 Ed.Excalibur..... 207
Figura 37- Sondagem SM-04 para PC3 Ed.Excalibur..... 208
Figura 38- Sondagem SP -04 para PC4 Ed.Excalibur..... 209

Figura 39- Sondagem SM -02 para PC1 Ed.Maestria.....212
Figura 40- Sondagem SM -03 para PC2 Ed.Maestria.....213
Figura 41- Sondagem SP-02 para PC1 Ed.Orla 14.....216
Figura 42- Sondagem SP-04 para PC2 Ed.Orla 14.....217
Figura 43- Sondagem SP-01 para PC1 Ed.You.....220
Figura 44- Sondagem SP-03 para PC2 Ed.You.....221
Figura 45- Sondagem SP-02 para PC3 Ed.You.....222
Figura 46- Sondagem SM 02 para PC1 Ed.Horizonte.....225
Figura 47- Sondagem SM 02 para PC2 Ed.Horizonte.....226

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Resumo das características técnicas das obras de estudo.....40
Tabela 2– Estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Poulos e Davis..... 46
Tabela 3– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Vésic..... 47
Tabela 4– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Burland e Burbidge.....48
Tabela 5– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Bowles..... 50
Tabela 6– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Bowles..... 51
Tabela 7– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki.....53
Tabela 8– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki.....54
Tabela 9– Estaca 2 e 3 do Ed.Comodoro para o método de Poulos e Davis.....79
Tabela 10– Estaca 1 e 2 do Ed.Excalibur para o método de Poulos e Davis..... 80
Tabela 11– Estaca 3 e 4 do Ed.Excalibur para o método de Poulos e Davis..... 81
Tabela 12– Estaca 1 e 2 do Ed.Maestria para o método de Poulos e Davis.....82
Tabela 13– Estaca 1 e 2 do Ed.Orla 14 para o método de Poulos e Davis.....83
Tabela 14– Estaca 1 e 2 do Ed.You para o método de Poulos e Davis..... 84
Tabela 15– Estaca 3 do Ed.You para o método de Poulos e Davis..... 85
Tabela 16– Estaca 1 e 2 do Ed.Horizonte para o método de Poulos e Davis.....86
Tabela 17– Estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Vésic..... 87
Tabela 18– Estaca 2 do Ed.Comodoro para o método de Vésic..... 88
Tabela 19– Estaca 3 do Ed.Comodoro para o método de Vésic..... 89
Tabela 20– Estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Vésic.....90
Tabela 21– Estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Vésic.....91
Tabela 22– Estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Vésic.....92
Tabela 23– Estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Vésic.....93
Tabela 24– Estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Vésic..... 94
Tabela 25– Estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Vésic..... 95
Tabela 26– Estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Vésic..... 96
Tabela 27– Estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Vésic..... 97
Tabela 28– Estaca 1 do Ed.You para o método de Vésic.....98
Tabela 29– Estaca 2 do Ed.You para o método de Vésic.....99
Tabela 30– Estaca 3 do Ed.You para o método de Vésic.....100
Tabela 31– Estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Vésic..... 101
Tabela 32– Estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Vésic..... 102
Tabela 33– Estacas do Ed.Comodoro para o método de Burland e Burbidge..... 103
Tabela 34– Estacas 1 e 2 do Ed.Excalibur para o método de Burland e Burbidge..... 104
Tabela 35– Estacas 3 e 4 do Ed.Excalibur para o método de Burland e Burbidge..... 104
Tabela 36– Estacas do Ed.Maestria para o método de Burland e Burbidge..... 105
Tabela 37– Estacas do Ed.Orla 14 para o método de Burland e Burbidge..... 106
Tabela 38– Estacas do Ed.You para o método de Burland e Burbidge.....107
Tabela 39– Estacas do Ed.Horizonte para o método de Burland e Burbidge..... 108

Tabela 40– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Bowles.....109
Tabela 41– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Bowles.....110
Tabela 42– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Comodoro para o método de Bowles.....111
Tabela 43– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Comodoro para o método de Bowles.....112
Tabela 44– Primeira parte da estaca 3 do Ed.Comodoro para o método de Bowles.....113
Tabela 45– Segunda parte da estaca 3 do Ed.Comodoro para o método de Bowles.....114
Tabela 46– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Bowles..... 115
Tabela 47– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Bowles..... 116
Tabela 48– Terceira parte da estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Bowles..... 117
Tabela 49– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Bowles..... 118
Tabela 50– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Bowles..... 119
Tabela 51– Terceira parte da estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Bowles.....120
Tabela 52– Primeira parte da estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Bowles..... 121
Tabela 53– Segunda parte da estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Bowles..... 122
Tabela 54– Terceira parte da estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Bowles.....123
Tabela 55– Primeira parte da estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Bowles..... 124
Tabela 56– Segunda parte da estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Bowles..... 125
Tabela 57– Terceira parte da estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Bowles.....126
Tabela 58– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Bowles.....127
Tabela 59– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Bowles.....128
Tabela 60– Terceira parte da estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Bowles..... 129
Tabela 61– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Bowles.....130
Tabela 62– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Bowles.....131
Tabela 63– Terceira parte da estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Bowles..... 132
Tabela 64– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles.....133
Tabela 65– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles.....134
Tabela 66– Terceira parte da estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles..... 135
Tabela 67– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles.....136
Tabela 68– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles.....137
Tabela 69– Terceira parte da estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles..... 138
Tabela 70– Primeira parte da estaca 1 do Ed.You para o método de Bowles..... 139
Tabela 71– Segunda parte da estaca 1 do Ed.You para o método de Bowles..... 140
Tabela 72– Terceira parte da estaca 1 do Ed.You para o método de Bowles.....141
Tabela 73– Primeira parte da estaca 2 do Ed.You para o método de Bowles..... 142
Tabela 74– Segunda parte da estaca 2 do Ed.You para o método de Bowles..... 143
Tabela 75– Terceira parte da estaca 2 do Ed.You para o método de Bowles.....144
Tabela 76– Primeira parte da estaca 3 do Ed.You para o método de Bowles..... 145
Tabela 77– Segunda parte da estaca 3 do Ed.You para o método de Bowles..... 146
Tabela 78– Terceira parte da estaca 3 do Ed.You para o método de Bowles.....147
Tabela 79– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Bowles.....148
Tabela 80– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Bowles.....149

Tabela 81– Terceira parte da estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Bowles..... 150
Tabela 82– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Bowles.....151
Tabela 83– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Bowles.....152
Tabela 84– Terceira parte da estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Bowles..... 153
Tabela 85– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki...154
Tabela 86– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki...155
Tabela 87– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki...156
Tabela 88– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki...157
Tabela 89– Primeira parte da estaca 3 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki...158
Tabela 90– Segunda parte da estaca 3 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki....159
Tabela 91– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki..... 160
Tabela 92– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki..... 161
Tabela 93– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki..... 162
Tabela 94– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki..... 163
Tabela 95– Primeira parte da estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki..... 164
Tabela 96 - Segunda parte da estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki.....165
Tabela 97– Primeira parte da estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki..... 166
Tabela 98– Segunda parte da estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki..... 167
Tabela 99 - Primeira parte da estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Cintra e Aoki.....168
Tabela 100– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Cintra e Aoki.....169
Tabela 101– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Cintra e Aoki.....170
Tabela 102– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Cintra e Aoki....171
Tabela 103– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Cintra e Aoki.....172
Tabela 104– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Cintra e Aoki.....173
Tabela 105– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Cintra e Aoki.....174
Tabela 106– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Cintra e Aoki.....175
Tabela 107– Primeira parte da estaca 1 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki..... 176
Tabela 108– Segunda parte da estaca 1 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki..... 177
Tabela 109– Primeira parte da estaca 2 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki..... 178
Tabela 110– Segunda parte da estaca 2 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki.....179
Tabela 111– Primeira parte da estaca 3 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki.....180
Tabela 112– Segunda parte da estaca 3 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki.....181
Tabela 113– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Cintra e Aoki.... 182
Tabela 114– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Cintra e Aoki.... 183
Tabela 115– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Cintra e Aoki.... 184
Tabela 116– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Cintra e Aoki.... 185
Tabela 117– Taxa de erro por método em comparação com a sua prova de carga estática.... 186
Tabela 118– Taxa de erro para a média dos 3 métodos em comparação com a prova de carga estática.....187
Tabela 119 - Módulo de elasticidade o solo em função do SPT..... 189
Tabela 120 - Valores de Ec.....192

Tabela 121 - Valores de Cp..... 192
Tabela 122 - Valores de K e α..... 193
Tabela 123 - Fatores F1 e F2.....194
Tabela 124 - Módulo de elasticidade o solo em função do SPT..... 196
Tabela 125- Características das estacas ensaiadas Ed.Comodoro.....198
Tabela 126- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.Comodoro..... 198
Tabela 127- Estaca PC1..... 199
Tabela 128 - Estaca PC2..... 199
Tabela 129 - Estaca PC3..... 200
Tabela 130- Características das estacas ensaiadas Ed.Excalibur..... 203
Tabela 131- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.Excalibur.....203
Tabela 132- Estaca PC1..... 203
Tabela 133- Estaca PC2..... 204
Tabela 134- Estaca PC3..... 204
Tabela 135- Estaca PC4..... 205
Tabela 136- Características das estacas ensaiadas Ed.Maestria.....210
Tabela 137- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.Maestria..... 210
Tabela 138- Estaca PC1..... 210
Tabela 139- Estaca PC2.....211
Tabela 140- Características das estacas ensaiadas Ed.Orla 14.....214
Tabela 141- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.Orla 14..... 214
Tabela 142- Estaca PC1..... 214
Tabela 143- Estaca PC2..... 215
Tabela 144- Características das estacas ensaiadas Ed.You..... 218
Tabela 145- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.You.....218
Tabela 146- Estaca PC1..... 218
Tabela 147- Estaca PC2..... 219
Tabela 148- Estaca PC3..... 219
Tabela 149- Características das estacas ensaiadas Ed. Horizonte.....223
Tabela 150- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.Horizonte..... 223
Tabela 151- Estaca PC1..... 223
Tabela 152- Estaca PC2..... 224

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Métodos semiempíricos para a estimativa de recalque.....29
Quadro 2 - Métodos Semiempíricos de Estimativa de Recalque.....41
Quadro 3 – Relação do furo de sondagem com as estacas de ensaio dos edifícios analisados.45
Quadro 4 – Principais informações de todas as estacas avaliadas..... 56
Quadro 5 – Resultados dos recalques por método..... 57
Quadro 6 – Média da taxa de erro.....69
Quadro 7 – Resultados finais dos métodos..... 71

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Área da ponta da estaca
Amed	Área média da seção transversal da estaca
Cp	Índice em função do solo e do tipo de estaca
Cs	Coeficiente que depende do tipo da estaca
db	Diâmetro da base
D	Diâmetro da estaca
Ec	Módulo de elasticidade do material da estaca (concreto)
Es	Módulo de elasticidade da camada de solo
F	Fator de correção que depende do tipo de estaca
F1	Fator de redução
h	Distância entre o ponto de aplicação da carga até o topo da camada H
H	Espessura da camada subjacente
If	Fator de embutimento
Ip	Fator de influência total de recalque
Io	Fator de influência básico para uma camada
K	Coeficiente que depende do tipo de solo
L	Comprimento da estaca
Li	Comprimento da camada "i"
Mls	Fator de forma
N	NSPT estimado na ponta da estaca
N60	Número de golpes no ensaio SPT
p	Recalque total do solo
P	Carga aplicada na estaca
P1	Esforço normal médio da camada em questão
Pe	Encurtamento elástico da estaca
Pi	Esforço normal médio na camada "i"
Pp	Reação da ponta da estaca
Pmed	Carga axial média na camada
Ps	Recalque devido ao solo
qb	Carga aplicada
qp	Reação da ponta da estaca
Q	Carga aplicada
Qlat	Carga lateral no estágio de carregamento
Qp	Carga na ponta no estágio de carregamento

Rh	Fator de correção para profundidade
Rk	Fator de correção para rigidez
RLi	Resistência ao atrito lateral
Rv	Fator de correção para espessura da camada
S	Recalque total
Sb	Recalque
Se	Recalque por encurtamento elástico
Sf	Recalque devido a distribuição de carga na estaca
Sp	Recalque devido ao solo
We	Somatório do recalque ao longo da estaca
w	Recalque total da estaca
αss	Fator que depende da distribuição do atrito na estaca
ϕ	Diâmetro da estaca
υs	Coeficiente de Poisson do solo
Δl_i	Comprimento da camada
Δσ	Soma das duas parcelas de tensão
Δσi	Acréscimo de tensões
Δσp	Acréscimo de tensões
Δq	Carga sobre a fundação
ΔH_{pt}	Recalque na ponta da estaca
$\Delta H_{s,s}$	Recalque em cada segmento de comprimento da estaca

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....17
1.1 Problema de pesquisa..... 18
1.2 Justificativa.....19
1.3 Objetivos..... 20
1.3.1 Objetivo geral.....20
1.3.2 Objetivo específico..... 20
2 REVISÃO DE LITERATURA.....21
2.1 Fundações em Engenharia Civil..... 21
2.1.1 Tipos de fundações.....21
2.2 Estacas.....22
2.2.1 Estacas de hélice contínua monitorada..... 22
2.3 Investigação geotécnica por SPT..... 23
2.4 Prova de carga estática - PCE.....25
2.5 Contexto geotécnico da Orla 14 em Palmas - TO.....26
2.6 Recalques em fundações..... 26
2.7 Métodos de estimativas de recalques em estacas.....27
2.7.1 Métodos semiempíricos..... 27
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... 32
3.1 Seleção dos empreendimentos analisados..... 33
3.2 Apresentação dos dados dos edifícios.....34
3.2.1 Edifício Comodoro.....34
3.2.2 Edifício Excalibur..... 35
3.2.3 Edifício Maestria.....36
3.2.4 Edifício Orla 14.....37
3.2.5 Edifício You..... 38
3.2.6 Edifício Horizonte.....39
3.3 Ensaio de Prova de carga estática - PCE..... 40
3.4 Métodos semiempíricos de estimativa de recalques.....41
3.5 Análise estatística e tratamento de dados..... 42
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....44
4.1 Análise da aplicação dos métodos semiempíricos..... 44
4.1.1 Método de Poulos e Davis..... 45
4.1.2 Método de Vésic..... 46
4.1.3 Método de Burland e Burbidge.....48
4.1.4 Método de Bowles..... 49
4.1.5 Método de Cintra e aoki.....53
4.2 Discussão dos resultados.....56
4.2.1 Método de Poulos e Davis (1980).....58
4.2.2 Método de Vésic (1969).....59

4.2.3 Método de Burland e Burbidge (1985)..... 61
4.2.4 Método de Bowles (1996)..... 62
4.2.5 Método de Cintra e Aoki (2010)..... 64
4.3 Análise estatística dos resultados..... 66
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 70
REFERÊNCIAS..... 73
APÊNDICES..... 78
ANEXOS..... 188

1 INTRODUÇÃO

As fundações são elementos de estrutura responsáveis por transmitir, de forma segura e eficiente, as cargas da superestrutura ao pavimento (Bezerra; Neto; Souza, 2024). Elas são indispensáveis, especialmente em regiões onde o solo superficial não possui resistência suficiente. Segundo Castro (2024), além da capacidade de carga, é preciso levar em consideração o recalque, deformação vertical da fundação, visto que ele influencia diretamente na estabilidade e no desempenho da estrutura durante os anos.

A estimativa precisa do recalque em estacas depende de diversos parâmetros, como o tipo e as propriedades do solo, as condições de geometria da fundação e os modelos de cálculo adotados (Rauecker, 2018). Conforme análise de Gonçalves (2008), alguns ensaios, como a prova de carga estática, fornecem dados precisos sobre a capacidade de carga e o recalque da estaca. No entanto, segundo Huckeber (2025), sua aplicação extensiva é limitada por alto custo, disponibilidade de equipamentos específicos e elevado tempo de execução.

Nestas situações, os métodos semiempíricos surgem como ferramentas de apoio amplamente utilizadas na engenharia geotécnica. Conforme análise de Cintra (2010) e Santos (2015), estas abordagens combinam fundamentos teóricos da mecânica dos solos com ajustes por meio de dados experimentais, permitindo a estimativa de recalque com certa rapidez e praticidade. Ainda assim, a existência de várias metodologias distintas, dificulta a seleção do modelo mais adequado, sobretudo em condições geotécnicas específicas.

Com o avanço da urbanização na região da Orla 14 e a utilização de estacas do tipo hélice contínua, torna-se fundamental avaliar a eficiência dos métodos de cálculo adotados, com base em dados reais obtidos por meio de provas de carga. Essa necessidade se intensifica devido às características geológicas e geotécnicas específicas da área, situada no entorno do Lago de Palmas-TO, tendo em vista a presença do lençol freático superficial, que exerce influência direta sobre o comportamento das fundações.

Por fim, este trabalho teve o intuito identificar, dentre os métodos avaliados, aquele que apresenta maior precisão em relação aos resultados experimentais, considerando seu desempenho estatístico e a proximidade com o valor real obtido em campo. A análise proposta visa fornecer informações técnicas para escolhas mais seguras e eficientes no dimensionamento de fundações profundas, contribuindo para a melhoria da prática geotécnica local e a otimização de projetos em locais com condições semelhantes.

1.1 Problema de pesquisa

O dimensionamento e o desempenho de fundações profundas nos edifícios estão diretamente associados à precisão na estimativa de recalque, que, por sua vez, depende de múltiplos fatores relacionados às características do solo, ao tipo de fundação utilizada e à metodologia de cálculo empregada. No contexto da engenharia civil, atualmente, apesar do avanço nos ensaios de campo, como é o caso dos ensaios de prova de carga estática, ainda é comum a utilização de métodos semiempíricos de cálculo para a estimativa de recalques, devido à sua facilidade, aplicabilidade, e confiabilidade durante as fases do projeto.

No entanto, existe uma grande variedade de modelos de cálculo disponíveis, os quais apresentam fundamentos teóricos, características e critérios de aplicação distintos, o que pode gerar dúvidas quanto à escolha mais assertiva para um determinado tipo de solo e condição geotécnica específica, como é o caso da região da Orla 14 de Palmas-TO.

Diante do exposto, evidencia-se a necessidade de analisar, com base em dados reais conseguidos através de ensaios de campo, a aplicabilidade dos métodos semiempíricos clássicos nas estimativas de recalques em fundações profundas. Logo, buscou-se responder de forma clara e objetiva o principal questionamento que norteia este estudo: Qual o método semiempírico mais adequado para estimar o recalque em fundações profundas tipo estaca, da região da Orla 14 em Palmas-TO?

1.2 Justificativa

A estimativa precisa dos recalques em fundações profundas é uma questão muito importante para garantir a segurança, estabilidade e durabilidade das estruturas, conforme destacam Araújo, Ferreira e Gusmão (2021). Um erro neste processo pode gerar desde manifestações patológicas leves até falhas estruturais mais graves, comprometendo tanto a funcionalidade quanto a vida útil da edificação. Na região da Orla 14, em Palmas-TO, o avanço urbano tem impulsionado a construção de edificações verticais em áreas próximas ao lago, o que reforça a necessidade de atenção ao comportamento das fundações, dadas as possíveis influências das condições geotécnicas locais.

Apesar dos ensaios de campo, como as Provas de Carga Estática, representarem a forma mais direta e confiável de avaliar o desempenho das estacas, sua execução em larga escala ainda é um pouco limitada, pois, segundo Huckeber (2025), esse teste demanda um investimento elevado de tempo e recursos, o que pode inviabilizar sua aplicação em projetos com cronogramas apertados e orçamentos restritos. Por essa razão, os métodos semiempíricos continuam sendo amplamente utilizados para o dimensionamento de fundações, como ferramenta auxiliar na estimativa de recalque.

Entretanto, a variabilidade de modelos existentes e a ausência de acordos sobre a sua aplicabilidade em determinadas condições geotécnicas pode comprometer a tomada de decisão do engenheiro na hora da escolha do método de cálculo e posteriormente influenciar no dimensionamento da estaca.

Dessa forma, torna-se fundamental analisar de forma comparativa os principais métodos semiempíricos utilizados, verificando a sua performance frente aos dados obtidos em campo, com o intuito de identificar qual melhor representa o comportamento real das fundações na região de estudo. Essa avaliação fornece uma base técnica sólida para a escolha do método mais apropriado, contribuindo para projetos mais seguros, econômicos e alinhados com as reais condições do solo local.

Assim, os resultados encontrados por este trabalho podem servir como referência para futuros projetos, ampliando o conhecimento técnico sobre a região da Orla 14 em Palmas-TO.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Identificar o método semiempírico com melhor desempenho para a estimativa de recalques em estacas, aplicável às fundações profundas executadas na região da Orla 14 em Palmas-TO, utilizando como referência comparativa, os resultados obtidos por meio de ensaios de prova de carga estática.

1.3.2 Objetivo específico

- Definir os métodos de cálculo a serem aplicados na estimativa de recalques em estacas.
- Compilar e categorizar os dados geotécnicos e de ensaios de Provas de Carga Estática realizados em estacas locais, com ênfase na identificação dos parâmetros que permitam avaliar a precisão dos métodos semiempíricos aplicados.
- Aplicar os métodos semiempíricos selecionados para estimar os recalques nas condições específicas da área de estudo e comparar quantitativamente os resultados obtidos com os dados experimentais das Provas de Carga Estática.
- Avaliar o desempenho dos métodos em termos de precisão e aplicabilidade às condições locais, por meio da análise estatística dos dados coletados, visando à validação dos valores obtidos.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Fundações em Engenharia Civil

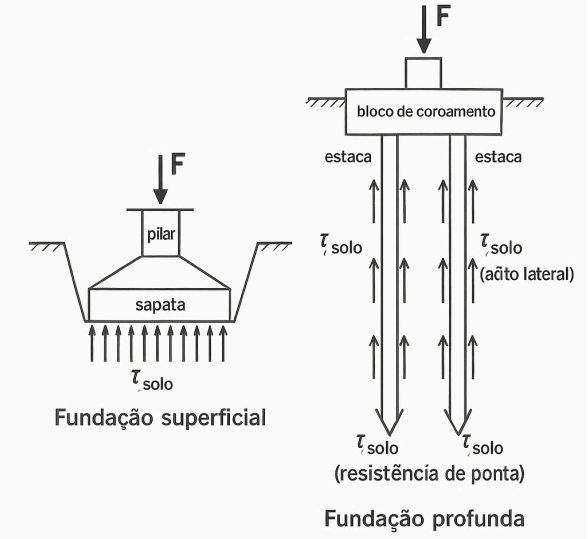
Fundações são definidas como elementos estruturais que irão transmitir as cargas de uma estrutura ao terreno (Bezerra; Neto; Souza, 2024). Esse sistema da construção é encarregado de receber as cargas da construção (peso próprio) e as que atuam sobre ela (sobrecargas, ventos, entre outros) e dissipá-las ao solo de modo seguro, garantindo segurança e estabilidade para a estrutura.

Diante do exposto, conforme Cintra e Aoki (2010), a escolha correta do tipo de fundação deve levar em conta os esforços solicitantes da estrutura e as características e comportamentos do solo e dos elementos estruturais componentes das fundações. Logo, garantir a harmonia entre esses fatores é essencial para o desempenho requerido para a fundação e para integridade estrutural do empreendimento.

2.1.1 Tipos de fundações

As fundações classificam-se em dois tipos: fundações superficiais e fundações profundas. Nas superficiais, a carga é transmitida predominantemente por pressões distribuídas sob a base. Já nas profundas, a carga é transmitida ao terreno por resistência de base, atrito lateral ou por ambos (NBR 6122, 2022).

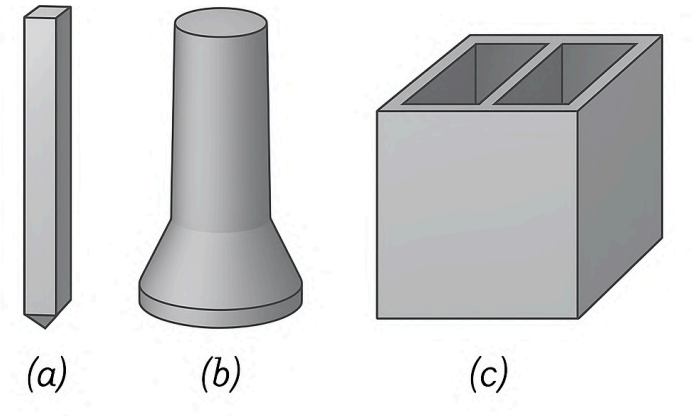
Figura 1 – Transmissão de carga em fundação superficial e profunda



Fonte: Adaptado de Estratégia Concursos (s.d)

As fundações profundas, atualmente, são aplicadas com muita regularidade na construção de empreendimentos de grande porte. Segundo Mello (2018), esse tipo de base é mais utilizada em casos de edifícios altos em que os esforços do vento se tornam consideráveis, ou nos casos que o solo só atinge a resistência desejada em grandes profundidades. Os principais tipos de fundações profundas estão sendo mostrados na figura 2, sendo (a) Estaca, (b) Tubulão e (c) Caixão.

Figura 2 – Tipos de fundações profundas



Fonte: Adaptado de Velloso e Lopes (2010)

2.2 Estacas

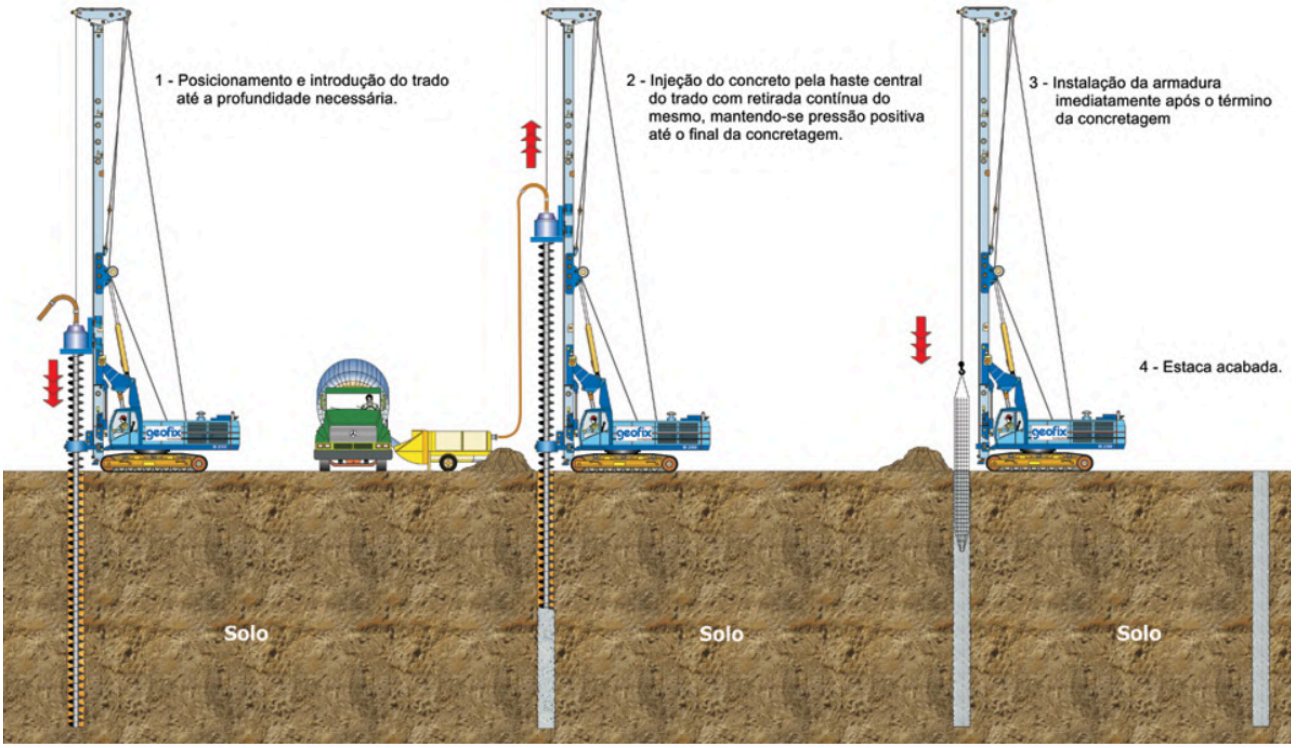
As estacas são elementos esbeltos, implantados no solo por meio de percussão ou pela prévia perfuração do terreno com posterior concretagem, podendo dessa forma serem classificadas em estacas escavadas ou cravadas (Joppert Jr., 2007). Esse tipo de fundação realiza, principalmente, a transmissão de carga a camadas profundas, contenção de empuxos laterais (estacas pranchas) e compactação do solo, podendo ser pré-moldadas ou moldadas in loco (Barros, 2011).

2.2.1 Estacas de hélice contínua monitorada

A NBR 6122 (2022), destaca que as estacas de hélice contínua monitorada são estacas de concreto moldada in loco, executada mediante a introdução no terreno, por rotação, de um trado helicoidal contínuo no terreno e injeção de concreto pela própria haste central do trado, simultaneamente à sua retirada, sendo a armadura introduzida após a concretagem da estaca. As armações são em forma de “gaiola” e são colocadas por gravidade ou por ajuda de um

pilão de pequena carga. Para garantir o cobrimento são utilizadas pastilhas ou roletes (Antunes *et al*.,1998)

Figura 3 – Execução das estacas de hélice contínua



Fonte: Geofix Fundações (s.d)

De acordo com Rebello (2008) e Velloso e Lopes (2012), esse método é recente no Brasil, sua primeira execução se deu no ano de 1987, desde então sua aplicação vem apresentando grande crescimento nos centros urbanos, influenciado principalmente pelo seu processo de execução.

Ademais, a fundação em estacas de hélice contínua monitorada apresenta uma alta produtividade. Seu processo executivo não gera muitos distúrbios sonoros, sendo este um aspecto decisivo em alguns casos de escolha da fundação. Ademais, as vibrações impostas no terreno, por se tratar de uma estaca escavada, não geram maiores problemas no solo local quando comparadas com as estacas cravadas (Freire, 2010).

2.3 Investigação geotécnica por SPT

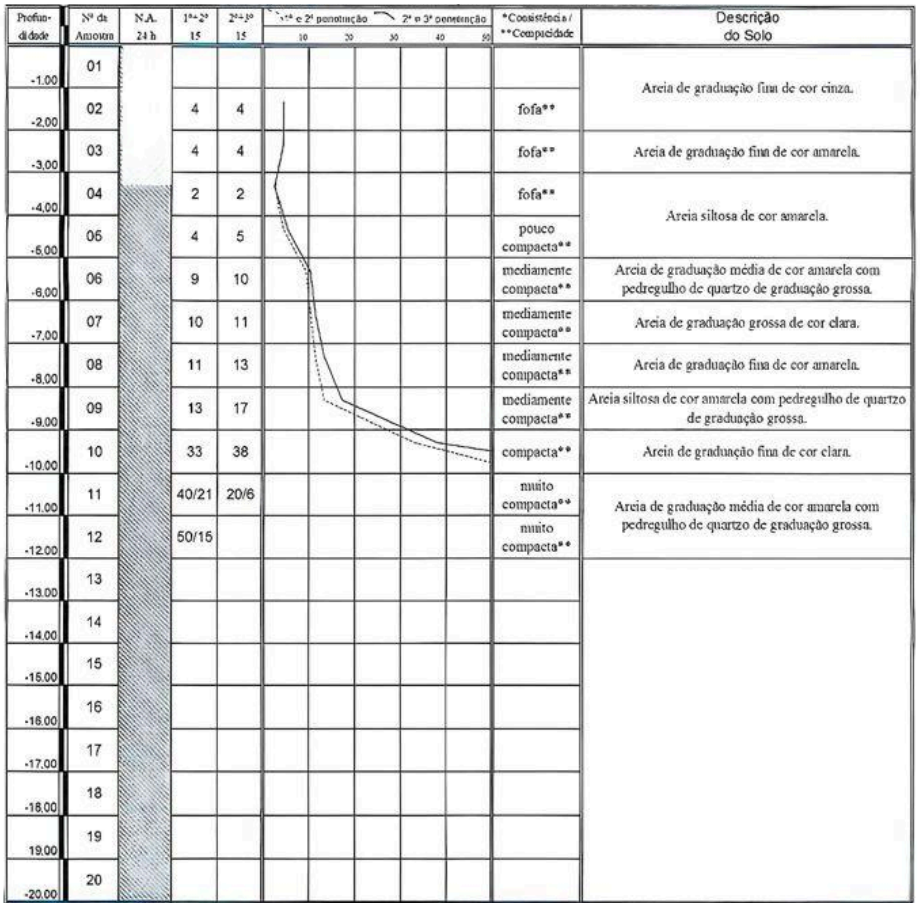
O Standard Penetration Test, é um tipo de investigação geotécnica que fornece informações e características das diversas camadas do solo do terreno utilizado (Souza, 2015). A análise adequada e detalhada da região é fundamental para o dimensionamento de um bom

projeto de fundações, visto que as propriedades do solo variam e afetam sua resistência aos esforços.

Segundo Schnaid e Odebrecht (2012), o ensaio de SPT é um método de investigação do solo bastante popular, rotineiro e econômico, utilizado pelo mundo todo. Isso ocorre devido à simplicidade do equipamento, do processo e pelo baixo custo. No Brasil, a NBR 6484 (2020), regulamenta e especifica todo o processo de execução da sondagem, detalhando desde os equipamentos até os critérios que devem ser analisados nos relatórios finais.

Os laudos de registro deste ensaio, tem por objetivo principal fornecer dados básicos sobre o solo local, como perfil estratigráfico do subsolo, os índices de resistência à penetração (N), a descrição tátil-visual das amostras, as profundidades das camadas e os níveis d'água observados, o que conduz diretamente a interpretação geotécnica. Ademais, define-se que o índice N deve ser encontrado somando-se os golpes das duas últimas camadas de 15 cm de cravação do amostrador - padrão, seguindo um procedimento padronizado que assegura a confiabilidade dos resultados (NBR 6484, 2020). Um exemplo de laudo de sondagem é exibido na figura 4.

Figura 4 – Exemplo de laudo de sondagem da Orla 14 em Palmas-TO



Profundidade	Nº da Amostra	N.A. 24 h	1ª+2ª 15	2ª+3ª 15	1ª e 2ª penetração / 2ª e 3ª penetração (10 20 30 40 50)	*Consistência / **Compacidade	Descrição do Solo
-1.00	01						Areia de graduação fina de cor cinza.
-2.00	02		4	4		fofa**	
-3.00	03		4	4		fofa**	Areia de graduação fina de cor amarela.
-4.00	04		2	2		fofa**	Areia siltosa de cor amarela.
-5.00	05		4	5		pouco compacta**	
-6.00	06		9	10		mediamente compacta**	Areia de graduação média de cor amarela com pedregulho de quartzo de graduação grossa.
-7.00	07		10	11		mediamente compacta**	Areia de graduação grossa de cor clara.
-8.00	08		11	13		mediamente compacta**	Areia de graduação fina de cor amarela.
-9.00	09		13	17		mediamente compacta**	Areia siltosa de cor amarela com pedregulho de quartzo de graduação grossa.
-10.00	10		33	38		compacta**	Areia de graduação fina de cor clara.
-11.00	11		40/21	20/6		muito compacta**	Areia de graduação média de cor amarela com pedregulho de quartzo de graduação grossa.
-12.00	12		50/15			muito compacta**	
-13.00	13						
-14.00	14						
-15.00	15						
-16.00	16						
-17.00	17						
-18.00	18						
19.00	19						
-20.00	20						

Fonte: Técnica Engenharia (2014)

De acordo com Cordeiro (2019), os resultados fornecidos pelos laudos de SPT, irão compor a concepção geotécnica da obra e definir o tipo de fundação a ser executada. Assegurando, assim, um projeto de fundações mais seguro, econômico e compatível com as condições reais do terreno.

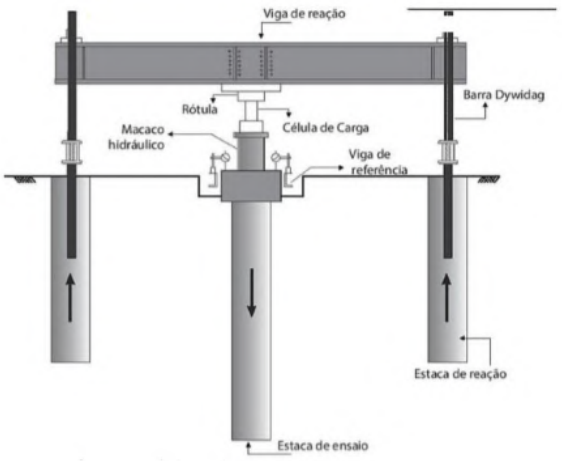
2.4 Prova de carga estática - PCE

A NBR 9607 (2023) define a PCE como um conjunto de atividades destinadas a investigar o desempenho das estruturas através de medição e controle de efeitos causados pela aplicação de ações externas de intensidade e natureza previamente estabelecidas.

Segundo Velloso e Lopes (2010), as PCEs são realizadas em estacas e tubulões, com os intuitos de analisar o comportamento previsto em projeto (capacidade de carga e recalque) e definir a carga de serviço em casos em que não se consegue fazer uma previsão do comportamento. Ademais, os mesmos ainda afirmam que qualquer obra com mais de 100 estacas precisa ter, no mínimo, uma PCE.

Tal ensaio, consiste na aplicação de cargas conhecidas no topo da estaca, em estágios de carga sucessivos e iguais, monitorando os respectivos recalques da ponta da estaca até que seja atingida a ruptura ou a carga máxima determinada, seguido do descarregamento (Cintra *et al*., 2013). Caso se pretenda estabelecer relações entre os resultados da PCE e outros ensaios in loco, estes ensaios devem ser em número não inferior a três. Ademais a PCE pode ser executada por processos de carregamento lento, rápido, misto e cíclico (Albuquerque e Silva, 2023).

Figura 5 – Ensaio de Prova de carga estática



Fonte: Cintra *et al*. (2013)

Segundo Velloso e Lopes (2010), através dos resultados obtidos por esse ensaio, é possível analisar o comportamento real da estaca e determinar se o projeto está dimensionado de maneira adequada.

2.5 Contexto geotécnico da Orla 14 em Palmas - TO

A quadra Orla 14, está situada às margens do Lago de Palmas. Apresenta solo arenoso visivelmente predominante nas primeiras camadas e variadas profundidades para o nível do lençol freático (Naves, 2018).

Um exemplo é o solo do condomínio Vision Residence, localizado na Orla 14, sendo uma região com terreno que é formado basicamente por camadas de areia com coloração variada (Silva, 2017). Além disso, revela o nível de água com cota superficial, com aproximadamente 1m de profundidade, o que faz com que o local apresente baixa resistência nas camadas mais próximas à superfície e maior resistência nas camadas mais profundas.

Diante dessas condições geotécnicas, Naves (2018) aponta que o método de fundação disponível no mercado e mais apropriado para a utilização nessas regiões é o de hélice contínua monitorada. Esse sistema permite obter estacas com diâmetro menor e maior profundidade, contribuindo com a viabilidade técnica e financeira do projeto.

2.6 Recalques em fundações

Recalque é a deformação do solo quando submetido a cargas, provocando movimentação na fundação que, dependendo da intensidade, pode resultar em sérios danos à estrutura. Dessa maneira, fundações mal dimensionadas tendem a ter mais chances de apresentarem recalques (Rebello, 2008).

Segundo Oliveira e Silva (2018), a movimentação da fundação pode ocasionar vários danos na estrutura da edificação onde, dependendo da intensidade, estes podem ser irreversíveis. Além disso, podem ocorrer danos funcionais a edificação, como refluxos ou rupturas de sistemas hidráulicos, empenamento de esquadrias, desgastes de sistemas componentes, entre outros.

Essa deformação depende do tipo de solo, por exemplo, no caso de solos argilosos mais duros, o recalque absoluto é mais comum, já em argilas mais moles tanto o recalque absoluto quanto o diferencial ocorrem com maior intensidade (Magalhães, 2005).

Albuquerque (2001), destaca que a previsão de recalques pode ser determinada através de métodos teóricos, semiempíricos e empíricos. Estes consideram as estacas em meio elástico ou elasto-plástico. Alguns autores, salientam que a transmissão de carga da fundação ao solo é um mecanismo complexo, pois depende de vários fatores, como a resistência ao cisalhamento do solo, a deformabilidade, forma de execução e rigidez da estaca.

2.7 Métodos de estimativas de recalques em estacas

Conforme Velloso e Lopes (2010), a capacidade de carga é determinada por métodos estatísticos, podendo ser teóricos, empíricos ou semiempíricos. A interrelação entre eles é fundamental para que ocorra uma interpretação mais adequada de cada um deles (Amann, 2010).

Os métodos teóricos podem ser definidos como aqueles que se originam estritamente do intelecto humano quando se decide analisar um fenômeno observado e avaliar quais variáveis a serem consideradas em sua declaração (Nielsen Neto, 1991). Tal caso é observado na teoria de Mindlin de 1936, por exemplo. Já, conforme destacado por Nielsen Neto (1991), os métodos empíricos, são aqueles que priorizam a observação do fenômeno para dela extrair análises que permitirão executar novos experimentos, controlados e modificados para a comprovação e enumeração de variáveis que o influenciam, como ocorre no método do empirista Meyerhof de 1956.

Amann (2010), define os métodos semiempíricos como o sistema que parte das formulações teóricas complementando-as a partir de correlações empíricas com os ensaios de campo, eliminando a influência direta das variáveis do ambiente. Dessa forma, os ensaios de campo, ou as sondagens, são partes fundamentais desse tipo de método. Alguns exemplos são os casos de Poulos e Davis de 1980 e Vésic de 1969.

2.7.1 Métodos semiempíricos

Os métodos semiempíricos são muito utilizados no Brasil para a determinação de estimativas de recalque. Tais sistemas de cálculo são muito aplicados por sua facilidade no cálculo e pela proximidade das análises com situações reais (Cunha, 2024)

Décourt (1998), destaca que esse tipo de método possui resultados satisfatórios, pois suas teorias visam estabelecer através de ajustes estatísticos, equações que possuam relação entre os princípios definidos nos métodos teóricos e nos empíricos.

Segundo estudos de Bonan (2017), as estimativas de recalque de estacas pelos métodos de Poulos e Davis (1980) e Bowles (1996), se mostraram bastante concordantes e coerentes com os valores medidos nas Provas de Carga Estática analisadas. A análise de Aguiar *et al*., (2017) também reforça o método de Bowles como um dos métodos com maior proximidade dos valores de recalques estimados e os medidos por ensaios de provas de carga, frente a outros métodos semiempíricos como Aoki-Velloso (1975) que por sua vez, apresentou uma diferença de valores de aproximadamente 97,93% maior em relação aos dados de campo.

Ademais, investigações executadas por Prununciati, Garcia e Rodriguez (2018), obtiveram os melhores resultados com a utilização de métodos como Cintra e Aoki (2010) e Poulos e Davis (1980). Estes se mostraram adequados para o cálculo das estimativas de recalque levando em consideração dados analisados por ensaio SPT. Os autores também analisaram o método de Vésic (1969), que superestimou o valor de recalque em relação a PCE, o que pode ser explicado pelo fato de que este considera as características do solo de modo superficial. Apesar disso, o estudo de Lemos e Mendes (2021) o destaca com grandes índices de confiabilidade para estacas com diâmetros menores.

Nos estudos orientados por Bungenstab, Bicalho e Castello (2010), quatro métodos foram considerados para as análises, Schmertmann (1970), Schmertmann *et al*. (1978), Burland e Burbidge (1985) e Berardi e Lancellota (1991) e concluiu-se que em termos de confiabilidade e precisão o método de Burland e Burbidge (1985) foi o melhor qualificado, com confiabilidade de 100%, enquanto os outros métodos apresentaram por volta de 60%.

Diante do exposto, os métodos semiempíricos selecionados para esse estudo apresentaram resultados satisfatórios em comparação com os dados de campo. O quadro 1 apresenta estes métodos , seu sistema de cálculo e respectivas características.

Quadro 1- Métodos semiempíricos para a estimativa de recalque

MÉTODO (AUTOR/ANO)	FÓRMULA	ELEMENTOS DA FÓRMULA	CARACTERÍSTICAS
Poulos & Davis (1980)	$s = \frac{Q}{(D\ x\ Es)}\ x\ Ip$ (Eq.1)	S = recalque (mm); Q = carga aplicada (kN); D= diâmetro estaca (m); Es = módulo de elasticidade do solo (kN/m²) (Anexo A); Ip = Io*Rk*Rh*Rv (elementos apresentados por ábacos no anexo A).	É um método baseado na teoria da elasticidade e na interação solo-estaca, levando em consideração o módulo de elasticidade do solo, a rigidez da estrutura e a geometria da fundação. O recalque da estaca considera a sua compressibilidade quando imposta a um carregamento axial à compressão (Prununciati; Garcia E Rodriguez, 2017).
Vésic (1969)	$Se = (Qp + \alpha ss\ x\ Qlat) x \frac{L}{A\ x\ Ec}$ (Eq. 2) $Sp = \frac{Cp\ x\ Qp}{\phi\ x\ qp}$ (Eq. 3) $Sf = \frac{Cs\ x\ Qlat}{L\ x\ qp}$ (Eq. 4) $S = Se + Sp + Sf$ (Eq. 5)	Se = recalque por encurtamento elástico (m); Qp= carga na ponta no estágio de carregamento (kN); αss = fator que depende da distribuição do atrito na estaca (Anexo B); Qlat = carga lateral no estágio de carregamento (kN); L = comprimento da estaca (m); A = área da ponta da estaca (m²); Ec = módulo de elasticidade do material da estaca (Concreto) (MPa) (Anexo B); Sp = recalque devido ao solo (m); Cp e Cs = coeficiente que depende do tipo de solo e da estaca (Anexo B); ϕ = diâmetro da estaca (m); qp = reação de ponta da estaca (kPa) (Anexo B); Sf = recalque devido a distribuição de carga na estaca (m); S = Recalque total (m).	Método baseado na elasticidade e correções empíricas. Faz o uso do módulo de elasticidade, da pressão de contato e do diâmetro da estaca. O recalque total por essa abordagem é determinado pela soma das três parcelas de recalque calculadas (Prununciati; Garcia E Rodriguez, 2017).

MÉTODO (AUTOR/ANO)	FÓRMULA	ELEMENTOS DA FÓRMULA	CARACTERÍSTICAS
Burland & Burbidge (1985)	Areias adensadas: $Sb = 1,67\ x\ \frac{qb\ x\ db^{0,7}}{(N60)^{1,4}}$ (Eq.6) Areias pré adensadas: $Sb = 0,556\ x\ \frac{qb\ x\ db^{0,7}}{(N60)^{1,4}}$ (Eq.7)	Sb = recalque (mm); qb = carga aplicada (KPa); db = diâmetro da base (m); N60 = número de golpes no ensaio SPT corrigido (Anexo C).	Método baseado em dados de campo e de ensaios SPT. É utilizado para fundações profundas presentes em solos arenosos ou argilosos e fornece os valores médios de recalque sem considerar a rigidez estrutural. Quando o solo abaixo da fundação é muito permeável e arenoso, os recalques ocorrem de maneira instantânea após a aplicação das cargas (Reis *et al*., 2024)
Bowles (1996)	$\Delta H_{s,s} = \frac{Pmed\ x\ \Delta L_i}{A_{med}\ x\ E_c}$ (Eq. 8) We = $\Sigma\ \Delta H_{s,s}$ (Eq. 9) $\Delta H_{pt} = \Delta q\ x\ D\ x\ \frac{1-\upsilon s^2}{E_s}\ x\ mls\ x\ if x\ F1$ (Eq. 10) W = $W_e + \Delta H_{pt}$ (Eq. 11)	$\Delta H_{s,s}$ = recalque em cada segmento de comprimento da estaca (m); $Pmed$ = carga axial média na camada (kN); Δl_i = comprimento da camada (m); Amed = área média da seção transversal da estaca (m²); Ec = módulo de elasticidade do material da estaca (Concreto) (kN/m²); We = somatório do recalque ao longo da estaca (mm); ΔH_{pt} = recalque na ponta da estaca (mm); Δq = carga sobre a fundação (kN); D = diâmetro da estaca (m); υs = coeficiente de Poisson do solo (Bowles, 1996, sugere o valor 0,35); Es = módulo de elasticidade do solo abaixo da ponta da estaca (kN/m²); (Anexo D) Mls = 1 (fator de forma); if = fator de embutimento, sendo: ● 0,55 se L/D ≤ 5 ● 0,50 se L/D > 5; F1: fator de redução variando entre valores de 0,25 a 0,75 (relação apresentada no anexo D); w = recalque total da estaca (mm).	Método que combina elasticidade com ajustes empíricos e teóricos. Estima recalques imediatos, levando em conta parâmetros como módulo de elasticidade, pressão de contato da estaca e a força axial média. Muito adotado em projetos devido a sua praticidade. Bowles (1996) define que os recalques totais em estacas são a soma do recalque em cada segmento de comprimento da estaca e do recalque da ponta dela.

MÉTODO (AUTOR/ANO)	FÓRMULA	ELEMENTOS DA FÓRMULA	CARACTERÍSTICAS
Cintra & Aoki (2010)	$Pi = P - \frac{RLi}{2}$ (Eq. 12) $pe = \frac{1}{A\,x\,Ec}\,x\,\Sigma(Pi\,x\,Li)$ (Eq. 13) $\Delta\sigma p = \frac{4\,x\,Pp}{\Pi\,x\,(D+h+\frac{H}{2})^2}$ (Eq. 14) $\Delta\sigma i = \frac{4\,x\,RLi}{\Pi\,x\,(D+h+\frac{H}{2})^2}$ (Eq. 15) $ps = \Sigma(\frac{\Delta\sigma}{Es}\,x\,H)$ (Eq.16) $p = pe + ps$ (Eq.17)	Pi = esforço normal médio na camada "i" (kN) (esforço nas camadas seguintes calculado conforme anexo C); P = carga aplicada na estaca (kN); RLi = resistência ao atrito lateral (kN); pe = encurtamento elástico da estaca (mm); A = área da seção transversal do fuste da estaca (m²); Ec = módulo de elasticidade do material da estaca (Concreto) (kN/m²); Li = comprimento da camada "i" (m); Δσp e Δσi = acréscimo de tensões (kPa); Pp = reação da ponta da estaca (kN); D = diâmetro da estaca (m); h = distância entre o ponto de aplicação da carga até o topo da camada H (m); H = espessura da camada subjacente (m); ps = recalque devido ao solo (mm); Δσ = soma das duas parcelas de tensão; Es = módulo de elasticidade da camada do solo (kN/m²); p = recalque total do solo (mm).	É um método semiempírico brasileiro, baseado em SPT e nos dados do solo nacional, devido a isso pode apresentar limitações fora da região brasileira. Apresenta fácil aplicação para fundações profundas e se adapta de maneira fácil às condições locais. A estimativa de recalque de Cintra e Aoki (2010) é baseada na divisão do recalque de uma estaca por meio do encurtamento elástico e recalque do solo (Makkai e Soares, 2020).

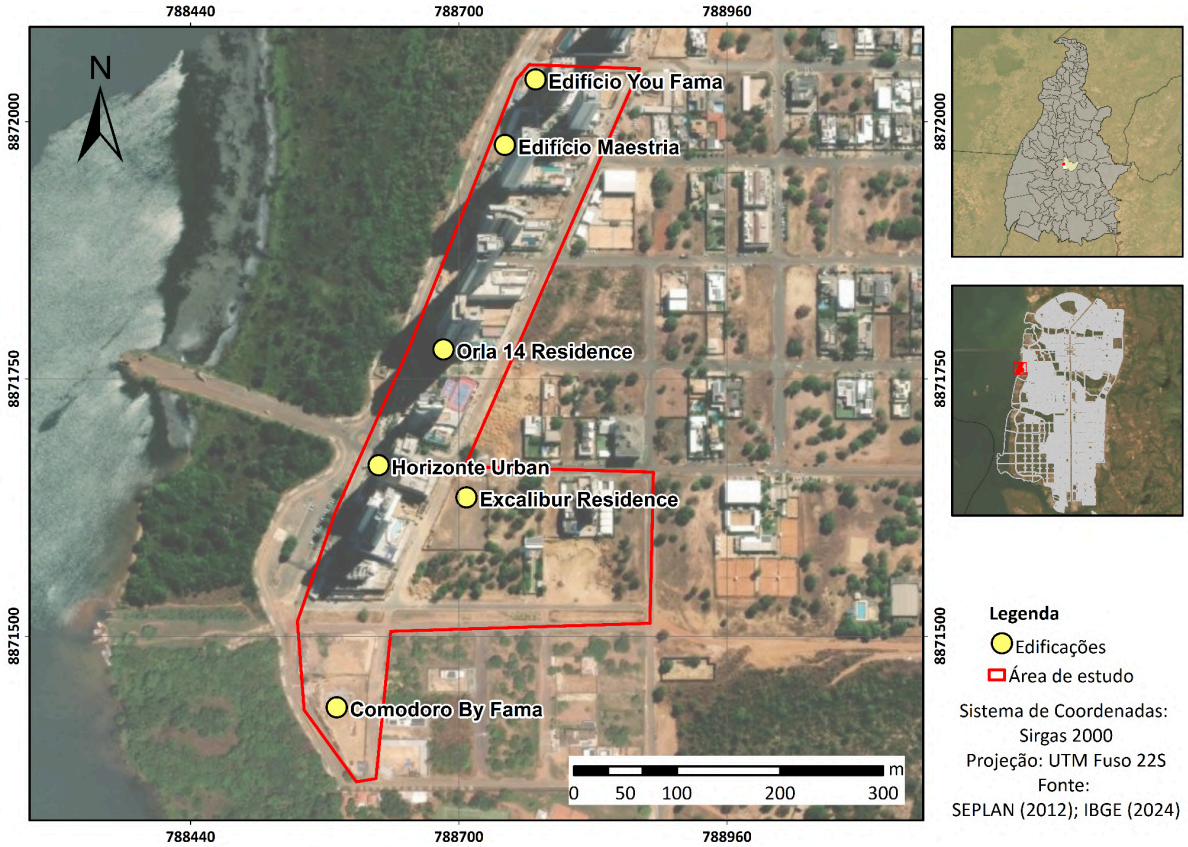
Fonte: Autor (2025)

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa adota uma metodologia de estudo de caso, combinando análise quantitativa e qualitativa. Foi adotada uma estratégia metodológica para a determinação de recalques em estacas, realizando a comparação entre os métodos semiempíricos utilizados para tais estimativas e os dados de deslocamento obtidos por meio de relatórios de ensaios de PCEs realizados nas fundações profundas executadas na região de estudo entre os anos de 2017 a 2024, com o objetivo de determinar o sistema de cálculo com melhor desempenho técnico a ser adotado no local.

Os edifícios selecionados estão localizados na região do Plano Diretor Sul, mais precisamente na quadra Orla 14 da cidade de Palmas-TO, conforme expõe a figura 6. Nesse contexto, todos os empreendimentos apresentam fundações em estacas do tipo hélice contínua, contendo características geotécnicas semelhantes, influenciadas por sua proximidade ao Lago de Palmas.

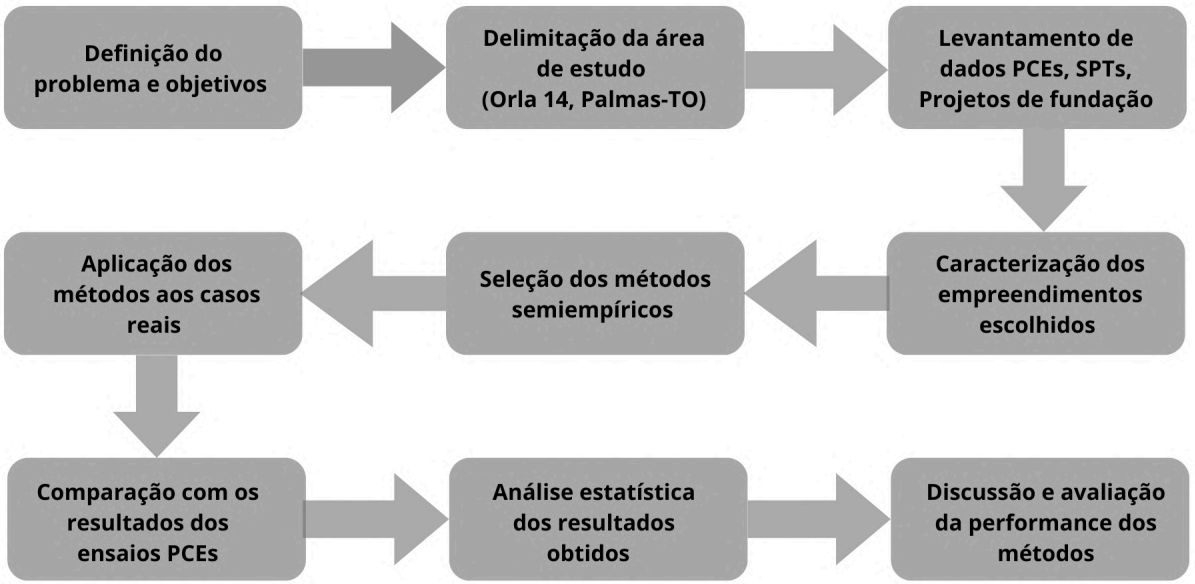
Figura 6 – Delimitação da região de estudo na quadra Orla 14 em Palmas - TO



Fonte: Adaptado do Qgis (2025)

As etapas que foram desenvolvidas ao longo do estudo, estão sintetizadas sequencialmente e esquematicamente no fluxograma metodológico apresentado pela figura 7. O esquema contempla desde a definição da área de estudo, levantamento dos dados de campo, seleção e aplicação dos métodos semiempíricos que foram utilizados para a determinação das estimativas de recalques, até a análise comparativa dos resultados com as informações experimentais das PCEs, resultando na avaliação da performance de cada um dos métodos.

Figura 7 – Fluxograma metodológico



Fonte: Autor (2025)

3.1 Seleção dos empreendimentos analisados

Para esta análise, foram escolhidas seis edificações presentes na quadra Orla 14, no Plano Diretor Sul, seguindo critérios técnicos e metodológicos, como tipo de solo e o mesmo modelo de fundação com estacas do tipo hélice contínua. Destaca-se ainda, que pela proximidade com o Lago de Palmas, ocorre a presença de lençol freático superficial na região, apresentando-se com profundidade variável entre 0 a 4m, conforme analisou Garcia (2017).

Outro critério, foi a disponibilidade de laudos técnicos completos. As obras incluídas nestes estudos apresentam relatórios de PCE, projetos de fundação e de Sondagem à Percussão ou Sondagem de reconhecimento misto em condições adequadas para a análise, contendo informações claras sobre os parâmetros de carga, recalque e tipo de solo.

3.2 Apresentação dos dados dos edifícios

3.2.1 Edifício Comodoro

O Edifício Comodoro é um prédio residencial, construído pela empresa Fama Empreendimentos, apresentando aproximadamente 152 metros de altura e 46 pavimentos. Está localizado na quadra Orla 14, em Palmas - TO.

Para caracterização do subsolo, em setembro de 2022, foram realizados 4 furos de sondagens SPT. Os perfis mostram, principalmente, camadas de areia fina e sedimentos arenosos sobrepostos por cascalho e seixo rolado, foi observado também uma camada de pedregulho de quartzo, o que limitou o avanço da perfuração a 14m.

Figura 8– Edifício Comodoro

Fonte: Fama Empreendimentos (s.d)

O projeto executivo de fundação utilizou estacas do tipo hélice contínua monitorada, com diâmetros de 40 e 60 cm, e apresentou blocos de coroamento convencionais na periferia e radier estaqueado no núcleo central do empreendimento, local onde se concentram as maiores cargas.

Para verificar o desempenho da fundação adotada, em março de 2023,foram realizadas três provas de carga estática em estacas de ensaio (com comprimentos de até 19 m e diâmetro de 60 cm), submetidas a carregamentos superiores às de trabalho. Os resultados mostraram

atendimento aos critérios de segurança e estabilidade exigidos pela norma NBR 6122 (2019), incluindo uma estimativa de carga de ruptura eficiente diante dos métodos de Décourt e Quaresma e Van der Veen, parâmetros que foram utilizados pela empresa executora do ensaio.

3.2.2 Edifício Excalibur

O Edifício Excalibur, localizado na quadra Orla 14, em Palmas - TO é um empreendimento residencial da Cooperativa Habitacional Excalibur Residence que apresenta cerca de 200 metros de altura e 55 pavimentos. Seu projeto executivo, escolheu estacas do tipo hélice contínua monitorada, com diâmetros de 40, 50 e 60 cm e profundidades variantes, conforme o arranjo do projeto executivo e a configuração dos blocos de coroamento.

Figura 9– Edifício Excalibur

Fonte: Surgiu (2024)

Para a caracterização do solo, em setembro de 2023, foram realizadas sondagens que identificaram perfis de subsolo predominantemente arenosos com presença de pedregulhos e fragmentos de quartzo, o que limitou o avanço da perfuração.

Na etapa de verificação de desempenho da fundação, foram realizadas quatro provas de carga estática em estacas de ensaio (com comprimentos de mais de 17 m e diâmetros de 60 cm), submetidas a carregamentos de mais ou menos 1,6 vezes a sua carga de projeto. Os resultados mostraram coerência entre a capacidade de carga e os recalques analisados.

3.2.3 Edifício Maestria

O Edifício Maestria é um empreendimento residencial da empresa Urban Incorporadora, localizado na quadra Orla 14, em Palmas - TO. O terreno apresenta perfil geotécnico composto por camadas arenosas pouco compactadas com a ocorrência de material rochoso, com nível d'água variando entre 4,3m e 4,8m de profundidade.

Figura 10– Edifício Maestria

Fonte: Janio Cezar Imóveis (S.d)

Diante dessas condições, o projeto de fundação adotou estacas hélice contínua monitorada, com diâmetros de 40 cm, 60 cm e 70 cm, e profundidades médias entre 9 m e 17 m, além de ter as cargas admissíveis variando de 300 kN a 2100 kN, conforme diâmetro e a localização das estacas.

Para a verificação do comportamento das fundações foram realizados em agosto de 2024, ensaios de PCE em duas estacas modelo que apresentam ambas 70 cm de diâmetro e 15 m de profundidade executada, submetidas a 4 estágios de carregamento sucessíveis. Seus resultados mostraram recalques compatíveis e alta capacidade de carga, assegurando a segurança do edifício.

3.2.4 Edifício Orla 14

O Edifício Orla 14, localizado na quadra Orla 14, é um empreendimento residencial da empresa Fama. O projeto de fundações adotou estacas do tipo hélice contínua monitorada, com diâmetros de 70 cm e comprimento de 13,7 m. Para validar o desempenho da fundação, foram realizadas duas provas de carga estática em maio de 2017.

Figura 11– Edifício Orla 14

Fonte: Fama Empreendimentos (s.d)

As estacas foram submetidas a uma carga final de ensaio de 3650 kN, correspondendo a um fator de majoração de 1,60 vezes a carga de projeto (2280 kN). Os resultados dos ensaios, associados aos baixos deslocamentos medidos, classificaram o comportamento das estacas como coerente, atendendo aos critérios de segurança e estabilidade.

As investigações geotécnicas do subsolo, realizadas em novembro de 2014, identificaram um perfil composto predominantemente por camadas de areia com diferentes graduações, além de areia siltosa. Foi constatada a presença de pedregulhos de quartzo em várias profundidades, e o nível d'água foi registrado a partir de 3,20 m.

3.2.5 Edifício You

O Edifício You é um prédio residencial da empresa Fama Empreendimentos que apresenta 36 pavimentos e está localizado na quadra Orla 14, em Palmas - TO. Seu projeto de fundação adotou estacas de hélice contínua monitoradas, com diâmetros de 40 cm e 60 cm e profundidade variando entre 12 m e 18 m, apresentando blocos de coroamento e radier estaqueado em sua base.

Figura 12– Edifício You

Fonte: Fama Empreendimentos (s.d)

As investigações geotécnicas, revelam um perfil de solo composto de areias finas pouco compactadas nos primeiros metros e posteriormente camadas de areias grossas com seixos e outros sedimentos argilo - arenosos, além de nível freático entre 3,8 e 5,0 m.

Nos testes de desempenho, segundo dados de execução da empresa, foram realizadas três provas de carga estática em fevereiro de 2021, com estacas de ensaio apresentando diâmetros entre 40 cm e 60 cm e profundidade variando entre 12 m e 18 m. Os resultados destacaram efeitos satisfatórios, com capacidades de carga previstas em projeto dentro da faixa admissível pela norma NBR 6122 (2019) e pelos métodos de Décourt e Quaresma e Van der Veen, parâmetros utilizados pela empresa executora do ensaio.

3.2.6 Edifício Horizonte

O Edifício Horizonte é um empreendimento residencial da construtora Urban Incorporadora, situado na quadra Orla 14, na Praia da Graciosa, em Palmas - TO. As investigações geotécnicas realizadas em fevereiro de 2022, indicaram um perfil de subsolo composto principalmente por camadas arenosas pouco compactadas a muito compactas, intercaladas com horizontes de areia argilosa e pedregulhos de quartzo, com nível d'água em torno de 3,0 m de profundidade.

Figura 13– Edifício Horizonte

Fonte: Urban (s.d)

O projeto de fundação utilizou estacas de hélice contínua monitorada, com diâmetro de 60 cm e comprimento de 17,12 m. Para a verificação de desempenho, foram realizadas em março de 2023, duas provas de carga estática em estacas de ensaio.

Elas foram submetidas a cargas finais de 2700 kN e 2400 kN, respectivamente, com uma carga de projeto de 1500 kN para ambas, resultando em fatores de majoração de 1,80 e 1,60, nesta mesma ordem. Os ensaios seguiram as prescrições da NBR 6122 (2019), conforme parâmetros da empresa executora do ensaio e os resultados mostraram um comportamento coerente das fundações.

3.3 Ensaio de Prova de carga estática - PCE

As PCEs analisadas foram do tipo estática lenta a compressão, seguindo as prescrições da NBR 16903 (2020). O procedimento deste ensaio de carregamento foi iniciado com uma carga de contato, seguida por incrementos equivalentes a, no máximo, 20% da carga de projeto da estaca ensaiada, sempre com relação ao estágio de carregamento anterior. Esse processo foi mantido nas fases seguintes até que o carregamento apontasse o rompimento do elemento de fundação que foi ensaiado. Após a estabilização dos deslocamentos observados no último estágio, os ensaios foram descarregados em quatro etapas monitoradas.

A seguir, na tabela 1, estão apresentadas as obras escolhidas para o estudo e um resumo de suas características técnicas principais observadas nos relatórios.

Tabela 1- Resumo das características técnicas das obras de estudo

Empreendimento	Tipo de Estaca	Diâmetro (m)	Comprimento (m)	Carga de Projeto (kN)	Carga Aplicada (kN)	Fator de Majoração (FM)
Edifício Comodoro	Hélice Contínua	0,40 a 0,60	15,28 a 19,12	1200 a 1600	2700 a 3000	1,88 a 2,25
Excalibur Residence	Hélice Contínua	0,60	17,12 a 17,20	750 a 1550	2000 a 3000	1,94 a 2,66
Edifício Maestria	Hélice Contínua	0,70	15,00	2350	1800 a 2700	0,77 a 1,15
Edifício Orla 14	Hélice Contínua	0,60	13,70	2280	3650	1,60
Edifício You	Hélice Contínua	0,40 a 0,60	12,00 a 18,00	750 a 1500	1500 a 3000	2,00
Edifício Horizonte	Hélice Contínua	0,60	17,12	750 a 1500	1500	1,60 a 1,80

Fonte: Autor (2025)

3.4 Métodos semiempíricos de estimativa de recalques

Os métodos clássicos selecionados, foram escolhidos por representarem diferentes abordagens teóricas e empíricas para as estimativas de recalques, abrangendo diferentes características de cálculo. Portanto, a diversidade de fundamentos semiempiristas entre os modelos de cálculo, permitiu uma avaliação comparativa mais robusta e abrangente, tornando mais precisa, confiável e prática a escolha do método mais adequado para estimar recalques em estacas na região da Orla 14 em Palmas-TO.

As metodologias adotadas, combinam conceitos teóricos da mecânica dos solos com ajustes baseados em dados experimentais, permitindo a previsão do recalque a partir de parâmetros como carga aplicada, geometria da estaca e características do solo. No quadro 2, são apresentadas as fórmulas dos métodos que serão utilizados. Entre eles estão Poulos e Davis (1980); Vésic (1969); Burland & Burbidge (1985); Bowles (1996) e Cintra & Aoki (2010).

Quadro 2 - Métodos Semiempíricos de Estimativa de Recalque

MÉTODO (AUTOR/ANO)	FÓRMULA
Poulos & Davis (1980)	$s = \frac{Q}{(D\ x\ Es)}\ x\ Ip$ (Eq.1)
Vésic (1969)	$Se = (Qp + \alpha ss\ x\ Qlat) x\ \frac{L}{A\ x\ Ec}$ (Eq. 2) $Sp = \frac{Cp\ x\ Qp}{\phi\ x\ qp}$ (Eq. 3) $Sf = \frac{Cs\ x\ Qlat}{L\ x\ qp}$ (Eq. 4) $S = Se + Sp + Sf$ (Eq. 5)
Burland & Burbidge (1985)	Areias adensadas: $Sb = 1,67\ x\ \frac{qb\ x\ db^{0,7}}{(N60)^{1,4}}$ (Eq.6) Areias pré adensadas: $Sb = 0,556\ x\ \frac{qb\ x\ db^{0,7}}{(N60)^{1,4}}$ (Eq.7)

MÉTODO (AUTOR/ANO)	FÓRMULA
Bowles (1996)	$\Delta H_{s,s} = \frac{Pmed\ x\ \Delta L_l}{A_{med}\ x\ Ec}$ (Eq. 8) We = $\Sigma\ \Delta H_{s,s}$ (Eq. 9) $\Delta H_{pt} = \Delta q\ x\ D\ x\ \frac{1-\nu s^2}{E_s}\ x\ mls\ x\ if x\ F1$ (Eq. 10) W = $W_e + \Delta H_{pt}$ (Eq. 11)
Cintra & Aoki (2010)	$Pi = P - \frac{RLi}{2}$ (Eq. 12) $pe = \frac{1}{A\ x\ Ec}\ x\ \Sigma(Pi\ x\ Li)$ (Eq. 13) $\Delta\sigma p = \frac{4\ x\ Pp}{\Pi\ x\ (D + h + \frac{H}{2})^2}$ (Eq. 14) $\Delta\sigma i = \frac{4\ x\ RLi}{\Pi\ x\ (D + h + \frac{H}{2})^2}$ (Eq. 15) $Ps = \Sigma(\frac{\Delta\sigma}{Es}\ x\ H)$ (Eq.16) $p = pe + ps$ (Eq.17)

Fonte: Autor (2025)

As abordagens utilizadas, foram essenciais em três perspectivas no contexto do estudo, a compatibilidade com as condições geotécnicas da região em observação, a maior aplicabilidade prática em projetos no país e a viabilidade técnica para estimativas confiáveis baseadas nos dados disponíveis - PCE, SPT ou SM-RO e projetos de fundações.

3.5 Análise estatística e tratamento de dados

Foi realizada uma análise estatística descritiva, com o intuito de apresentar os valores obtidos por cada um dos modelos de cálculo, destacando os resultados mais próximos dos encontrados em campo. Tais dados foram a base para entender a variação das respostas encontradas para cada empreendimento analisado e determinar o método com maior grau de confiabilidade.

Os dados foram tratados e organizados no Microsoft Excel, onde foram realizados os cálculos estatísticos e estruturadas as tabelas comparativas para as estacas de cada edifício. Foram também, elaborados gráficos do estilo barras no Canva, permitindo uma visualização mais clara das diferenças entre os métodos analisados e sua posterior interpretação, levando

em conta características específicas de cada prédio, como tipo de solo, comprimento, diâmetro e distribuição das cargas.

Com os resultados dos recalques estimados por cada método para as estacas analisadas, utilizou-se uma estratégia baseada na taxa de erro para identificar o método mais adequado às condições da região da Orla 14. Essa estratégia, representa o afastamento médio das previsões em relação aos valores observados, configurando uma métrica de fácil interpretação por estar diretamente associada ao desempenho real do modelo no contexto estudado (Mentzer e Bienstock, 2010). Além disso, a taxa de erro é muito utilizada nas áreas de estatística, pesquisa e tecnologia da informação, com o objetivo de medir a precisão de processos, avaliar o desempenho de modelos preditivos e identificar locais de melhoria.

Para cada estaca, foi calculada a taxa de erro a partir da diferença absoluta entre o valor real obtido pela PCE e o valor dimensionado pelo método. Em seguida, essa diferença foi dividida pelo valor real e multiplicada por 100%, obtendo-se a taxa de erro em porcentagem. Posteriormente, foi calculada a média das taxas de erro das estacas aprovadas em cada método.

A utilização da diferença absoluta, fez com que todas as taxas de erro partissem do zero ao infinito, possibilitando comparar resultados de forma proporcional. Após essa etapa, definiu-se como critério de aceitabilidade, para as estacas, uma taxa de erro máxima de 25%, em que foram analisadas somente as estacas com erro inferior ou igual a essa taxa..

Por fim, após a análise dos resultados dos métodos individuais, buscou-se reduzir ainda mais a variabilidade das estimativas, adotando-se uma segunda abordagem, a estratégia de cálculo utilizando a média entre os 3 métodos que apresentaram melhor desempenho. Para cada estaca, calculou-se a média aritmética dos resultados obtidos por esses 3 métodos e, na sequência, a taxa de erro correspondente, permitindo uma avaliação justa entre os métodos individuais e a abordagem de média.

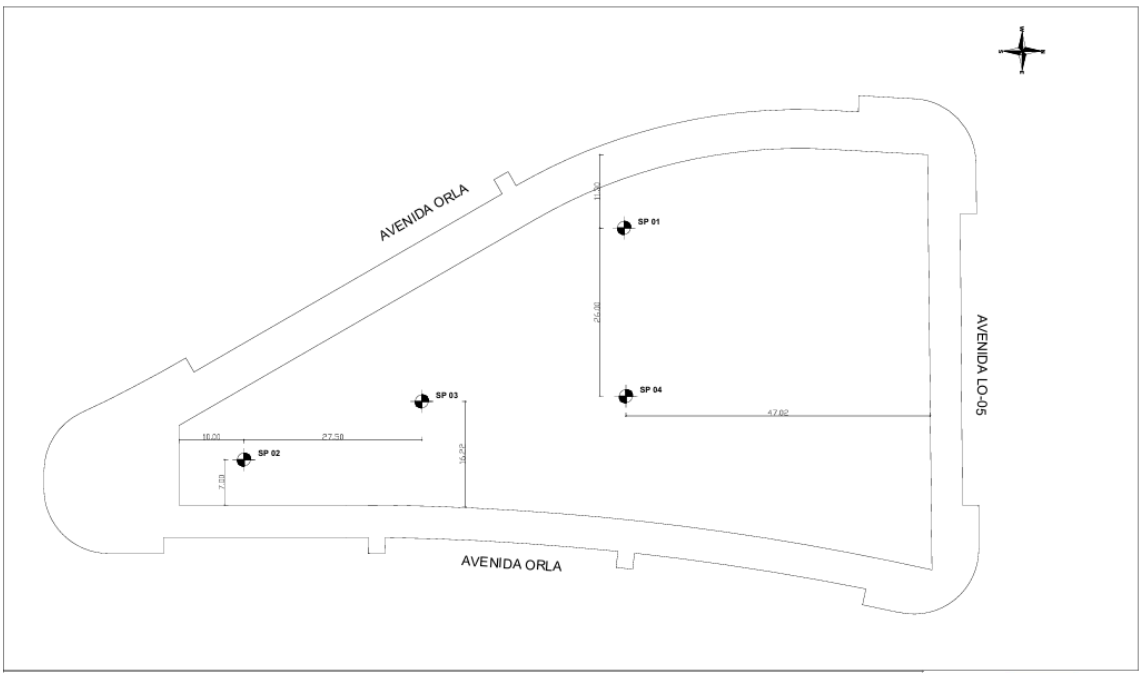
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise da aplicação dos métodos semiempíricos

Nesta seção é demonstrada a aplicação prática dos métodos semiempíricos selecionados para a estimativa de recalques das estacas dos edifícios analisados. Para cada método, descreveu-se como foi a aplicação da fórmula, abrangendo as suas particularidades principais. Para esta finalidade, foi utilizado como exemplo numérico para todos os métodos, a estaca PC1 do edifício Comodoro, servindo de base para o procedimento que foi replicado nas demais estacas do estudo. As outras estacas analisadas neste trabalho terão seus resultados apresentados por meio de tabelas elaboradas no Microsoft Excel, nas quais constam os resultados dos cálculos realizados para cada método semiempírico, apresentados nos apêndices.

O croqui de localização das sondagens das estacas do edifício Comodoro, é apresentado na figura 14, sendo possível visualizar como ficou a disposição dos furos em relação ao edifício e as respectivas estacas de ensaio da PCE analisadas, apresentadas no quadro 3. Essa referência serviu de base para todas as estacas e métodos de cálculo verificados.

Figura 14– Locação esquemática dos furos de sondagem do edifício Comodoro



Fonte: Geotins (2022)

Quadro 3 – Relação do furo de sondagem com as estacas de ensaio dos edifícios analisados

PRÉDIO	ESTACA DE ENSAIO	FURO DE SONDAGEM
COMODORO	PC1	SP -02
	PC2	SP- 03
	PC3	SP- 03
EXCALIBUR	PC1	SM-03
	PC2	SP-01
	PC3	SM-04
	PC4	SP-04
MAESTRIA	PC1	SM - 02
	PC2	SM - 03
ORLA 14	PC1	SP-02
	PC2	SP-04
YOU	PC1	SP 01
	PC2	SP 03
	PC3	SP 02
HORIZONTE	PC1	SM - 02 PÁG 3
	PC2	SM - 02 PÁG 4

Fonte: Autor (2025)

4.1.1 Método de Poulos e Davis

→ **<u>Edifício Comodoro - Estaca PC1</u>**

O método de Poulos e Davis é fundamentado na teoria da elasticidade e utiliza fatores de influência para estimar o recalque de uma estaca isolada. A tabela 2 detalha a aplicação do método de Poulos e Davis para a estaca 1 do empreendimento Comodoro e consolida todos os parâmetros de entrada e os fatores de influência calculados (Io, Rk, Rh, Rv) o que resulta no recalque final estimado.

Tabela 2– Estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Poulos e Davis

EDIFICIO COMODORO - POULOS E DAVIS	
ESTACA 1	

Io	
db/d	1
L/d	31,87
Io	0,062

Rh	
h/L	1
L/d	31,87
Rh	0,70

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip

Q (kN)	3000
D (m)	0,60
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,070

Rk	
Ap (m²)	0,28
d (m)	0,60
Ra (m²)	0,60
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	265,71
L/d	31,87
Rk	1,72

Rv	
k	265,71
vs	0,35
Rv	0,94

Ip	
Io	0,062
Rk	1,72
Rh	0,70
Rv	0,94

Recalque (mm)	5,01

Fonte: Autor (2025)

Para a execução desse método, foram considerados dados de carga, diâmetro da estaca e módulo de elasticidade do solo, obtidos nos relatórios de PCEs, nas sondagens e nos anexos deste trabalho, respectivamente. O módulo de elasticidade foi adotado conforme o tipo de material identificado nos laudos de SPT, correspondente a uma areia muito compacta.

A variável que reúne os fatores de influência foi determinada a partir da multiplicação de coeficientes obtidos por meio de ábacos específicos apresentados no anexo A, que consideram a geometria da estaca, as propriedades do solo e a rigidez relativa entre o concreto e o local onde está a fundação. Já o cálculo de rigidez do elemento de fundação, levou em conta o módulo de elasticidade do concreto de classe C30 e a relação entre as características geométricas da estaca e do terreno.

Com os valores dos fatores determinados, foi possível estimar o recalque da PC1 analisada. O resultado obtido, indicou um valor de recalque de 5,01mm, coerente com as condições geotécnicas do local e com o tipo de fundação utilizada.

4.1.2 Método de Vésic

→ **<u>Edifício Comodoro - Estaca PC1</u>**

O método de Vésic é um dos mais tradicionais para a estimativa de recalques em fundações profundas. Sua metodologia consiste em dividir o recalque total em três partes

principais: o recalque devido ao encurtamento elástico, o recalque devido ao solo na ponta e o recalque decorrente do atrito lateral ao longo do fuste.

Tabela 3– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Vésic

EDIFICIO COMODORO - VÉSIC							
ESTACA 1							
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qlat) * (L / (A * Ec))						
Qp (kN)	507,6	**Recalque devido ao solo (mm):**	(Cp * Qp) / (ø * qp)	**Recalque do fuste (mm):**	(Cs * Qlat) / (L * qp)		
ass	0,67					**Recalque total (mm):**	Se + Sp + Sf
Qlat (kN)	1091,4	Cp	0,09	Cs	0,165		
L (m)	19,12	Qp (kN)	507,6	Qlat (kN)	1091,4	Se (mm)	2,70
A (m²)	0,283	ø (m)	0,60	L (m)	19,12	Sp (mm)	7,61
Ec (Mpa)	31000	qp (kPa)	10000	qp (kPa)	10000	Sf (mm)	0,94
Encurtamento elástico (mm):	2,70	**Recalque devido ao solo (mm):**	7,61	**Recalque do fuste (mm):**	0,94	**Recalque total (mm):**	11,26

Fonte: Autor (2025)

Para a aplicação deste método, foram utilizados dados referentes à carga de ponta e a carga lateral, dimensões da estaca, módulo de elasticidade do concreto, índice da distribuição de atrito ao longo do fuste e parâmetros de resistência e deformabilidade do solo. Esses valores foram obtidos por meio dos resultados de PCE e dos relatórios de sondagem, apresentados no anexo B deste trabalho.

A carga de ponta (Qp) representa a parcela da carga aplicada que é transmitida diretamente pela extremidade inferior da estaca ao solo. Já a carga lateral (Qlat) refere-se a parcela mobilizada ao longo do fuste da estaca, em função do atrito entre o fuste e o solo nas camadas adjacentes.

Para a estimativa dessas cargas, optou-se por utilizar o método semiempírico de capacidade de carga de Décourt-Quaresma, devido a sua calibração histórica para solos tropicais brasileiros e pela disponibilidade de coeficientes adequados a geotecnia da região, conforme analisado por Barbosa e Albertini (2022).

Este método fornece também estimativas de resistência de ponta e lateral a partir de dados de SPT ao longo do da estaca, permitindo, segundo Décourt e Quaresma (1978) uma avaliação semiempírica, rápida e razoavelmente precisa. Além disso, quando se fala em capacidade de carga, segundo Probst *et al.*,(2018), é o modelo de cálculo que apresenta resultados mais próximos dos valores encontrados nos ensaios de PCE.

O recalque por encurtamento elástico é determinado a partir da deformação do material da estaca sob a ação das cargas de ponta e atrito lateral. O módulo de elasticidade adotado para o concreto corresponde à classe C30, conforme indicado pela NBR 6122 (2022).

Em seguida, o recalque devido ao solo na ponta da estaca é avaliado com base em coeficientes empíricos que relacionam a rigidez do terreno e a reação de ponta transmitida. Esses parâmetros variam conforme o tipo de solo e para a PC1 do Ed. Comodoro, adotou-se valores específicos para areias compactas, conforme indicado nos laudos de sondagem e nas tabelas de referência.

O terceiro componente, o recalque do fuste, considera a deformação do solo adjacente causado pela parcela de carga transmitida lateralmente. Esse efeito é estimado por meio de um coeficiente que depende da geometria do fuste e do tipo de solo obtido em função dos parâmetros empíricos e do comprimento da estaca.

A partir da soma dos três componentes do recalque, obteve-se o valor total estimado para a estaca PC1, de aproximadamente 11,26mm.

4.1.3 Método de Burland e Burbidge

→ **Edifício Comodoro - Estaca PC1**

Dentre os diversos modelos propostos por para a previsão de recalques em fundações, o método de Burland e Burbidge (1985), destaca-se por sua formulação direta, que estabelece uma correlação entre os resultados do ensaio SPT e o recalque em solos arenosos.

Tabela 4– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Burland e Burbidge

EDIFICIO COMODORO - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 1	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	3000
db (m)	0,60
N60	13,00
Recalque (areias adensadas) (mm):	96,61

Fonte: Autor (2025)

Para o contexto geotécnico da Orla 14, onde está localizado o edifício Comodoro e os demais empreendimentos estudados, o método foi aplicado considerando a formulação proposta para solos com areias adensadas. Essa escolha se deve ao fato de que, embora as camadas superficiais apresentem trechos mais soltos, as estacas analisadas transmitem a maior parte da carga para os estratos mais profundos.

Os valores utilizados no cálculo referem-se à carga aplicada na estaca e ao diâmetro da base, ambos obtidos nos relatórios de PCE do edifício, presente nos anexos. O parâmetro N60, por sua vez, é um fator de correção determinado a partir de valores de SPT corrigidos das sondagens, considerando a energia do equipamento durante o teste, o diâmetro da haste, o tipo de amostrador e a razão entre o comprimento da haste a profundidade do ensaio, conforme critérios propostos por Burland e Burbidge e pela NBR 6484 (2020), que deixa explícito que o número de golpes obtidos em campo pode ser corrigido para a energia padrão de referência, 60%, através da razão de energia do equipamento utilizado.

Com base nesses critérios, foi possível estimar o recalque da estaca modelo, obtendo aproximadamente 96,61mm.

4.1.4 Método de Bowles

→ **Edifício Comodoro - Estaca PC1**

O método proposto por Bowles (1996), estima o recalque de estacas a partir da combinação do somatório do recalque ao longo do fuste com a deformação que ocorre na ponta da estaca.

Tabela 5– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Bowles

EDIFICIO COMODORO - BOWLES	
ESTACA 1	
Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	65,8
Carga axial média na camada "1" (kN)	1532,9

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	435,4
Carga axial média na camada "2" (kN)	1717,7

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	625,97
Carga axial média na camada "3" (kN)	1813,0

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1091,4
Carga axial média na camada "4" (kN)	2045,7

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,45	65,8
2°	10,45	435,4
3°	13,2	625,97
4°	19,12	1091,4

Fonte: Autor (2025)

Tabela 6– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Bowles

EDIFICIO COMODORO - BOWLES

ESTACA 1

Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1532,9
ΔLi (m)	3,45
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00060

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1717,7
ΔLi (m)	10,45
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00205

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1813,0
ΔLi (m)	13,2
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00273

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2045,7
ΔLi (m)	19,12
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00446

Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s
1- ΔHs,s (m)	0,00060
2- ΔHs,s (m)	0,00205
3- ΔHs,s (m)	0,00273
4- ΔHs,s (m)	0,00446
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	9,85

Recalque na ponta da estaca (mm)	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)
Δq (kN)	3000
D (m)	0,60
vs	0,35
Es (kN/m²)	70000
mls	1
if	0,50
F1	0,50
Recalque na ponta da estaca (mm)	5,64

Recalque total (mm)	We + ΔH pt
We (mm)	9,85
ΔH pt (mm)	5,64
Recalque total (mm)	15,49

Fonte: Autor (2025)

Para aplicá-lo, inicialmente divide-se a estaca de acordo com as camadas identificadas no laudo de sondagem (anexo F), pois cada segmento está sujeito a propriedades de solo distintas. A partir dessa divisão, determina-se a carga axial média atuante em cada trecho. No presente trabalho, essa carga foi obtida pela média entre a carga inicial aplicada na estaca e a carga associada ao somatório dos valores NSPT de cada camada, sendo essa estimativa derivada do cálculo prévio da capacidade de carga utilizando o método de Décourt - Quaresma, devido ao fato de ter sido um método já utilizado em modelos de cálculos anteriores neste estudo. Dessa forma, para cada camada foi definido um valor de carregamento médio representativo da parcela de esforço que aquele trecho do fuste suporta.

Com a carga axial definida, determinou-se o encurtamento axial de cada segmento da estaca. Esse fator depende diretamente da intensidade de carga aplicada ao trecho, da profundidade da camada correspondente, da área média da estaca e do módulo de elasticidade do concreto. O procedimento consiste em estimar quanto cada trecho da estaca se deforma elasticamente sob a ação da carga média a que está submetido. Realizou-se esse processo por porção de solo, de modo que cada divisão contribuiu com uma parte do encurtamento proporcional às suas características. Após o cálculo individual de cada segmento, somaram-se os encurtamentos ao longo de toda a estaca, obtendo-se assim o recalque correspondente ao fuste.

Em seguida, calculou-se o recalque na ponta da estaca, utilizando-se a caga inicial aplicada, o diâmetro obtido no laudo de PCE (anexo F), o módulo de elasticidade do solo de apoio, o coeficiente de Poisson característico de areias e solos arenosos e os fatores de correção indicados por Bowles. Entre esses fatores, empregou-se um fator de redução igual a 0,5, adotado pois apesar de existir carga atuando na ponta, a resistência lateral ainda exerce contribuição significativa no sistema de transferência de cargas. Utilizou-se também o valor do fator de forma (Mls) igual a 1, adotado como padrão para o tipo de estaca considerada, além do fator de embutimento (if) igual a 0,5, definido em função da relação entre o comprimento da estaca e o seu diâmetro, uma vez que essa relação foi superior a 5.

Por fim, o recalque total da estaca foi obtido pela soma do recalque acumulado ao longo do fuste com o recalque calculado na ponta, obtendo aproximadamente 15,49 mm. Esse valor, representa a deformação prevista para a estaca sob as condições de carregamento analisadas, segundo os critérios estabelecidos pelo método de Bowles.

4.1.5 Método de Cintra e aoki

→ Edifício Comodoro - Estaca PC1

O método de Cintra e Aoki é um modelo de cálculo semiempírico que busca estimar o recalque de estacas considerando simultaneamente o comportamento estrutural do elemento de fundação e a deformabilidade do solo que o envolve. Ele tem por objetivo, representar a interação estaca-solo de forma progressiva, levando em conta como a carga aplicada se distribui ao longo da estaca e em sua ponta, ideia muito semelhante ao observado no método de Bowles.

Tabela 7– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO COMODORO - CINTRA E AOKI	
ESTACA 1	
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl1 (kN)	65,8
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2967,1

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl3 (kN)	625,97
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	2185,8

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,45	65,8
2°	10,45	435,4
3°	13,2	625,97
4°	19,12	1091,4

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl2 (kN)	435,4
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2716,5

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl4 (kN)	1091,4
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	1327,1

Fonte: Autor (2025)

Tabela 8– Estaca 1 Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO COMODORO - CINTRA E AOKI									
ESTACA 1									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	3917,4	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1091,4	Δσ	16,41	pe (mm)	10,60
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0
∑ (Pi x Li) (kN/m)	92851,40	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	0		
		h (m)	19,12	h (m)	19,12			**Recalque total do solo (mm)**	10,60
Encurtamento elástico da estaca (mm)	10,60	H (m)	0	H (m)	0	**Recalque devido ao solo (mm)**	0		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	12,83	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	3,58				

Fonte: Autor (2025)

Inicialmente foi necessário estabelecer como a carga se transmite pela estaca. Para isso, considerou-se que parte da força aplicada é gradualmente transferida às camadas de solo por atrito lateral, sendo tal força considerada por meio do cálculo de capacidade de carga utilizando o método de Décourt-Quaresma, já utilizado como parâmetro para outros métodos neste trabalho. Dessa forma, foi necessário estabelecer qual o esforço efetivo presente em cada trecho da estaca.

Uma vez definida a carga atuante em cada nível, calcula-se o encurtamento da estaca, analisando trecho por trecho. Essa deformação resulta na combinação entre três fatores principais: a carga média do segmento em análise, a profundidade correspondente àquele trecho e a rigidez axial da estaca, representada pelo módulo de elasticidade do concreto e pela área da seção transversal. A deformação de cada parte é então considerada individualmente, e todas as parcelas são somadas para representar o encurtamento total do fuste.

Além da deformação do elemento estrutural, o método também leva em consideração a compressibilidade do solo. Para isso, utilizou-se o índice de resistência à penetração obtido no SPT como base para a determinação da rigidez das diferentes camadas. Cintra e Aoki em seu método, propõem correlações que permitem transformar os valores de NSPT em estimativas para o módulo de elasticidade do solo, e esses módulos são utilizados para avaliar como cada camada se deforma sob a carga transferida. Cada porção recebe um peso específico no cálculo e por meio da reação de ponta calculada para a estaca, pela profundidade relativa da camada, pelo tipo de solo e pelas dimensões da estaca foi possível obter dois tipos de acréscimo de tensão que afetam a estrutura.

Ademais, no que se refere ao recalque devido ao solo, o método avalia a deformação que ocorre nas camadas abaixo da ponta da estaca. Para isso, foram utilizados três parâmetros: o somatório das tensões calculadas anteriormente, o módulo de elasticidade do solo e a espessura da camada considerada, indicada por H. Logo, é perceptível observar que mesmo que exista um acréscimo de tensão atuando naquela região e o solo tenha uma rigidez conhecida, só há recalque efetivo se houver de fato uma espessura de solo capaz de se deformar.

Por fim, ao juntar as componentes de encurtamento elástico da estaca e a de recalque devido ao solo, obteve-se o recalque total de aproximadamente 10,60mm para a PC1 analisada, notando-se a uma previsão bastante influenciada às condições do solo local.

4.2 Discussão dos resultados

A discussão dos resultados, apresenta a interpretação crítica dos valores estimados pelos métodos semiempíricos em comparação direta com os recalques obtidos nos testes de PCE. Essa etapa, identifica o grau de coerência entre os modelos de cálculo e o comportamento real das estacas analisadas, possibilitando responder de forma assertiva o problema central deste estudo.

No quadro 4, estão destacadas as principais informações sobre as estacas avaliadas , como diâmetro (m), carga aplicada (kN) e o recalque estimado pela PCE (mm). Já no quadro 5, é apresentada uma síntese contendo todos os resultados dos recalques dimensionados, organizados por empreendimento, estaca e métodos empregados no trabalho.

Quadro 4 – Principais informações de todas as estacas avaliadas

EDIFÍCIO	ESTACA	DIÂMETRO (M)	CARGA APLICADA (kN)	RECALQUE ESTIMADO - PROVA DE CARGA (MM)
Comodoro	PC1	0,60	3000	14,88
	PC2	0,60	2700	15,89
	PC3	0,60	3000	9,58
Excalibur	PC1	0,60	3000	9,81
	PC2	0,60	3000	8,01
	PC3	0,60	3000	19,45
	PC4	0,60	2000	4,66
Maestria	PC1	0,70	2700	96,58
	PC2	0,70	1800	98,41
Orla 14	PC1	0,70	3650	24,40
	PC2	0,70	3650	11,68
You	PC1	0,40	1500	54,13
	PC2	0,60	3000	18,54
	PC3	0,60	3000	11,88
Horizonte	PC1	0,60	2700	11,24
	PC2	0,60	2400	9,63

Fonte: Autor (2025)

Quadro 5 – Resultados dos recalques por método

EDIFÍCIO	ESTACA	POULO E DAVIS (1980) (MM)	VÉSIC (1969) (MM)	BURLAND E BURBIDGE (1985) (MM)	BOWLES (1996) (MM)	CINTRA E AOKI (2010) (MM)
Comodoro	PC1	5,01	11,26	96,61	15,49	10,60
	PC2	5,27	10,37	97,26	13,25	8,25
	PC3	7,80	11,43	87,09	15,69	9,96
Excalibur	PC1	4,87	8,41	66,36	26,98	0,28
	PC2	4,87	8,76	79,07	16,94	8,72
	PC3	4,96	8,92	79,07	23,64	5,80
	PC4	3,25	8,92	72,04	13,94	2,20
Maestria	PC1	4,98	11,50	52,99	14,08	2,18
	PC2	3,32	8,51	48,28	13,48	6,52
Orla 14	PC1	5,48	8,33	146,46	15,81	9,29
	PC2	5,48	8,42	107,16	15,63	9,16
You	PC1	10,60	6,13	86,52	13,81	8,70
	PC2	14,12	8,31	87,09	26,29	9,02
	PC3	6,29	9,11	87,09	20,42	6,94
Horizonte	PC1	4,38	9,14	65,02	20,72	5,62
	PC2	3,90	8,88	57,79	15,20	3,95

Fonte: Autor (2025)

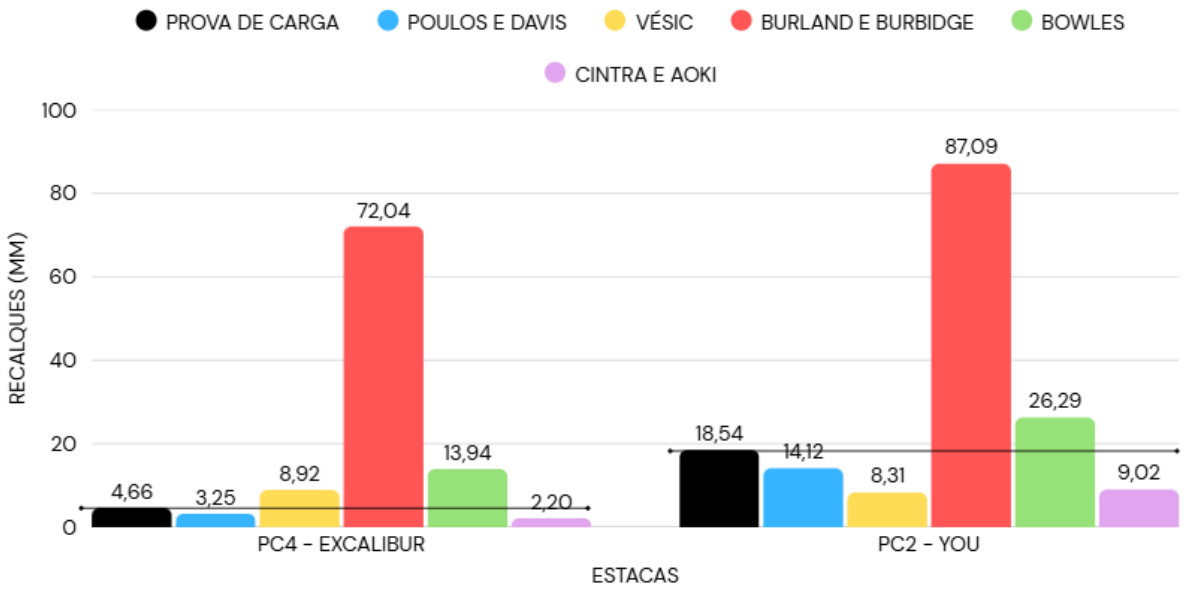
Analisando o quadro 5, é possível observar que cada método apresenta um nível distinto de conservadorismo, ou seja, enquanto Vésic e Poulos e Davis tendem a fornecer valores mais próximos daqueles medidos em campo, pelos laudos de PCE (quadro 4), métodos como o de Burland e Burbidge e Bowles resultaram em estimativas significativamente maiores em alguns casos. A variância entre as respostas, evidencia a influência dos perfis de solo, da carga aplicada e da geometria das estacas sobre o desempenho dos métodos, permitindo avaliar como cada modelo de cálculo consegue se adequar às condições reais encontradas em campo.

Logo, para complementar e aprofundar mais a análise numérica apresentada pelo quadro 5, foram elaborados gráficos comparativos para cada método analisado. Esses gráficos tiveram o objetivo principal de permitir uma visualização mais clara entre os recalques medidos e estimados, facilitando a verificação dos padrões de comportamento para cada metodologia.

4.2.1 Método de Poulos e Davis (1980)

Os resultados obtidos pelo método de Poulos e Davis, foram comparados com as estimativas encontradas pela PCE e também com as respostas obtidas por outros modelos semiempíricos, por meio do gráfico presente na figura 15. A representação numérica, evidencia a variação significativa entre os valores estimados e os medidos, destacando como as características geométricas e geotécnicas das fundações e da região na qual estão inseridas, influenciam no desempenho das estacas e na diferença de resposta entre os modelos.

Figura 15– Estacas com melhor desempenho para o método de Poulos e Davis



Fonte: Autor (2025)

Analisando as estacas que tiveram melhor desempenho com o método de Poulos e Davis, foi possível observar, nos ensaios de PCE, que os recalques variaram de 4,66 mm para a PC4 do Excalibur até 18,54 mm para a PC2 do You. Essa discordância pode ser explicada pelas diferenças de compacidade identificadas nos laudos de sondagem.

No edifício You, o subsolo é classificado como medianamente compacto, composto, predominantemente, por areia fina a média. Em oposição, o solo do edifício Excalibur é muito compacto, variando de areia fina a grossa e apresentando camadas com silte. Essa mudança de comportamento geotécnico reflete diretamente nos valores médios de NSPT, enquanto a PC4 apresentou 13 golpes, a PC2 registrou 8 golpes, indicando um solo com menor resistência na estaca do edifício You.

Esse comportamento foi confirmado por Rodrigues, Carvalho e Pacheco (2020), que

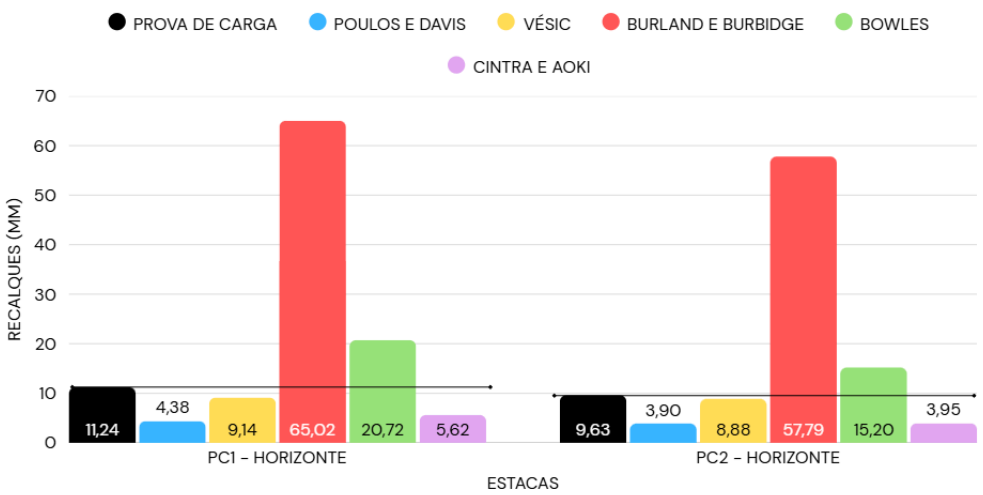
por meio de seus estudos, analisaram duas estacas expostas a variações significativas das condições de solo na qual estavam submetidas e concluíram que o método de Poulos e Davis parte da hipótese de que a estaca deve estar em solo homogêneo, ou seja com variações de NSPT o mais próximas possível, condição não plenamente atendida nos casos das estacas PC2 e PC4 analisadas por esse estudo. Além disso, Barros (2012) destaca em seus estudos, que o modelo de Poulos e Davis tende a apresentar melhor desempenho quando aplicado a estacas executadas em solos moles.

Outro ponto determinante é a variação de carga aplicada nas estacas, que foi de 3000 kN na estaca do edifício You para 2000 kN na estaca do Excalibur, embora todas apresentem o mesmo diâmetro de 0,60 m, houve também oscilação no comprimento executado da estaca, indo de 16 m na PC2 para 17,12 m na PC4. Essa variabilidade nas característica é igualmente observada e discutida por Lemos e Mendes (2021), que analisaram fundações profundas com cargas e diâmetros distintos e concluíram que o método de Poulos e Davis tende a ser menos conservador devido à sua formulação básica e aos coeficientes obtidos por meio da interpretação de seus ábacos.

4.2.2 Método de Vésic (1969)

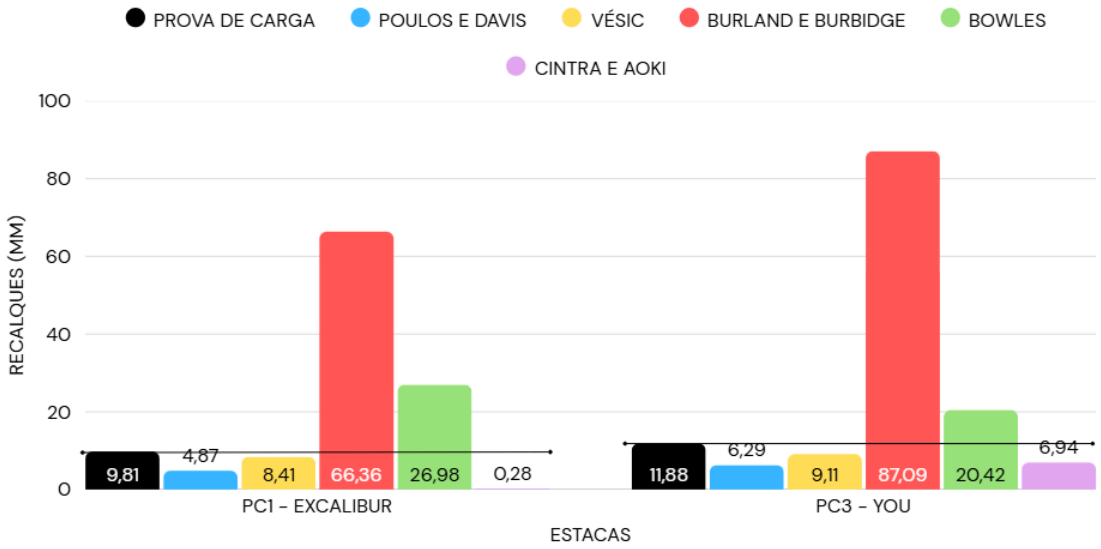
O método apresentado por Vésic, destacou-se entre os principais modelos de estimativa de recalque analisados, apresentando o melhor desempenho em 4 estacas de 3 diferentes prédios. Os gráficos da figura 16 e 17 expõem a comparação dos recalques obtidos nas provas de carga com os valores previstos pelos demais métodos de dimensionamento.

Figura 16– Estacas com melhor desempenho para o método de Vésic



Fonte: Autor (2025)

Figura 17– Estacas com melhor desempenho para o método de Vésic



Fonte: Autor (2025)

Nos gráficos apresentados para o método de Vésic, observou-se que os recalques previstos nas provas de carga das estacas, apresentaram um comportamento mais uniforme, concentrando-se entre 9,63 mm e 11,88 mm. Essa baixa variabilidade ocorre, pois, as estacas analisadas possuem características geométricas e estruturais semelhantes, como diâmetros idênticos, cargas de execução variando entre 2400 kN e 3000 kN, comprimentos executados entre 17,12 m e 18 m e cargas estimadas de projeto entre 1500 kN e 1555 kN.

A combinação desses fatores reduz significativamente a divergência no comportamento entre as estacas, refletindo diretamente também nos valores de recalques estimados pelos métodos. Esse padrão foi confirmado por Albuquerque (2001), que analisou 3 diferentes tipos de estacas escavadas com diâmetros distintos e comprimentos iguais, incluindo estacas do tipo hélice contínua, a mesma relacionada com o presente estudo. Com isso, o autor identificou que o método de Vésic tendeu a fornecer estimativas de deslocamento muito próximas àquelas medidas experimentalmente, justamente por conseguir representar bem situações em que a geometria, o nível de solicitação de carga na estaca e a rigidez do solo apresentam baixa variabilidade.

Por outro lado, Pununcíati, Garcia e Rodriguez (2017), observaram que, em casos onde a geometria da estaca e as características do solo apresentaram maior variabilidade, o método de Vésic passou a superestimar os recalques quando comparados aos valores obtidos nas provas de carga.

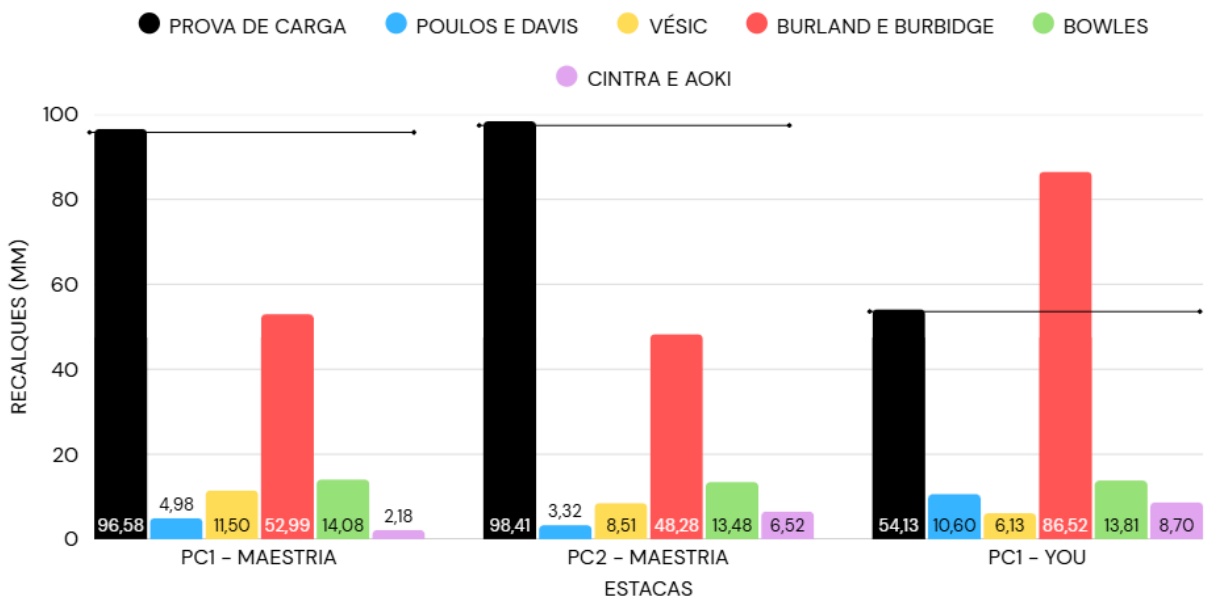
Ademais, a análise dos laudos de sondagem, presentes nos apêndices, indicou que as estacas estão inseridas em um perfil geotécnico parecido entre si, por estarem próximas

geograficamente. Os valores de NSPT médio são superiores a 15 golpes, sendo arredondados para 30 golpes sempre que ultrapassarem esse limite, devido a metodologia adotada, nível d'água abaixo de 5m e presença predominante de camadas de solo classificadas como compactas a muito compactas. Esse conjunto de condições reforça a razão do modelo de cálculo de Vésic apresentar previsões consistentes e com baixa variância.

4.2.3 Método de Burland e Burbidge (1985)

O método de Burland e Burbidge, mostrado no gráfico da figura 18, compara os resultados medidos em PCE com aqueles estimados pelo próprio método e pelos demais selecionados. Observou-se que ele apresentou o melhor desempenho para ambas as estacas do edifício Maestria e para a estaca PC1 do edifício You.

Figura 18–Resultados por estaca do método Burland e Burbidge



Fonte: Autor (2025)

Analisando o gráfico da figura 18, foi possível observar que todos os métodos estimaram recalques relativamente baixos, variando entre 3,32 mm e 52,99 mm, se comparados com os valores da PCE, em ambas as estacas. Essa discrepância revela que o comportamento previsto das estacas foi significativamente melhor do que o estimado pelos laudos, ou seja, foram menores que o real. Isso ocorreu, pois como é possível observar, os resultados presentes nos laudos de PCE são significativos em comparação com os demais estacas analisadas, com valores entre 54,13 mm e 98,41 mm. As prováveis inconsistências

causadoras da variação dos resultados está atrelada a combinação de condições geotécnicas desfavoráveis, problemas de execução das estacas, e/ou possível erro de leitura dos equipamentos no momento dos ensaios.

Inicialmente, o laudo de ensaio das estacas, deixa claro que os testes foram realizados sem o apoio dos resultados de sondagem SPT, o que aumentou o risco da realização desses ensaios em camadas pouco competentes e altamente deformáveis, como demonstrado nos laudos presentes nos anexos, através dos perfis de solo que apresentam areias siltosas heterogêneas e dos valores de NSPT na região da ponta, que indicaram que não foi atingida uma camada verdadeiramente rígida. Além disso, as estacas foram submetidas a cargas superiores à capacidade real estimada, o que levou a excessivas deformações, resultando nos recalques próximos de 100 mm. Assim, os altos recalques medidos refletem um comportamento real muito mais deformável do que o previsto.

Em relação aos resultados obtidos para método de Burland e Burbidge, foi possível analisar que devido aos altos recalques, foi o método que mais conseguiu se aproximar dos resultados de PCE, mesmo ainda se mostrando abaixo do resultado.Os demais métodos apresentaram recalques menores, indicando uma previsão otimista em relação à rigidez do solo. Logo, é notório que esse método tende a superestimar recalques em fundações que apresentam cargas muito elevadas, ou seja, acima de 1000 kN, sendo um modelo que deve ser utilizado para o cálculo de outros tipos de fundação, com cargas aplicadas menores, como por exemplo as sapatas. Isso se confirma com o artigo de Reis *et al.,*(2024), que explora o recalque em sapatas, e como pôde ser observado em suas análises conclusivas, o método de Burland e Burbidge foi considerado mais conservador, apresentando bons resultados quando submetido a análise de uma fundação com carga de 300kN.

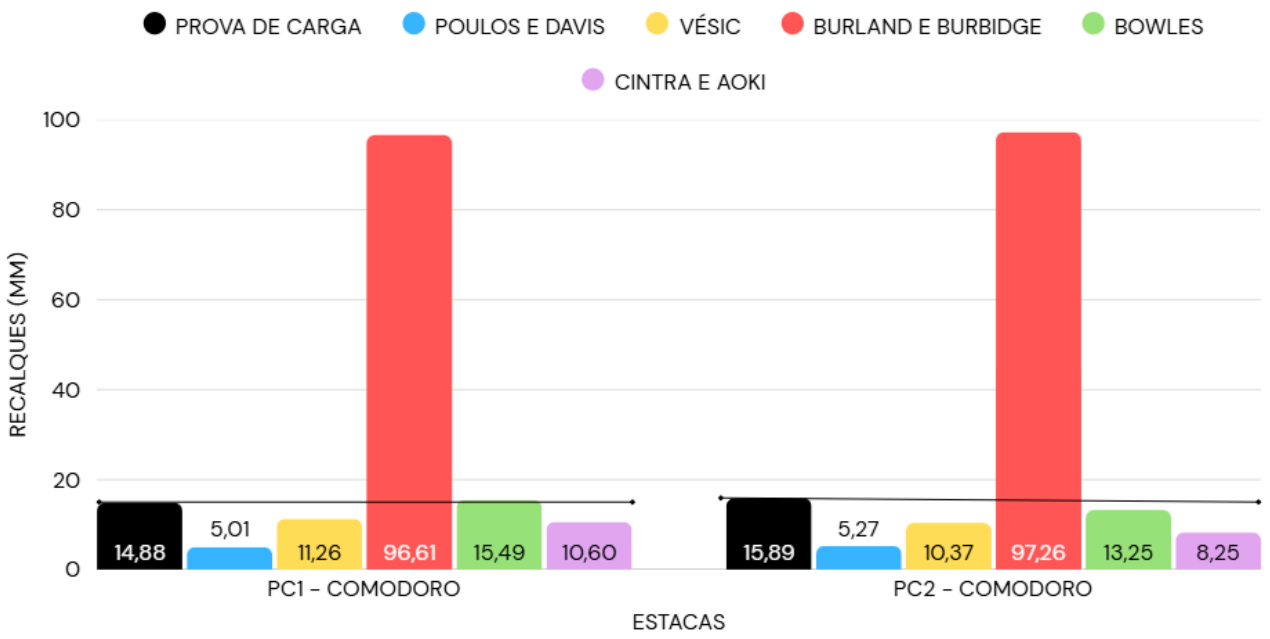
Além disso, é um método simples considerado básico, como é possível notar por meio de observações realizadas por Nascimento *et al.,*(2025) que considera esse método um modelo com formulação mais geral que vai relacionar os recalques por meio dos resultados de NSPT, o que favorece respostas elevadas de recalque em seus ensaios.

4.2.4 Método de Bowles (1996)

O método de Bowles é reconhecido por definir o recalque total de forma meticulosa, ou seja, analisando e determinando tanto o recalque ao longo do fuste quanto o recalque concentrado na ponta da estaca. Com isso, os gráficos das figuras 19 e 20 apresentam a

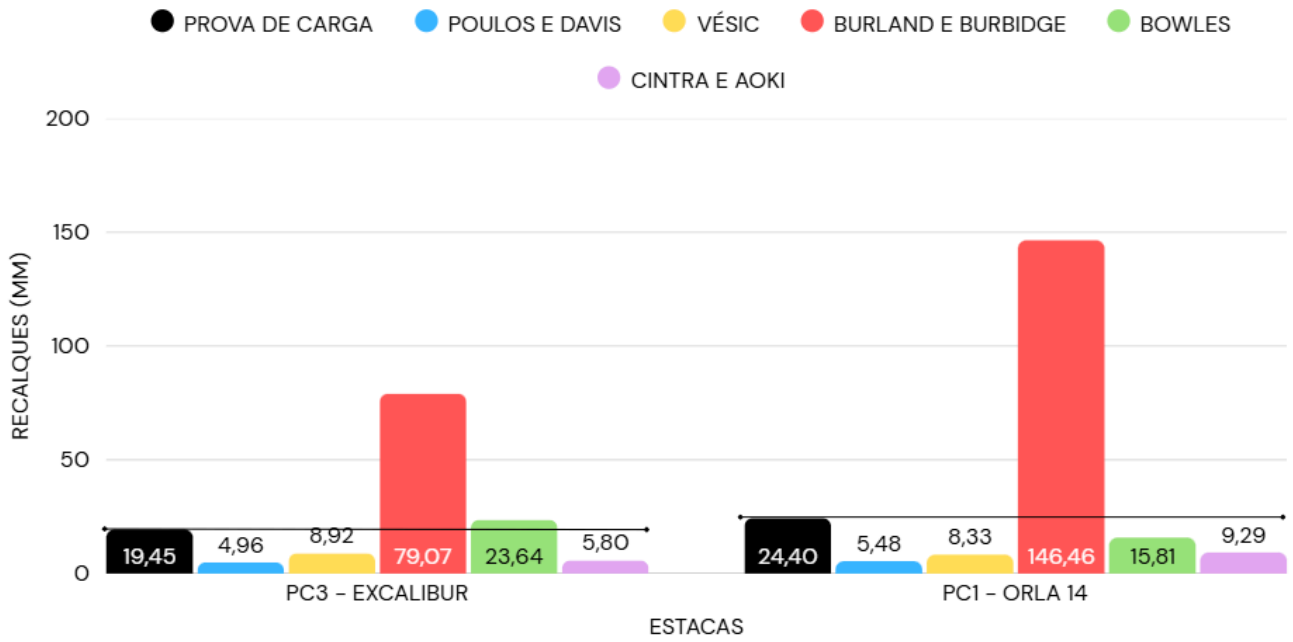
comparação entre os recalques dimensionados pelo método de Bowles e os valores medidos nos ensaios de carga das estacas analisadas, permitindo visualizar o comportamento de cada método frente aos valores encontrados em campo.

Figura 19– Resultados por estaca do método Bowles



Fonte: Autor (2025)

Figura 20– Resultados por estaca do método Bowles



Fonte: Autor (2025)

Nos gráficos, observa-se que os recalques medidos das estacas que apresentaram melhor desempenho com o método de Bowles encontram-se na faixa de 14,88 mm a 24,40 mm. Nota-se ainda que os valores de recalque das provas de carga do gráfico 19, referentes às estacas do mesmo empreendimento, se mostram semelhantes entre si, o que reforça a presença de condições geotécnicas parecidas. Para todas as estacas o subsolo é constituído 100% de areia, com graduações diversas e camadas que variam de compactas a muito compactas, além de valores médios de NSPT superiores a 15 golpes e nível d'água abaixo de 5m.

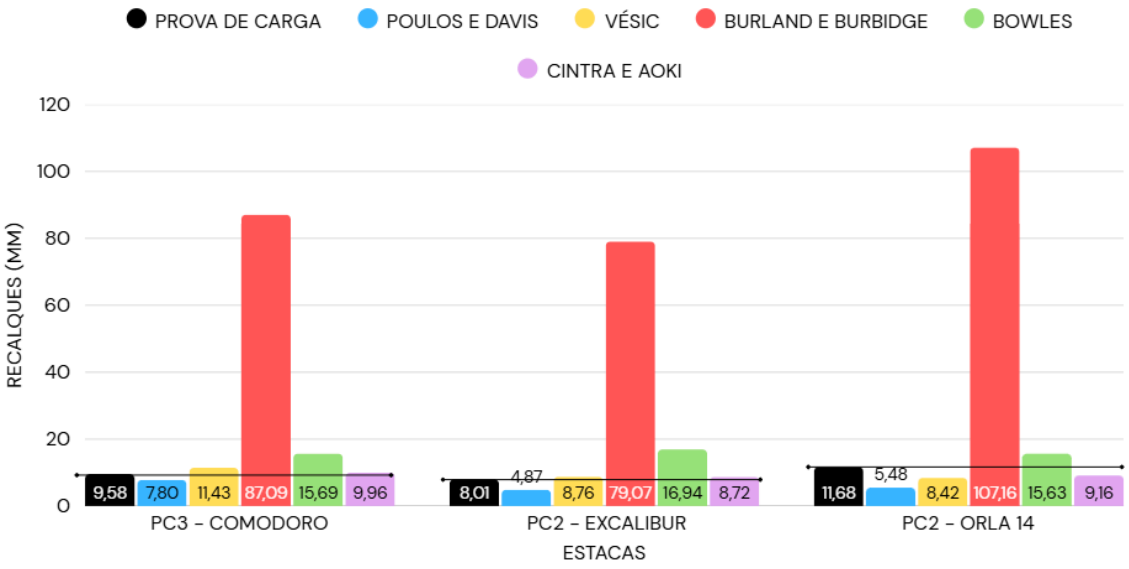
Esse comportamento pode ser explicado pela abordagem detalhada que o método apresenta para determinação do recalque, pois avalia de forma individual as camadas do solo, permitindo obter com maior precisão a influência das características geotécnicas locais no recalque total. No entanto, o método não apresenta essa análise mais rebuscada no tratamento das características geométricas das estacas, como se comparado com outras metodologias.

Por se basear na caracterização detalhada do perfil de solo, o modelo de cálculo de Bowles tende a apresentar melhor desempenho quando aplicado em estacas executadas em um mesmo tipo de solo, como ocorre nos casos analisados neste estudo. Esse comportamento também foi identificado por Aguiar *et al.,*(2016), que ao analisar estacas raiz submetidas a condições geotécnicas semelhantes, concluiu que a metodologia de Bowles foi a que apresentou estimativas mais próximas dos recalques medidos em PCEs, superando métodos como o de Aoki (1984).

4.2.5 Método de Cintra e Aoki (2010)

Para avaliar o método de Cintra e Aoki frente às condições reais a que as estacas estavam submetidas, foram comparados os recalques estimados pelo método com valores medidos nos ensaios de PCE, juntamente com os resultados obtidos pelas demais metodologias analisadas. Os resultados correspondentes estão presentes no gráfico da figura 21.

Figura 21– Resultados por estaca do método Cintra e Aoki



Fonte: Autor (2025)

O método de Cintra e Aoki, assim como o método de Bowles, apresenta uma abordagem de análise individualizada para as camadas do solo em que a estaca está executada, o que lhe permite avaliar o recalque camada por camada e investigar com maior precisão as tensões atuantes naquele solo. No gráfico, observou-se que os recalques obtidos nos ensaios de carga, apresentaram valores próximos, entre 9,58 mm e 11,68 mm, o que pode ser explicado por sua metodologia mais detalhista nas análises. Tal comportamento demonstra que o encurtamento elástico da estaca, influenciado pelas características geotécnicas, teve uma maior contribuição no recalque total da fundação, como explica Lacerda, Silva e Terra (2019).

Além disso, as estacas analisadas, apresentaram suas características geotécnicas muito semelhantes, ou seja, foram executadas em solo com 100% de areia, variando apenas em suas graduações, com valores médios de NSPT entre 13 e 17 golpes, indicando camadas de solo mais resistentes e nível d'água variando de 1,37 m até 4,50 m. Essa baixa variabilidade nos parâmetros geotécnicos, sugere um perfil de solo mais homogêneo ou com mudanças menos expressivas de resistência, favorecendo métodos que dependem diretamente da rigidez do solo e da distribuição de tensões ao longo do fuste para produzir estimativas mais realistas de recalque.

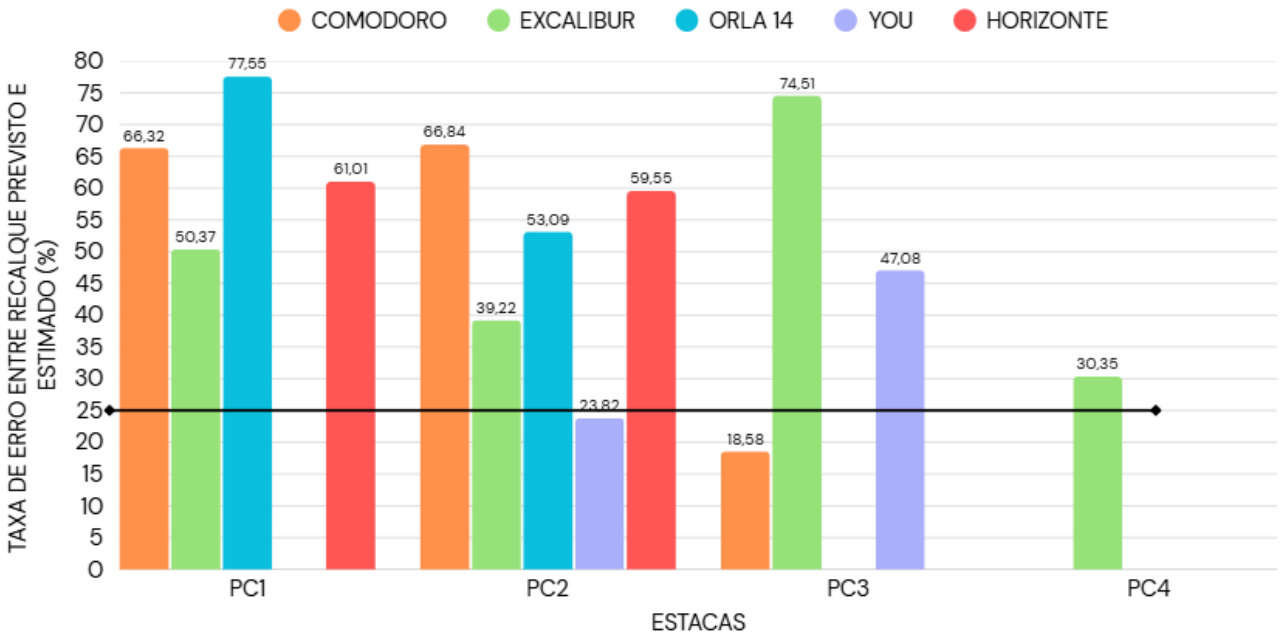
Outro aspecto relevante, que explica o bom desempenho desse método está relacionado às características geométricas das estacas, que apresentaram cargas aplicadas superiores a 3000 kN e diâmetros maiores que 0,60m. Para estacas com essas características, o método de Cintra e Aoki tende a fornecer previsões mais adequadas, sendo pouco

influenciado pela profundidade executada. Esse comportamento foi observado por Prununciati, Garcia e Rodriguez (2017), que, ao analisarem três estacas com diâmetros superiores a 0,60m e profundidades distintas, verificaram que o método de Cintra e Aoki apresentou resultados mais próximos aos obtidos nas provas de carga quando se comparados a outros métodos.

4.3 Análise estatística dos resultados

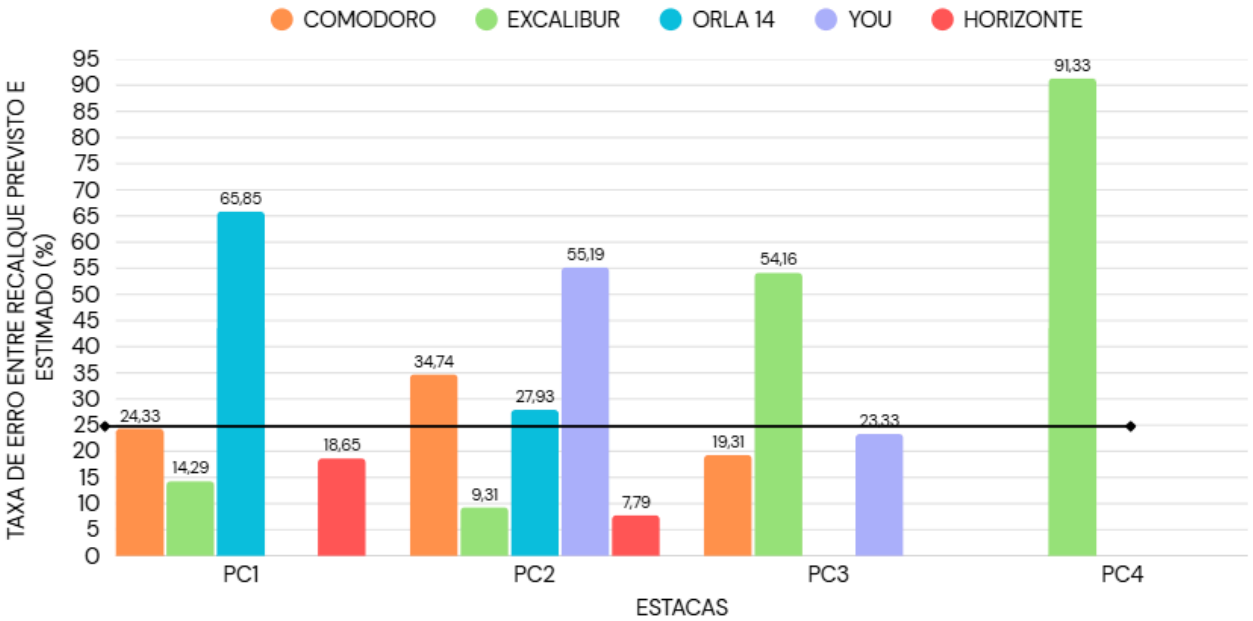
A análise estatística dos resultados realizada a partir das tabelas do apêndice F, permitiu identificar o número de estacas dentro da faixa de erro para cada método, mostradas a seguir nos gráficos das figuras 22 a 26. As aprovadas se apresentam abaixo ou niveladas em relação a linha de referência máxima de 25%, sendo, 2 estacas para o método de Poulos e Davis, 7 para Vésic, nenhuma para Burland e Burbidge, visto que o método se mostrou inconsistente para fundações submetidas a cargas elevadas com valores de 2000kN a 3650kN, e para os métodos de Bowles e Cintra e Aoki, 3 estacas cada.

Figura 22– Taxa de erro entre recalque previsto e estimado no método de Poulos e Davis



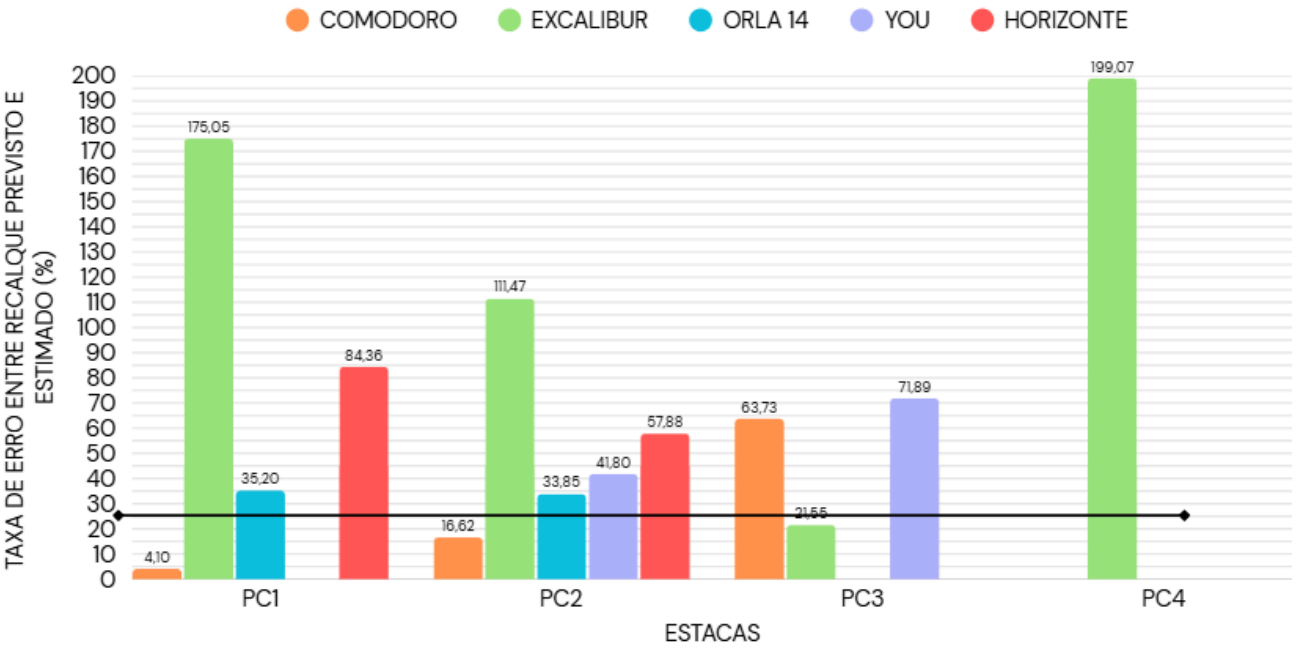
Fonte: Autor (2025)

Figura 23– Taxa de erro entre recalque previsto e estimado no método de Vésic



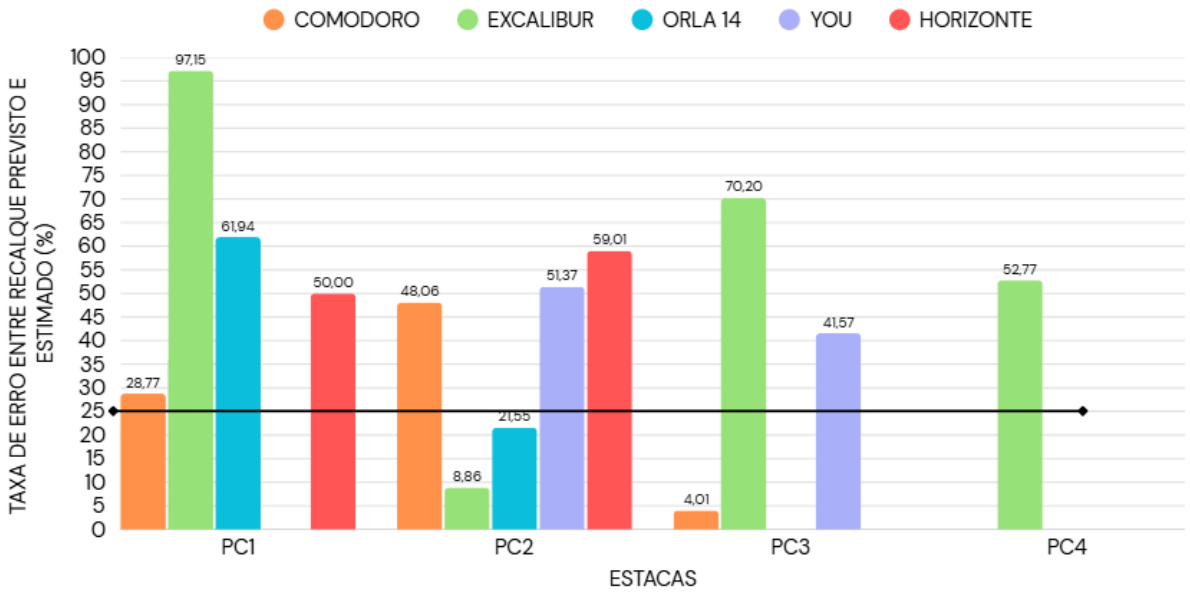
Fonte: Autor (2025)

Figura 24– Taxa de erro entre recalque previsto e estimado no método de Bowles



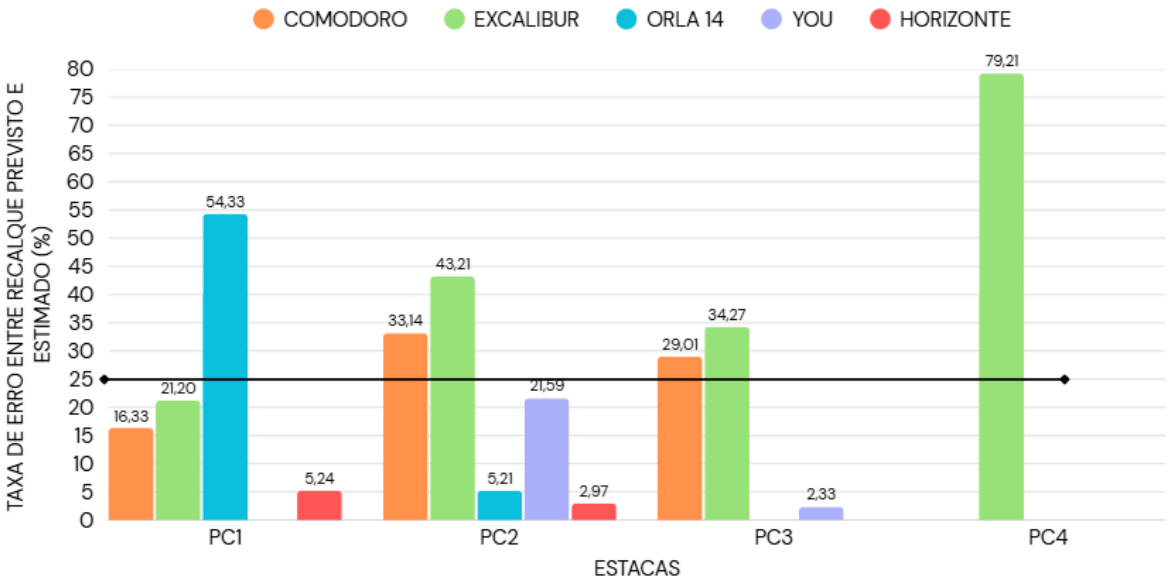
Fonte: Autor (2025)

Figura 25– Taxa de erro entre recalque previsto e estimado no método de Cintra e Aoki



Fonte: Autor (2025)

Figura 26– Taxa de erro entre recalque previsto e estimado no método de médias (Vésic, Bowles e Cintra e Aoki)



Fonte: Autor (2025)

É importante destacar que o total de estacas avaliadas de 16 unidades foram reduzidas para 13, uma vez que 3 delas, as estacas PC1 e PC2 do Maestria e a PC1 do edifício You, foram desconsideradas devido à inconsistências na leitura do recalque final durante os ensaios de carga. Ao analisar as taxas de erro das estacas aprovadas, entre os métodos apresentados nos gráficos 22 a 26, calculou-se a média da taxa de erro entre elas, como demonstrado no quadro 6. Ao observar as médias e quantidade de estacas aprovadas, notou-se que, apesar de Vésic apresentar mais estacas classificadas como satisfatórias entre os métodos individuais,

sua média de erros foi maior que a de Bowles e também Cintra e Aoki. Ainda assim, considerando simultaneamente a quantidade de estacas dentro do limite máximo e a média de erro, Vésic demonstrou o melhor equilíbrio geral entre consistência e desempenho.

Quadro 6 – Média da taxa de erro

MÉDIA DA TAXA DE ERRO ENTRE AS ESTACAS APROVADAS	
MÉTODOS	**TAXA DE ERRO (%)**
POULOS E DAVIS (1980)	21,20
VÉSIC (1969)	16,71
BOWLES (1996)	14,09
CINTRA E AOKI (2010)	11,47
MÉTODO DE MÉDIAS	10,70

Fonte: Autor (2025)

Seguindo o mesmo critério de 25%, a estratégia de média entre os 3 métodos, apresentou 7 estacas aprovadas dentro do limite máximo de erro (gráfico da figura 26), com média de erro dentro da amostra de estacas aprovadas de 10,70% (quadro 6), valor inferior ao observado individualmente para Cintra e Aoki (11,47%) e significativamente menor que o de Vésic (16,71%). Portanto, a combinação dos três métodos mostrou desempenho superior aos métodos isolados, com menor variação de erro e maior estabilidade nos resultados.

Na etapa final da análise, avaliou-se o comportamento das estacas enquadradas na faixa de erro dos ≤ 25% para os métodos mais consistentes, Vésic, Cintra e Aoki e a estratégia de média, com o objetivo de compreender o comportamento geométrico e geotécnico das estacas.

O método de Vésic apresentou melhor desempenho para estacas inseridas em solos homogêneos e predominantemente arenosos (≥ 82%), mantendo diâmetro uniforme de 0,60m e cargas aplicadas entre 2400 kN e 3000kN. Já o método de Cintra e Aoki demonstrou maior eficiência para estacas submetidas a cargas elevadas (≥ 3000kN), diâmetros superiores ou igual a 0,60m, solo composto 100% de areia, NSPT médio variando entre 13 e 17 golpes e comprimentos executados entre 11m e 14m. Por fim para a abordagem baseada na média entre os métodos de Vésic, Bowles e Cintra e Aoki, apresentou os melhores resultados em estacas inseridas em solos com alta porcentagem de areia (≥ 90%), com valores médios de NSPT entre 15 e 21 golpes e cargas próximas de 3000k. As demais estacas que não se enquadraram nesses parâmetros, ou apresentaram taxas de erro superiores ao limite de 25%, mostram características geotécnicas e/ou geométricas distintas das condições citadas, o que justificou a redução do desempenho dos métodos nesses casos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo teve como objetivo, identificar entre cinco métodos semiempíricos amplamente utilizados na engenharia geotécnica, aquele que apresenta o melhor desempenho para a estimativa de recalques em estacas do tipo hélice contínua monitorada executadas na região da Orla 14, em Palmas-TO. A análise comparativa foi realizada a partir de dados experimentais obtidos por meio de ensaios de PCE, realizadas entre 2017 e 2024 em seis empreendimentos locais, possibilitando avaliar a coerência entre as estimativas dos métodos e o comportamento real das fundações.

A partir da aplicação dos métodos de Poulos e Davis (1980), Vésic (1969), Burland e Burbidge (1985), Bowles (1996) e Cintra e Aoki (2010), verificou-se grande variabilidade entre os resultados obtidos. Essas diferenças significativas, se explicam pela forma como cada método trata os parâmetros envolvidos no cálculo de recalque de sua teoria, como, módulo de elasticidade do solo, distribuição de tensões, contribuição do encurtamento elástico, atrito lateral, diâmetro, comprimento das estacas e correlações com SPT. Além disso, o perfil geotécnico da região da Orla 14, apresenta predominância arenosa com graduações distintas, presença de pedregulhos de quartzo e variação do nível freático.

Buscando reduzir a dispersão das respostas e aproximar os valores estimados dos resultados obtidos em campo, adotou-se a estratégia de utilizar a média dos três métodos que apresentaram melhor desempenho entre o conjunto de estacas avaliadas, sendo eles o método de Vésic, de Bowles e Cintra e Aoki.

Com isso, foi realizada a análise e comparação dos métodos individuais com essa nova abordagem, verificando a partir dos critérios de análise selecionados para este estudo, a taxa de erro entre os recalques medidos e estimados, quantidade de estacas que apresentaram variação limite máxima de 25% e verificação da média de taxa de erro entre as estacas aprovadas, desconsiderando-se o método de Burland e Burbidge (1985) por apresentar grandes inconsistências e variações em seus resultados, obteve-se os seguintes valores apresentados no quadro 7.

Quadro 7 – Resultados finais dos métodos

RESULTADOS FINAIS PELOS CRITÉRIOS DE ANÁLISE				
MÉTODOS	**VARIAÇÃO DA TAXA DE ERRO GERAL (%)**	**VARIAÇÃO DA TAXA DE ERRO ESTACAS APROV. (%)**	**QUANT. DE ESTACAS APROVADAS**	**MÉDIA DA TAXA DE ERRO DAS ESTACAS APROV. (%)**
POULOS E DAVIS (1980)	18,58 a 96,63	18,58 a 23,82	2	21,20
VÉSIC (1969)	7,79 a 91,36	7,79 a 24,33	7	16,71
BOWLES (1996)	4,10 a 199,07	4,10 a 21,55	3	14,09
CINTRA E AOKI (2010)	4,01 a 97,74	4,01 a 21,55	3	11,47
MÉTODO DE MÉDIAS	2,33 a 90,42	2,33 a 21,59	7	10,70

Fonte: Autor (2025)

Após a análise dos resultados, a abordagem de média dos 3 métodos, mostrou-se eficiente, produzindo valores de recalque muito próximos dos valores de recalque real para 7 estacas de 16 analisadas. No entanto, 3 delas foram desconsideradas, as estacas PC1 e PC2 do Maestria e a PC1 do edifício You, pois apresentaram inconsistências na leitura do recalque final durante os ensaios de carga.

Sob o critério de taxa de erro limitada a 25%, a metodologia de 3 métodos, apresentou média aritmética de erro de 10,70%, desempenho superior ao obtido pelos métodos aplicados individualmente, como Vésic, que apresentou 7 estacas aprovadas e 16,71% de média entre as taxas de erro das estacas aprovadas, evidenciando que a combinação dos modelos de cálculo contribuiu para maior estabilidade e representatividade das estimativas.

A partir da análise do comportamento das estacas aprovadas pelo critério da taxa de erro de 25%, observou-se que, para Cintra e Aoki, as menores taxas de erro ocorreram em estacas com 0,60 m de diâmetro, carga de 3000 kN, comprimento próximo de 14 m e NSPT médio menor que 15 golpes, como é o caso da estaca PC3 do Comodoro com 4,01% de taxa de erro. A partir disso, verificou-se um acréscimo proporcional do erro quando houve aumento de carga, variação do diâmetro, redução do comprimento executado e aumento do número médio de golpes. Um exemplo é a estaca aprovada PC2 do edifício Orla 14, que registrou a terceira maior variação da taxa de erro no método, com 21,55%. Isso ocorreu, pois ela apresentou carga de 3650 kN, diâmetro de 0,70 m, comprimento executado de 11m e NSPT médio de aproximadamente 17 golpes.

Para Vésic, por outro lado, não foi encontrado um padrão proporcional que explique a variação para a taxa de erro das estacas aprovadas, quando analisados parâmetros geométricos e geotécnicos. No entanto, suas duas menores taxas de erro de 9,31% para a PC2 do edifício Excalibur e de 7,79% para a PC2 do Horizonte, é possível notar proximidade em relação a carga, 2400kN a 3000kN, solo 100% areia, comprimento executado de 12,09 m e 14 m e NSPT médio de 13,72 e 17,92 golpes respectivamente.

Já na abordagem de média dos três métodos, verificou-se padrão mais definido, ou seja, as estacas com menores taxas de erros apresentaram NSPT entre 15 e 20 golpes aproximadamente e solos compostos por mais de 94% de areia, logo, conforme se reduziu a média do NSPT ou o comprimento da camada de areia da estaca foi possível visualizar a taxa de erro aumentando progressivamente. Um exemplo desse padrão são as estacas PC1 do edifício Excalibur com 21,20% de taxa de erro e a PC1 do Horizonte com 5,24%. Apesar de de apresentarem características similares como carga de 3000 kN e 2700 kN, comprimento executado de 17,23 m e 17 m e NSPT médio de 20,88 e 20,68 golpes, respectivamente, exibiram composição de solos arenosos distintos, sendo de 82,59% para a PC do Excalibur e de 100% para a PC do Horizonte o que justifica a variação entre as taxas.

Diante do conjunto de resultados, concluiu-se que o método de Vésic se destacou individualmente por apresentar o melhor equilíbrio entre quantidade de estacas no limite máximo de 25% e a média da taxa de erro. Contudo, a estratégia que combinou os métodos de Vésic, Bowles e Cintra e Aoki, demonstrou desempenho superior, proporcionando menor variação de erro e maior confiabilidade geral na estimativa dos recalques. Assim, para condições geotécnicas características do local de estudo, como solos arenosos, NSPT moderado e cargas elevadas, a abordagem por média dos três métodos se mostra a alternativa tecnicamente mais assertiva dentro dos métodos estudados para o dimensionamento de recalques em estacas profundas do tipo hélice contínua na região da Orla 14 de Palmas - TO.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, M. F. P. de. *et al*. **Análise da eficiência da determinação de recalques em fundações profundas em solos silto-arenosos de Fortaleza**. ResearchGate, 2016. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/309223228_Analise_da_Eficiencia_da_Determinacao_de_Recalques_em_Fundacoes_Profundas_em_Solos_Silto-Arenosos_de_Fortaleza>. Acesso em: 20 abr. 2025.

ALBUQUERQUE, P. J. R. de; SILVA, G. S. da. **Análise das alterações e avanços das normas de provas de carga em fundação profunda (ABNT NBR 16.903, 2020) e fundação direta (ABNT NBR 6489, 2019).** In: Simpósio de Engenharia Geotécnica do Estado de São Paulo – SÉRIE 10. 2023, São Paulo. Anais [...]. São Paulo, 2023.

ALBUQUERQUE, P. J. R. **Estacas escavadas, hélice contínua e ômega: estudo do comportamento à compressão em solo residual de diabásio, através de provas de carga instrumentadas em profundidade**. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. Disponível em: https://www.fecfau.unicamp.br/~pjra/wp-content/uploads/2020/01/03-Disserta%C3%A7%C3%A3o-de-doutorado-2001. Acesso em: 15 out. 2025.

AMANN, K. A. P.. **Metodologia semiempírica unificada para a estimativa da capacidade de carga de estacas.** 2010. Tese (Doutorado em Engenharia Geotécnica) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

ARAÚJO, J., E. L. FERREIRA, S. R. M.; GUSMÃO, A.D. **Análise da viabilidade técnica entre fundações profundas e superficiais através de estimativas em um software: estudo de caso**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 9, p. 88994–89007, set. 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16903**: Prova de carga estática em fundação profunda. Rio de Janeiro, 2020.

_____. **NBR 6122**: Projeto e execução de fundações. Rio de Janeiro, 2022.

_____. **NBR 6484**: Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2020.

_____. **NBR 9607**: Programa de carga estática em estruturas de concreto: requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2023.

BARBOSA, A. I. M.; ALBERTINI, M. M. **Análise comparativa de estimativa de capacidade de cargas de estacas profundas – métodos Aoki-Velloso e Décourt-Quaresma.** *Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação – REASE*, São Paulo, v. 8, n. 11, p. 1968–1979, nov. 2022.

BARROS, C. **Apostila de fundações: técnicas construtivas – edificações**. Apostila, abr. 2011. Disponível em: <https://edificaacoes.wordpress.com/wp-content/uploads/2011/04/apo-fundac3a7c3b5es-completa.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2025.

BARROS, N. B. F. **Previsão de recalque e análise de confiabilidade de fundações em estacas hélice contínua.**São Carlos: Universidade de São Paulo, 2012.

BEZERRA, B. O.; NETO, E. F. S.; SOUZA, D. S.. **Elementos de fundação: indicação de aplicação partindo do pré-projeto.** Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, Aracaju, v. 8, n. 2, p. 25-41, 2024. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/cadernoexatas/article/view/11920>. Acesso em: 22 nov. 2025.

BONAN, V. H. F. **Estudo experimental do efeito de grupo de estacas escavadas em perfil de solo granular.** 2017. 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Fortaleza, 2017.

BUNGENSTAB, F. C.; BICALHO, K. V.; CASTELLO, R. R. **Estimativa de recalques em fundações superficiais apoiadas em solos arenosos.** Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo; SOLO Fundações e Geotecnia, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/274081852_ESTIMATIVA_DE_RECALQUES_EM_FUNDACOES_SUPERFICIAIS_APOIADAS_EM_SOLOS_ARENOSOS>. Acesso em: 5 mar. 2025.

CASTRO, E. de.. **Tipos de recalques na construção civil: uma revisão de literatura baseada no processo de impactos em estruturas.** 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Centro Universitário Presidente Antônio Carlos (UNIPAC), Ponte Nova, 2024. Disponível em: <https://ri.unipac.br/repositorio/wp-content/uploads/tainacan-items/282/312092/EVARISTO-DE-CASTRO-TIPOS-DE-RECALQUES-NA-CONSTRUCAO-CIVIL-UMA-REVISAO-ENGENHARIA-CIVIL-2024.pdf.>Acesso em: 22 nov. 2025.

CINTRA, J. C. A., AOKI, N., TSUHA, C. d., & GIACHETI, H. L.**Fundações: ensaios estáticos e dinâmicos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

CINTRA, J. C. A. ; AOKI, N. **Fundações por estacas: projeto geotécnico.** 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

CORDEIRO, I. O. **Comparação entre métodos de capacidade de carga e recalques com resultados de provas de carga estática**. 2019. 111 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, 2019.

CUNHA, L. W. **Análise de métodos semiempíricos segundo provas de carga estática em estacas hélice contínua.** 2024. 24 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Porto Alegre, 2024.

DAS, B. M. **Princípios de engenharia de fundações.** 7. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

DÉCOURT, L.; QUARESMA, A. **Capacidade de carga de estacas a partir de valores de SPT**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA DE FUNDAÇÕES, 6., 1978, Rio de Janeiro. Anais […]. Rio de Janeiro, 1978.

DÉCOURT, L. (1998). **Ruptura de Fundações e Coeficiente de Segurança à Luz do Conceito de Rigidez**. Anais do XI COBRAMSEG, ABMS, Brasília.

FREIRE, F.C. **Estudo e controle de estacas hélice contínua monitorada**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2010. Disponível em: <https://repositorio.ufpe.br/handle/123456789/45474>. Acesso em: 2 abr 2025.

GARCIA, A. F. **Cartografia Geotécnica para a cidade de Palmas/TO: determinação das cotas de impenetrável e nível freático por meio de sondagem SPT**. 2017. 90 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Fundação Universidade Federal do Tocantins, Palmas, 2017.

GONCALVES, S. F. **Estudo do comportamento à compressão de estacas metálicas curtas em solo sedimentar.** 2008. 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade de Santa Maria, Santa Maria, 2008. Disponível em: <https:// www.geofix.com.br/servico-ehc.php>. Acesso em: 15 mai 2025.

HACHICH, Waldemar et al. Fundações – Teoria e Prática. In: ANTUNES, W. R. Execução de fundações profundas – Estacas tipo hélice contínua. 2 ed. São Paulo: PINI, 1998.

HUCKEBER, J. **Prova de carga estática (PCE): entenda como é feita**. Revlo, 24 mar. 2025. Disponível em: <https://revlo.com.br/prova-de-carga-estatica-pce-entenda-como-e-feita/>. Acesso em: 16 maio 2025.

JOPPERT JR, I. **Fundações e Contenções de Edifícios: Qualidade total na gestão do projeto e execução**. 1 ed. São Paulo: PINI, 2007.

LACERDA, L. R.; SILVA, N. C.; TERRA,V.S.**Análise da capacidade de carga e previsão de recalque de estaca hélice contínua monitorada por meio de métodos práticos e semiempíricos.** In: **CONGRESSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIRV**, 1., 2025, Rio Verde, GO.

LEMOS, L. da. S. ; MENDES, L. C. **Métodos teóricos para avaliação de recalque em estacas pré-fabricadas, cravadas e isoladas**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 8, p. 80206–80226, 2021.

MAGALHÃES, P. H. L. **Avaliação dos métodos de capacidade de carga e recalque de estacas hélice contínua via prova de carga**. 2005. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2005.

MELLO, Talles. **Fundações**. Universidade Católica Dom Bosco, 2018. Disponível em: <https://pdfcoffee.com/apostila-de-fundaoes-talles-mello-pdf-free.html>. Acesso em: 05 mai. 2025.

MENTZER, J. T.; BIENSTOCK, C. C. **Sales Forecasting Management: A Demand Management Approach.** Thousand Oaks: Sage Publications, 1998.

NASCIMENTO, M. V.; SILVA, A. C. V.; CAVALCANTE, R. M.; BARBOSA, A. L.O.; BARROS, S.P. P.; MOURA, A. S.. **Avaliação de métodos de previsão de recalque em solos granulares do Nordeste do Brasil.** Revista Caderno Pedagógico, Curitiba, v. 22, n. 12, p. 01–20, 2025. DOI: 10.54033/cadpedv22n12-110.

NAVES, L. A. V. **Análise comparativa técnico-econômica entre fundações tipo estaca escavada e hélice contínua monitorada para um projeto de edificação situado na Orla 14 em Palmas - TO.** 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas, 2018. Disponível em: <https://ulbra-to.br/bibliotecadigital/uploads/ document5d24a02dc3e98.pdf >. Acesso em: 1 jun. 2025.

OLIVEIRA, J. da. S.; SILVA, D. P. da.; **Análise das Manifestações patológicas devido ao recalque diferencial das fundações**. Trabalho de conclusão de curso submetido ao curso de Engenharia Civil da FACEG. Goianésia, Goiânia, 2018.

PROBST, C. A.; AGUIAR, M. F. P. d.; MENDES, G. C. d. M.; OLIVEIRA, F. H. L. d. **Análise comparativa de métodos de determinação da capacidade de carga em estacas hélice contínua com ensaios de prova de carga estática realizados em Uberaba-MG**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MECÂNICA DOS SOLOS E ENGENHARIA GEOTÉCNICA, 19., 2018, Salvador. Anais […]. Salvador: ABMS, 2018.

PRUNUNCIATI, P. L; GARCIA, J. R; RODRIGUEZ, T. G. **Recalques em fundações profundas: Análise em estacas hélice contínua.** Settlement in deep foundations: Continuous flight augers analysis, 2017. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/47915/pdf_1>. Acesso em: 12 mar. 2025.

RAUECKER, J. C. N. **Previsão do recalque de um edifício alto com fundação em sapata na cidade de Goiânia**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás, Escola de Engenharia Civil e Ambiental, Goiânia, 2018.

REBELLO, Y. C. P. **Fundações: guia prático de projeto, execução e dimensionamento**. 3. ed. São Paulo: Zigurate Editora, 2008.

REIS, L. A. C. *et al*. **Previsão de recalque em sapatas utilizando modelos analíticos e o método dos elementos finitos.** Revista Científica Sistemática, São José dos Pinhais, v. 14, n. 4, p. 818–837, mai. 2024.

RODRIGUES, F. S.; CARVALHO, G.C.; PACHECO, R. T..
Estudo de recalque em estacas com os dados obtidos no ensaio de prova de carga em comparação com os resultados calculados pelo método de Poulos e Davis.

2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2020.

SANTOS, G. Veloso dos. **Patologias devido ao recalque diferencial em fundações**. 2014. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais Aplicadas, Centro Universitário de Brasília – UniCEUB, Brasília, 16 jun. 2014.

SANTOS, P. E. F. S. **Avaliação da Capacidade de Carga e Recalque de Estacas via Métodos Teóricos e Provas de Carga.** 2015. 104 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Alagoas, Alagoas, 2015.

SCHNAID, F. ODEBRECHT, E. **Ensaios de Campo e suas aplicações à Engenharia de Fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SILVA, F. S. A. **Fundação profunda: estudo de caso em edifício residencial na Orla da Graciosa em Palmas - TO**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA), Palmas, 2017.

SOARES, F. L. **Análise de provas de carga dinâmica em tubulões a céu aberto no Campo Experimental de Fundações da EESC/USP**. 2002. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, dez. 2002.

SOUZA, A. L. T. **A importância da investigação geotécnica para a economia e segurança nas fundações**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Rede de Ensino Doctum, Caratinga, 2015.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

VELLOSO, D. A.; LOPES, F. R. **Fundações: critérios de projeto, investigação do subsolo, fundações superficiais, fundações profundas.** São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Memória de cálculo do método de Poulos e Davis

A.1 - Análise do Ed. Comodoro

Tabela 9– Estaca 2 e 3 do Ed.Comodoro para o método de Poulos e Davis

EDIFICIO COMODORO - POULOS E DAVIS

ESTACA 2

Io	
db/d	1
L/d	25,47
Io	0,078

Rk	
Ap (m²)	0,28
d (m)	0,60
Ra (m²)	0,60
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	265,71
L/d	25,47
Rk	1,72

Rh	
h/L	1
L/d	25,47
Rh	0,65

Rv	
k	265,71
vs	0,35
Rv	0,94

Ip	
Io	0,078
Rk	1,72
Rh	0,65
Rv	0,94

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	2700
D (m)	0,60
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,082
Recalque (mm)	5,27

EDIFICIO COMODORO - POULOS E DAVIS

ESTACA 3

Io	
db/d	1
L/d	47,8
Io	0,049

Rk	
Ap (m²)	0,13
d (m)	0,40
Ra (m²)	0,40
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	177,14
L/d	47,8
Rk	2,3

Rh	
h/L	1
L/d	47,8
Rh	0,68

Rv	
k	177,14
vs	0,35
Rv	0,95

Ip	
Io	0,049
Rk	2,3
Rh	0,68
Rv	0,95

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	3000
D (m)	0,40
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,073
Recalque (mm)	7,80

Fonte: Autor (2025)

A.2 - Análise do Ed. Excalibur

Tabela 10– Estaca 1 e 2 do Ed.Excalibur para o método de Poulos e Davis

EDIFICIO EXCALIBUR - POULOS E DAVIS

ESTACA 1

Io	
db/d	1
L/d	28,53
Io	0,068

Rh	
h/L	1
L/d	28,53
Rh	0,62

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	3000
D (m)	0,60
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,068
Recalque (mm)	4,87

Rk	
Ap (m²)	0,28
d (m)	0,60
Ra (m²)	0,60
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	265,71
L/d	28,53
Rk	1,72

Rv	
k	265,71
vs	0,35
Rv	0,94

Ip	
Io	0,068
Rk	1,72
Rh	0,62
Rv	0,94

EDIFICIO EXCALIBUR - POULOS E DAVIS

ESTACA 2

Io	
db/d	1
L/d	28,53
Io	0,068

Rh	
h/L	1
L/d	28,53
Rh	0,62

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	3000
D (m)	0,60
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,068
Recalque (mm)	4,87

Rk	
Ap (m²)	0,28
d (m)	0,60
Ra (m²)	0,6
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	265,71
L/d	28,53
Rk	1,72

Rv	
k	265,71
vs	0,35
Rv	0,94

Ip	
Io	0,068
Rk	1,72
Rh	0,62
Rv	0,94

Fonte: Autor (2025)

Tabela 11– Estaca 3 e 4 do Ed.Excalibur para o método de Poulos e Davis

EDIFICIO EXCALIBUR - POULOS E DAVIS

ESTACA 3

Io	
db/d	1
L/d	28,67
Io	0,069

Rh	
h/L	1
L/d	28,67
Rh	0,63

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	3000
D (m)	0,60
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,069

Rk	
Ap (m²)	0,28
d (m)	0,60
Ra (m²)	0,60
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	265,71
L/d	28,67
Rk	1,73

Rv	
k	265,71
vs	0,35
Rv	0,94

Recalque (mm)	4,96

Ip	
Io	0,069
Rk	1,73
Rh	0,63
Rv	0,94

EDIFICIO EXCALIBUR - POULOS E DAVIS

ESTACA 4

Io	
db/d	1
L/d	28,53
Io	0,068

Rh	
h/L	1
L/d	28,53
Rh	0,62

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	2000
D (m)	0,60
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,068

Rk	
Ap (m²)	0,28
d (m)	0,60
Ra (m²)	0,60
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	265,71
L/d	28,53
Rk	1,72

Rv	
k	265,71
vs	0,35
Rv	0,94

Recalque (mm)	3,25

Ip	
Io	0,068
Rk	1,72
Rh	0,62
Rv	0,94

Fonte: Autor (2025)

A.3 - Análise do Ed. Maestria

Tabela 12– Estaca 1 e 2 do Ed.Maestria para o método de Poulos e Davis

EDIFICIO MAESTRIA - POULOS E DAVIS

ESTACA 1

Io	
db/d	1
L/d	21,43
Io	0,085

Rh	
h/L	1
L/d	21,43
Rh	0,78

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	2700
D (m)	0,70
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,090

Rk	
Ap (m²)	0,38
d (m)	0,70
Ra (m²)	0,70
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	310,00
L/d	21,43
Rk	1,45

Rv	
k	310,00
vs	0,35
Rv	0,94

Ip	
Io	0,085
Rk	1,45
Rh	0,78
Rv	0,94

Recalque (mm)	4,98

EDIFICIO MAESTRIA - POULOS E DAVIS

ESTACA 2

Io	
db/d	1
L/d	21,43
Io	0,085

Rh	
h/L	1
L/d	21,43
Rh	0,78

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	1800
D (m)	0,70
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,090

Rk	
Ap (m²)	0,38
d (m)	0,70
Ra (m²)	0,70
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	310,00
L/d	21,43
Rk	1,45

Rv	
k	310,00
vs	0,35
Rv	0,94

Ip	
Io	0,085
Rk	1,45
Rh	0,78
Rv	0,94

Recalque (mm)	3,32

Fonte: Autor (2025)

A.4 - Análise do Ed. Orla 14

Tabela 13– Estaca 1 e 2 do Ed.Orla 14 para o método de Poulos e Davis

EDIFICIO ORLA 14 - POULOS E DAVIS

ESTACA 1

Io	
db/d	1
L/d	19,57
Io	0,090

Rh	
h/L	1
L/d	19,57
Rh	0,63

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	3650
D (m)	0,70
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,074
Recalque (mm)	5,48

Rk	
Ap (m²)	0,38
d (m)	0,70
Ra (m²)	0,70
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	310,00
L/d	19,57
Rk	1,38

Rv	
k	310,00
vs	0,35
Rv	0,94

Ip	
Io	0,090
Rk	1,38
Rh	0,63
Rv	0,94

EDIFICIO ORLA 14 - POULOS E DAVIS

ESTACA 2

Io	
db/d	1
L/d	19,57
Io	0,090

Rh	
h/L	1
L/d	19,57
Rh	0,63

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	3650
D (m)	0,70
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,074
Recalque (mm)	5,48

Rk	
Ap (m²)	0,38
d (m)	0,70
Ra (m²)	0,70
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	310,00
L/d	19,57
Rk	1,38

Rv	
k	310,00
vs	0,35
Rv	0,94

Ip	
Io	0,090
Rk	1,38
Rh	0,63
Rv	0,94

Fonte: Autor (2025)

A.5 - Análise do Ed. You

Tabela 14– Estaca 1 e 2 do Ed.You para o método de Poulos e Davis

EDIFICIO YOU - POULOS E DAVIS

ESTACA 1

Io	
db/d	1
L/d	30,00
Io	0,069

Rk	
Ap (m²)	0,13
d (m)	0,40
Ra (m²)	0,40
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	27000
k	459,26
L/d	30,00
Rk	1,60

Rh	
h/L	1
L/d	30,00
Rh	0,72

Rv	
k	459,26
vs	0,35
Rv	0,96

Ip	
Io	0,069
Rk	1,60
Rh	0,72
Rv	0,96

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	1500
D (m)	0,40
Es (kN/m²)	27000
Ip	0,076
Recalque (mm)	10,60

EDIFICIO YOU - POULOS E DAVIS

ESTACA 2

Io	
db/d	1
L/d	26,67
Io	0,070

Rk	
Ap (m²)	0,28
d (m)	0,60
Ra (m²)	0,60
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	27000
k	688,89
L/d	26,67
Rk	1,65

Rh	
h/L	1
L/d	26,67
Rh	0,71

Rv	
k	688,89
vs	0,35
Rv	0,93

Ip	
Io	0,070
Rk	1,65
Rh	0,71
Rv	0,93

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	3000
D (m)	0,60
Es (kN/m²)	27000
Ip	0,076
Recalque (mm)	14,12

Fonte: Autor (2025)

Tabela 15– Estaca 3 do Ed.You para o método de Poulos e Davis

EDIFICIO YOU - POULOS E DAVIS	
ESTACA 3	

Io	
db/d	1
L/d	30,00
Io	0,069

Rk	
Ap (m²)	0,28
d (m)	0,60
Ra (m²)	0,60
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	55000
k	338,18
L/d	30,00
Rk	1,60

Rh	
h/L	1
L/d	30,00
Rh	0,72

Rv	
k	338,18
vs	0,35
Rv	0,87

Ip	
Io	0,069
Rk	1,60
Rh	0,72
Rv	0,87

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip

Q (kN)	3000
D (m)	0,60
Es (kN/m²)	55000
Ip	0,069

Recalque (mm)	6,29

Fonte: Autor (2025)

A.6 - Análise do Ed. You

Tabela 16– Estaca 1 e 2 do Ed.Horizonte para o método de Poulos e Davis

EDIFICIO HORIZONTE - POULOS E DAVIS

ESTACA 1

Io	
db/d	1
L/d	28,53
Io	0,068

Rk	
Ap (m²)	0,28
d (m)	0,60
Ra (m²)	0,60
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	265,71
L/d	28,53
Rk	1,72

Rh	
h/L	1
L/d	28,53
Rh	0,62

Rv	
k	265,71
vs	0,35
Rv	0,94

Ip	
Io	0,068
Rk	1,72
Rh	0,62
Rv	0,94

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	2700
D (m)	0,60
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,068
Recalque (mm)	4,38

EDIFICIO HORIZONTE - POULOS E DAVIS

ESTACA 2

Io	
db/d	1
L/d	28,53
Io	0,068

Rk	
Ap (m²)	0,28
d (m)	0,60
Ra (m²)	0,60
Ec (kN/m²)	31000000
Es (kN/m²)	70000
k	265,71
L/d	28,53
Rk	1,72

Rh	
h/L	1
L/d	28,53
Rh	0,62

Rv	
k	265,71
vs	0,35
Rv	0,94

Ip	
Io	0,068
Rk	1,72
Rh	0,62
Rv	0,94

Recalque (mm)	(Q / (D x Es)) x Ip
Q (kN)	2400
D (m)	0,60
Es (kN/m²)	70000
Ip	0,068
Recalque (mm)	3,90

Fonte: Autor (2025)

APÊNDICE B - Memória de cálculo do método de Vésic

B.1 - Análise do Ed. Comodoro

Tabela 17– Estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Vésic

EDIFICIO COMODORO - VÉSIC

ESTACA 1

Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qlat) * (L / (A * Ec))

Qp (kN)	507,6
ass	0,67
Qlat (kN)	1091,4
L (m)	19,12
A (m²)	0,283
Ec (Mpa)	31000

Recalque devido ao solo (mm):	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)

Cp	0,09
Qp (kN)	507,6
⌀ (m)	0,60
qp (kPa)	10000

Recalque do fuste (mm):	(Cs * Qlat) / (L * qp)

Cs	0,165
Qlat (kN)	1091,4
L (m)	19,12
qp (kPa)	10000

Recalque total (mm):	Se + Sp + Sf

Se (mm)	2,70
Sp (mm)	7,61
Sf (mm)	0,94

Encurtamento elástico (mm):	2,70	**Recalque devido ao solo (mm):**	7,61	**Recalque do fuste (mm):**	0,94	**Recalque total (mm):**	11,26

Fonte: Autor (2025)

Tabela 18– Estaca 2 do Ed.Comodoro para o método de Vésic

EDIFICIO COMODORO - VÉSIC	
ESTACA 2	
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qiat) * (L / (A * Es))

Qp (kN)	501,85
ass	0,67
Qlat (kN)	897,21
L (m)	15,28
A (m²)	0,283
Ec (Mpa)	31000

Recalque devido ao solo (mm):	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)
Cp	0,09
Qp (kN)	501,85
⌀ (m)	0,60
qp (kPa)	10000

Recalque do fuste (mm):	(Cs * Qlat) / (L * qp)
Cs	0,156
Qlat (kN)	897,21
L (m)	15,28
qp (kPa)	10000

Recalque total (mm):	Se + Sp + Sf
Se (mm)	1,92
Sp (mm)	7,53
Sf (mm)	0,92

Encurtamento elástico (mm):	1,92
Recalque devido ao solo (mm):	7,53
Recalque do fuste (mm):	0,92
Recalque total (mm):	10,37

Fonte: Autor (2025)

Tabela 19– Estaca 3 do Ed.Comodoro para o método de Vésic

EDIFICIO COMODORO - VÉSIC	
ESTACA 3	
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qlat) * (L / (A * Es))
Qp (kN)	507,6
ass	0,67
Qlat (kN)	1164,6
L (m)	19,12
A (m²)	0,283
Ec (Mpa)	31000
Encurtamento elástico (mm):	2,81

Recalque devido ao solo (mm):	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)
Cp	0,09
Qp (kN)	507,6
⌀ (m)	0,60
qp (kPa)	10000
Recalque devido ao solo (mm):	7,61

Recalque do fuste (mm):	(Cs * Qiat) / (L * qp)
Cs	0,165
Qlat (kN)	1164,6
L (m)	19,12
qp (kPa)	10000
Recalque do fuste (mm):	1,00

Recalque total (mm):	Se + Sp + Sf
Se (mm)	2,81
Sp (mm)	7,61
Sf (mm)	1,00
Recalque total (mm):	11,43

Fonte: Autor (2025)

B.2 - Análise do Ed. Excalibur

Tabela 20– Estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Vésic

EDIFICIO EXCALIBUR - VÉSIC							
ESTACA 1							
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qlat) * (L / (A * Ec))						
Qp (kN)	319,79	**Recalque devido ao solo (mm):**	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)	**Recalque do fuste (mm):**	(Cs * Qlat) / (L * qp)		
ass	0,67					**Recalque total (mm):**	Se + Sp + Sf
Qlat (kN)	1328,91	Cp	0,09	Cs	0,161		
L (m)	17,12	Qp (kN)	319,79	Qlat (kN)	1328,91	Se (mm)	2,36
A (m²)	0,283	⌀ (m)	0,60	L (m)	17,12	Sp (mm)	4,80
Ec (Mpa)	31000	qp (kPa)	10000	qp (kPa)	10000	Sf (mm)	1,25
Encurtamento elástico (mm):	2,36	**Recalque devido ao solo (mm):**	4,80	**Recalque do fuste (mm):**	1,25	**Recalque total (mm):**	8,41

Fonte: Autor (2025)

Tabela 21– Estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Vésic

EDIFICIO EXCALIBUR - VÉSIC	
ESTACA 2	
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qiat) * (L / (A * Es))
Qp (kN)	355,32
ass	0,67
Qlat (kN)	1215,25
L (m)	17,12
A (m²)	0,283
Ec (Mpa)	31000
Encurtamento elástico (mm):	2,29

Recalque devido ao solo (mm):	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)
Cp	0,09
Qp (kN)	355,32
⌀ (m)	0,60
qp (kPa)	10000
Recalque devido ao solo (mm):	5,33

Recalque do fuste (mm):	(Cs * Qlat) / (L * qp)
Cs	0,161
Qlat (kN)	1215,25
L (m)	17,12
qp (kPa)	10000
Recalque do fuste (mm):	1,14

Recalque total (mm):	Se + Sp + Sf
Se (mm)	2,29
Sp (mm)	5,33
Sf (mm)	1,14
Recalque total (mm):	8,76

Fonte: Autor (2025)

Tabela 22– Estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Vésic

EDIFICIO EXCALIBUR - VÉSIC	
ESTACA 3	
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qlat) * (L / (A * Ec))

Qp (kN)	355,32
ass	0,67
Qlat (kN)	1283,79
L (m)	17,20
A (m²)	0,283
Ec (Mpa)	31000

Recalque devido ao solo (mm):	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)

Cp	0,09
Qp (kN)	355,32
⌀ (m)	0,60
qp (kPa)	10000

Recalque do fuste (mm):	(Cs * Qlat) / (L * qp)

Cs	0,161
Qlat (kN)	1283,79
L (m)	17,20
qp (kPa)	10000

Recalque total (mm):	Se + Sp + Sf

Se (mm)	2,39
Sp (mm)	5,33
Sf (mm)	1,20

Encurtamento elástico (mm):	2,39
Recalque devido ao solo (mm):	5,33
Recalque do fuste (mm):	1,20
Recalque total (mm):	8,92

Fonte: Autor (2025)

Tabela 23– Estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Vésic

EDIFICIO EXCALIBUR - VÉSIC	
ESTACA 4	
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qiat) * (L / (A * Es))
Qp (kN)	376,64
ass	0,67
Qlat (kN)	1125,75
L (m)	17,12
A (m²)	0,283
Ec (Mpa)	31000
Encurtamento elástico (mm):	2,21

Recalque devido ao solo (mm):	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)
Cp	0,09
Qp (kN)	376,64
⌀ (m)	0,60
qp (kPa)	10000
Recalque devido ao solo (mm):	5,65

Recalque do fuste (mm):	(Cs * Qlat) / (L * qp)
Cs	0,161
Qlat (kN)	1125,75
L (m)	17,12
qp (kPa)	10000
Recalque do fuste (mm):	1,06

Recalque total (mm):	Se + Sp + Sf
Se (mm)	2,21
Sp (mm)	5,65
Sf (mm)	1,06
Recalque total (mm):	8,92

Fonte: Autor (2025)

B.3 - Análise do Ed. Maestria

Tabela 24– Estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Vésic

EDIFICIO MAESTRIA - VÉSIC							
ESTACA 1							
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qlat) * (L / (A * Ec))						
Qp (kN)	607,38	**Recalque devido ao solo (mm):**	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)	**Recalque do fuste (mm):**	(Cs * Qlat) / (L * qp)		
ass	0,67					**Recalque total (mm):**	Se + Sp + Sf
Qlat (kN)	1587,9	Cp	0,09	Cs	0,150		
L (m)	15,00	Qp (kN)	607,38	Qlat (kN)	1587,9	Se (mm)	2,10
A (m²)	0,385	⌀ (m)	0,70	L (m)	15,00	Sp (mm)	7,81
Ec (Mpa)	31000	qp (kPa)	10000	qp (kPa)	10000	Sf (mm)	1,59
Encurtamento elástico (mm):	2,10	**Recalque devido ao solo (mm):**	7,81	**Recalque do fuste (mm):**	1,59	**Recalque total (mm):**	11,50

Fonte: Autor (2025)

Tabela 25– Estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Vésic

EDIFICIO MAESTRIA - VÉSIC	
ESTACA 2	
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qiat) * (L / (A * Es))

Qp (kN)	446,10
ass	0,67
Qlat (kN)	1197,73
L (m)	15,00
A (m²)	0,385
Ec (Mpa)	31000
Encurtamento elástico (mm):	1,57

Recalque devido ao solo (mm):	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)
Cp	0,09
Qp (kN)	446,10
⌀ (m)	0,70
qp (kPa)	10000
Recalque devido ao solo (mm):	5,74

Recalque do fuste (mm):	(Cs * Qlat) / (L * qp)
Cs	0,150
Qlat (kN)	1197,73
L (m)	15,00
qp (kPa)	10000
Recalque do fuste (mm):	1,20

Recalque total (mm):	Se + Sp + Sf
Se (mm)	1,57
Sp (mm)	5,74
Sf (mm)	1,20
Recalque total (mm):	8,51

Fonte: Autor (2025)

B.4 - Análise do Ed. Orla 14

Tabela 26– Estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Vésic

EDIFICIO ORLA 14 - VÉSIC							
ESTACA 1							
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qlat) * (L / (A * Ec))						
Qp (kN)	483,84	**Recalque devido ao solo (mm):**	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)	**Recalque do fuste (mm):**	(Cs * Qlat) / (L * qp)		
ass	0,67					**Recalque total (mm):**	Se + Sp + Sf
Qlat (kN)	843,01	Cp	0,09	Cs	0,147		
L (m)	13,70	Qp (kN)	483,84	Qlat (kN)	843,01	Se (mm)	1,20
A (m²)	0,385	⌀ (m)	0,70	L (m)	13,70	Sp (mm)	6,22
Ec (Mpa)	31000	qp (kPa)	10000	qp (kPa)	10000	Sf (mm)	0,91
Encurtamento elástico (mm):	1,20	**Recalque devido ao solo (mm):**	6,22	**Recalque do fuste (mm):**	0,91	**Recalque total (mm):**	8,33

Fonte: Autor (2025)

Tabela 27– Estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Vésic

EDIFICIO ORLA 14 - VÉSIC							
ESTACA 2							
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qiat) * (L / (A * Es))						
Qp (kN)	483,84	**Recalque devido ao solo (mm):**	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)	**Recalque do fuste (mm):**	(Cs * Qlat) / (L * qp)		
ass	0,67					**Recalque total (mm):**	Se + Sp + Sf
Qlat (kN)	889,36	Cp	0,09	Cs	0,147		
L (m)	13,70	Qp (kN)	483,84	Qlat (kN)	889,36	Se (mm)	1,24
A (m²)	0,385	⌀ (m)	0,70	L (m)	13,70	Sp (mm)	6,22
Ec (Mpa)	31000	qp (kPa)	10000	qp (kPa)	10000	Sf (mm)	0,96
Encurtamento elástico (mm):	1,24	**Recalque devido ao solo (mm):**	6,22	**Recalque do fuste (mm):**	0,96	**Recalque total (mm):**	8,42

Fonte: Autor (2025)

B.5 - Análise do Ed. You

Tabela 28– Estaca 1 do Ed.You para o método de Vésic

EDIFICIO YOU - VÉSIC							
ESTACA 1							
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qlat) * (L / (A * Ec))						
Qp (kN)	63,00	**Recalque devido ao solo (mm):**	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)	**Recalque do fuste (mm):**	(Cs * Qlat) / (L * qp)		
ass	0,67					**Recalque total (mm):**	Se + Sp + Sf
Qlat (kN)	439,54	Cp	0,09	Cs	0,163		
L (m)	12,00	Qp (kN)	63,00	Qlat (kN)	439,54	Se (mm)	1,10
A (m²)	0,126	⌀ (m)	0,40	L (m)	12,00	Sp (mm)	3,54
Ec (Mpa)	31000	qp (kPa)	4000	qp (kPa)	4000	Sf (mm)	1,49
Encurtamento elástico (mm):	1,10	**Recalque devido ao solo (mm):**	3,54	**Recalque do fuste (mm):**	1,49	**Recalque total (mm):**	6,13

Fonte: Autor (2025)

Tabela 29– Estaca 2 do Ed.You para o método de Vésic

EDIFICIO YOU - VÉSIC	
ESTACA 2	
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qiat) * (L / (A * Es))

Qp (kN)	355,32
ass	0,67
Qlat (kN)	1053,05
L (m)	16,00
A (m²)	0,283
Ec (Mpa)	31000

Recalque devido ao solo (mm):	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)

Cp	0,09
Qp (kN)	355,32
⌀ (m)	0,60
qp (kPa)	10000

Recalque do fuste (mm):	(Cs * Qlat) / (L * qp)

Cs	0,158
Qlat (kN)	1053,05
L (m)	16,00
qp (kPa)	10000

Recalque total (mm):	Se + Sp + Sf

Se (mm)	1,94
Sp (mm)	5,33
Sf (mm)	1,04

Encurtamento elástico (mm):	1,94	**Recalque devido ao solo (mm):**	5,33	**Recalque do fuste (mm):**	1,04	**Recalque total (mm):**	8,31

Fonte: Autor (2025)

Tabela 30– Estaca 3 do Ed.You para o método de Vésic

EDIFICIO YOU - VÉSIC	
ESTACA 3	
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qlat) * (L / (A * Ec))

Qp (kN)	355,32
ass	0,67
Qlat (kN)	1337,44
L (m)	18,00
A (m²)	0,283
Ec (Mpa)	31000
Encurtamento elástico (mm):	2,57

Recalque devido ao solo (mm):	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)
Cp	0,09
Qp (kN)	355,32
⌀ (m)	0,60
qp (kPa)	10000
Recalque devido ao solo (mm):	5,33

Recalque do fuste (mm):	(Cs * Qlat) / (L * qp)
Cs	0,163
Qlat (kN)	1337,44
L (m)	18,00
qp (kPa)	10000
Recalque do fuste (mm):	1,21

Recalque total (mm):	Se + Sp + Sf
Se (mm)	2,57
Sp (mm)	5,33
Sf (mm)	1,21
Recalque total (mm):	9,11

Fonte: Autor (2025)

B.6 - Análise do Ed. Horizonte

Tabela 31– Estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Vésic

EDIFICIO HORIZONTE - VÉSIC							
ESTACA 1							
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qlat) * (L / (A * Ec))						
Qp (kN)	761,4	**Recalque devido ao solo (mm):**	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)	**Recalque do fuste (mm):**	(Cs * Qlat) / (L * qp)		
ass	0,67					**Recalque total (mm):**	Se + Sp + Sf
Qlat (kN)	1093,53	Cp	0,09	Cs	0,161		
L (m)	17,12	Qp (kN)	761,4	Qlat (kN)	1093,53	Se (mm)	2,92
A (m²)	0,283	⌀ (m)	0,60	L (m)	17,12	Sp (mm)	5,71
Ec (Mpa)	31000	qp (kPa)	20000	qp (kPa)	20000	Sf (mm)	0,51
Encurtamento elástico (mm):	2,92	**Recalque devido ao solo (mm):**	5,71	**Recalque do fuste (mm):**	0,51	**Recalque total (mm):**	9,14

Fonte: Autor (2025)

Tabela 32– Estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Vésic

EDIFICIO HORIZONTE - VÉSIC	
ESTACA 2	
Encurtamento elástico (mm):	(Qp + Ass * Qiat) * (L / (A * Es))

Qp (kN)	355,32
ass	0,67
Qlat (kN)	1270,57
L (m)	17,12
A (m²)	0,283
Ec (Mpa)	31000

Recalque devido ao solo (mm):	(Cp * Qp) / (⌀ * qp)

Cp	0,09
Qp (kN)	355,32
⌀ (m)	0,60
qp (kPa)	10000

Recalque do fuste (mm):	(Cs * Qlat) / (L * qp)

Cs	0,161
Qlat (kN)	1270,57
L (m)	17,12
qp (kPa)	10000

Recalque total (mm):	Se + Sp + Sf

Se (mm)	2,36
Sp (mm)	5,33
Sf (mm)	1,19

Encurtamento elástico (mm):	2,36
Recalque devido ao solo (mm):	5,33
Recalque do fuste (mm):	1,19
Recalque total (mm):	8,88

Fonte: Autor (2025)

APÊNDICE C - Memória de cálculo do método de Burland e Burbidge

C.1 - Análise do Ed. Comodoro

Tabela 33– Estacas do Ed.Comodoro para o método de Burland e Burbidge

EDIFICIO COMODORO - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 1	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	3000
db (m)	0,60
N60	13,00
Recalque (areias adensadas) (mm):	96,61

EDIFICIO COMODORO - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 2	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	2700
db (m)	0,60
N60	12,00
Recalque (areias adensadas) (mm):	97,26

EDIFICIO COMODORO - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 3	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	3000
db (m)	0,60
N60	14,00
Recalque (areias adensadas) (mm):	87,09

Fonte: Autor (2025)

C.2 - Análise do Ed. Excalibur

Tabela 34– Estacas 1 e 2 do Ed.Excalibur para o método de Burland e Burbidge

EDIFICIO EXCALIBUR - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 1	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	3000
db (m)	0,60
N60	17
Recalque (areias adensadas) (mm):	66,36

EDIFICIO EXCALIBUR - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 2	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	3000
db (m)	0,60
N60	15
Recalque (areias adensadas) (mm):	79,07

Fonte: Autor (2025)

Tabela 35– Estacas 3 e 4 do Ed.Excalibur para o método de Burland e Burbidge

EDIFICIO EXCALIBUR - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 3	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	3000
db (m)	0,60
N60	15
Recalque (areias adensadas) (mm):	79,07

EDIFICIO EXCALIBUR - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 4	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	2000
db (m)	0,60
N60	12
Recalque (areias adensadas) (mm):	72,04

Fonte: Autor (2025)

C.3 - Análise do Ed. Maestria

Tabela 36– Estacas do Ed.Maestria para o método de Burland e Burbidge

EDIFICIO MAESTRIA - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 1	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	2700
db (m)	0,70
N60	20
Recalque (areias adensadas) (mm):	52,99

EDIFICIO MAESTRIA - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 2	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	1800
db (m)	0,70
N60	16
Recalque (areias adensadas) (mm):	48,28

Fonte: Autor (2025)

C.4 - Análise do Ed. Orla 14

Tabela 37– Estacas do Ed.Orla 14 para o método de Burland e Burbidge

EDIFICIO ORLA 14 - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 1	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	3650
db (m)	0,70
N60	12
Recalque (areias adensadas) (mm):	146,46

EDIFICIO ORLA 14 - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 2	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	3650
db (m)	0,70
N60	15
Recalque (areias adensadas) (mm):	107,16

Fonte: Autor (2025)

C.5 - Análise do Ed. You

Tabela 38– Estacas do Ed.You para o método de Burland e Burbidge

EDIFICIO YOU - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 1	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	1500
db (m)	0,40
N60	7
Recalque (areias adensadas) (mm):	86,52

EDIFICIO YOU - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 2	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	3000
db (m)	0,60
N60	14
Recalque (areias adensadas) (mm):	87,09

EDIFICIO YOU - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 3	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	3000
db (m)	0,60
N60	14
Recalque (areias adensadas) (mm):	87,09

Fonte: Autor (2025)

C.6 - Análise do Ed. Horizonte

Tabela 39– Estacas do Ed.Horizonte para o método de Burland e Burbidge

EDIFICIO HORIZONTE - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 1	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	2700
db (m)	0,60
N60	16
Recalque (areias adensadas) (mm):	65,02

EDIFICIO HORIZONTE - BURLAND E BURBIDGE	
ESTACA 2	
Recalque (areias adensadas) (mm):	1,67 x (qb x (db ^ 0,7)) / (N60 ^ 1,4)
qb (KPa)	2400
db (m)	0,60
N60	16
Recalque (areias adensadas) (mm):	57,79

Fonte: Autor (2025)

APÊNDICE D - Memória de cálculo do método de Bowles

D.1 - Análise do Ed. Comodoro

Tabela 40– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Bowles

EDIFICIO COMODORO - BOWLES

ESTACA 1

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	65,8
Carga axial média na camada "1" (kN)	1532,9

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	435,4
Carga axial média na camada "2" (kN)	1717,7

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	625,97
Carga axial média na camada "3" (kN)	1813,0

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1091,4
Carga axial média na camada "4" (kN)	2045,7

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,45	65,8
2°	10,45	435,4
3°	13,2	625,97
4°	19,12	1091,4

Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1532,9
ΔLi (m)	3,45
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00060

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1717,7
ΔLi (m)	10,45
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00205

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1813,0
ΔLi (m)	13,2
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00273

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2045,7
ΔLi (m)	19,12
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00446

Fonte: Autor (2025)

Tabela 41– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Bowles

EDIFICIO COMODORO - BOWLES					
ESTACA 1					
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s	**Recalque na ponta da estaca (mm)**	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)	**Recalque total (mm)**	We + ΔH pt
1- ΔHs,s (m)	0,00060	Δq (kN)	3000	We (mm)	9,85
2- ΔHs,s (m)	0,00205	D (m)	0,60	ΔH pt (mm)	5,64
3- ΔHs,s (m)	0,00273	vs	0,35		
4- ΔHs,s (m)	0,00446	Es (kN/m²)	70000	**Recalque total (mm)**	15,49
		mls	1		
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	9,85	if	0,50		
		F1	0,50		
		Recalque na ponta da estaca (mm)	5,64		

Fonte: Autor (2025)

Tabela 42– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Comodoro para o método de Bowles

EDIFICIO COMODORO - BOWLES

ESTACA 2

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	133,66
Carga axial média na camada "1" (kN)	1416,83

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	348,62
Carga axial média na camada "2" (kN)	1524,3

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	811,17
Carga axial média na camada "3" (kN)	1755,6

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	897,21
Carga axial média na camada "4" (kN)	1798,6

Resistência lateral das camadas		
Camada	Comprimento da camada (m)	Somatório Nspt da camada (kN)
1°	4,45	133,66
2°	8,45	348,62
3°	14,20	811,17
4°	15,28	897,21

Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1416,83
ΔLi (m)	4,45
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00072

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1524,3
ΔLi (m)	8,45
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00147

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1755,6
ΔLi (m)	14,20
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00285

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1798,6
ΔLi (m)	15,28
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00314

Fonte: Autor (2025)

Tabela 43– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Comodoro para o método de Bowles

EDIFICIO COMODORO - BOWLES					
ESTACA 2					
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s	**Recalque na ponta da estaca (mm)**	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)	**Recalque total (mm)**	We + ΔH pt
1- ΔHs,s (m)	0,00072	Δq (kN)	2700	We (mm)	8,17
2- ΔHs,s (m)	0,00147	D (m)	0,60	ΔH pt (mm)	5,08
3- ΔHs,s (m)	0,00285	vs	0,35		
4- ΔHs,s (m)	0,00314	Es (kN/m²)	70000	**Recalque total (mm)**	13,25
		mls	1		
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	8,17	if	0,50		
		F1	0,50		
		Recalque na ponta da estaca (mm)	5,08		

Fonte: Autor (2025)

Tabela 44– Primeira parte da estaca 3 do Ed.Comodoro para o método de Bowles

EDIFICIO COMODORO - BOWLES

ESTACA 3

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	133,66
Carga axial média na camada "1" (kN)	1566,83

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	348,62
Carga axial média na camada "2" (kN)	1674,3

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	811,17
Carga axial média na camada "3" (kN)	1905,6

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1164,60
Carga axial média na camada "4" (kN)	2082,3

Resistência lateral das camadas		
Camada	Comprimento da camada (m)	Somatório Nspt da camada (kN)
1°	4,45	133,66
2°	8,45	348,62
3°	14,2	811,17
4°	19,12	1164,60

Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1566,83
ΔLi (m)	4,45
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00080

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1674,3
ΔLi (m)	8,45
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00161

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1905,6
ΔLi (m)	14,2
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00309

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2082,3
ΔLi (m)	19,12
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00454

Fonte: Autor (2025)

Tabela 45– Segunda parte da estaca 3 do Ed.Comodoro para o método de Bowles

EDIFICIO COMODORO - BOWLES					
ESTACA 3					
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s	**Recalque na ponta da estaca (mm)**	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)	**Recalque total (mm)**	We + ΔH pt
1- ΔHs,s (m)	0,00080	Δq (kN)	3000	We (mm)	10,04
2- ΔHs,s (m)	0,00161	D (m)	0,60	ΔH pt (mm)	5,64
3- ΔHs,s (m)	0,00309	vs	0,35		
4- ΔHs,s (m)	0,00454	Es (kN/m²)	70000	**Recalque total (mm)**	15,69
		mls	1		
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	10,04	if	0,50		
		F1	0,50		
		Recalque na ponta da estaca (mm)	5,64		

Fonte: Autor (2025)

D.2 - Análise do Ed. Excalibur

Tabela 46– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES	
ESTACA 1	

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	43,87
Carga axial média na camada "1" (kN)	1521,935

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	211,51
Carga axial média na camada "2" (kN)	1605,8

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	457,22
Carga axial média na camada "3" (kN)	1728,6

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	734,46
Carga axial média na camada "4" (kN)	1867,2

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1126,88
Carga axial média na camada "5" (kN)	2063,44

Carga axial média na camada "7" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1328,91
Carga axial média na camada "7" (kN)	2164,5

Resistência lateral das camadas		
Camada	Comprimento da camada (m)	Somatório Nspt da camada (kN)
1°	3,00	43,87
2°	5,00	211,51
3°	8,00	457,22
4°	11,00	734,46
5°	15,00	1126,88
6°	16,00	1227,52
7°	17,12	1328,91
8°	17,23	1430,99

Carga axial média na camada "6" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1227,52
Carga axial média na camada "6" (kN)	2113,8

Carga axial média na camada "8" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1430,99
Carga axial média na camada "8" (kN)	2215,5

Fonte: Autor (2025)

Tabela 47– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES	
ESTACA 1	
Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1521,935
ΔLi (m)	3,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00052

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1605,8
ΔLi (m)	5,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00092

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1728,6
ΔLi (m)	8,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00158

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1867,2
ΔLi (m)	11,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00234

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2063,44
ΔLi (m)	15,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00353

Recalque na camada "6" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2113,8
ΔLi (m)	16,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "6" (m)	0,00386

Recalque na camada "7" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2164,5
ΔLi (m)	17,12
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "7" (m)	0,00423

Recalque na camada "8" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2215,5
ΔLi (m)	17,23
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "8" (m)	0,00436

Fonte: Autor (2025)

Tabela 48– Terceira parte da estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES	
ESTACA 1	
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s
1- ΔHs,s (m)	0,00052
2- ΔHs,s (m)	0,00092
3- ΔHs,s (m)	0,00158
4- ΔHs,s (m)	0,00234
5- ΔHs,s (m)	0,00353
6- ΔHs,s (m)	0,00386
7- ΔHs,s (m)	0,00423
8- ΔHs,s (m)	0,00436
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	21,34

Recalque na ponta da estaca (mm)	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)
Δq (kN)	3000
D (m)	0,60
vs	0,35
Es (kN/m²)	70000
mls	1
if	0,50
F1	0,50
Recalque na ponta da estaca (mm)	5,64

Recalque total (mm)	We + ΔH pt
We (mm)	21,34
ΔH pt (mm)	5,64
Recalque total (mm)	26,98

Fonte: Autor (2025)

Tabela 49– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES	
ESTACA 2	
Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	248,55
Carga axial média na camada "1" (kN)	1624,275

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	373,26
Carga axial média na camada "2" (kN)	1686,6

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	677,32
Carga axial média na camada "3" (kN)	1838,7

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	762,17
Carga axial média na camada "4" (kN)	1881,1

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1215,25
Carga axial média na camada "5" (kN)	2107,625

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	5,00	248,55
2°	7,00	373,26
3°	11,00	677,32
4°	12,09	762,17
5°	17,12	1215,25

Fonte: Autor (2025)

Tabela 50– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES	
ESTACA 2	
Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1624,275
ΔLi (m)	5,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00093

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1838,7
ΔLi (m)	11,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00231

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1686,6
ΔLi (m)	7,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00135

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1881,1
ΔLi (m)	12,09
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00260

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Es)
Pmed (kN)	2107,625
ΔLi (m)	17,12
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00412

Fonte: Autor (2025)

Tabela 51– Terceira parte da estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES	
ESTACA 2	
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s
1- ΔHs,s (m)	0,00093
2- ΔHs,s (m)	0,00135
3- ΔHs,s (m)	0,00231
4- ΔHs,s (m)	0,00260
5- ΔHs,s (m)	0,00412
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	11,30

Recalque na ponta da estaca (mm)	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)
Δq (kN)	3000
D (m)	0,60
vs	0,35
Es (kN/m²)	70000
mls	1
if	0,50
F1	0,50
Recalque na ponta da estaca (mm)	5,64

Recalque total (mm)	We + ΔH pt
We (mm)	11,30
ΔH pt (mm)	5,64
Recalque total (mm)	16,94

Fonte: Autor (2025)

Tabela 52– Primeira parte da estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES	
ESTACA 3	
Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	109,67
Carga axial média na camada "1" (kN)	1554,835

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	481,41
Carga axial média na camada "3" (kN)	1740,7

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	271,10
Carga axial média na camada "2" (kN)	1635,6

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	819,00
Carga axial média na camada "4" (kN)	1909,5

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	109,67
2°	6,00	271,10
3°	9,00	481,41
4°	13,00	819,00
5°	15,00	1000,85
6°	17,13	1188,35
7°	17,20	1283,79

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1000,85
Carga axial média na camada "5" (kN)	2000,425

Carga axial média na camada "7" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1283,79
Carga axial média na camada "7" (kN)	2141,9

Carga axial média na camada "6" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1188,35
Carga axial média na camada "6" (kN)	2094,2

Fonte: Autor (2025)

Tabela 53– Segunda parte da estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES	
ESTACA 3	
Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1554,835
ΔLi (m)	3,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00053

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1635,6
ΔLi (m)	6,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00112

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1740,7
ΔLi (m)	9,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00179

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1909,5
ΔLi (m)	13,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00283

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2000,425
ΔLi (m)	15,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00343

Recalque na camada "6" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2094,2
ΔLi (m)	17,13
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "6" (m)	0,00409

Recalque na camada "7" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2141,9
ΔLi (m)	17,20
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "7" (m)	0,00421

Fonte: Autor (2025)

Tabela 54– Terceira parte da estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES					
ESTACA 3					
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s	**Recalque na ponta da estaca (mm)**	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)	**Recalque total (mm)**	We + ΔH pt
1- ΔHs,s (m)	0,00053	Δq (kN)	3000	We (mm)	18,00
2- ΔHs,s (m)	0,00112	D (m)	0,60	ΔH pt (mm)	5,64
3- ΔHs,s (m)	0,00179	vs	0,35		
4- ΔHs,s (m)	0,00283	Es (kN/m²)	70000	**Recalque total (mm)**	23,64
5- ΔHs,s (m)	0,00343	mls	1		
6- ΔHs,s (m)	0,00409	if	0,50		
7- ΔHs,s (m)	0,00421	F1	0,50		
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	18,00	**Recalque na ponta da estaca (mm)**	5,64		

Fonte: Autor (2025)

Tabela 55– Primeira parte da estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES	
ESTACA 4	
Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2000
Qlat (kN)	205,73
Carga axial média na camada "1" (kN)	1102,865

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2000
Qlat (kN)	786,78
Carga axial média na camada "3" (kN)	1393,4

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2000
Qlat (kN)	487,48
Carga axial média na camada "2" (kN)	1243,7

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2000
Qlat (kN)	1038,39
Carga axial média na camada "4" (kN)	1519,2

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2000
Qlat (kN)	1125,75
Carga axial média na camada "5" (kN)	1562,875

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada**
1°	5,00	205,73
2°	10,00	487,48
3°	14,00	786,78
4°	16,41	1038,39
5°	17,12	1125,75

Fonte: Autor (2025)

Tabela 56– Segunda parte da estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES	
ESTACA 4	
Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1102,865
ΔLi (m)	5,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00063

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1393,4
ΔLi (m)	14,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00223

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1243,7
ΔLi (m)	10,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00142

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1519,2
ΔLi (m)	16,41
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00285

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1562,875
ΔLi (m)	17,12
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00305

Fonte: Autor (2025)

Tabela 57– Terceira parte da estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Bowles

EDIFICIO EXCALIBUR - BOWLES					
ESTACA 4					
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s	**Recalque na ponta da estaca (mm)**	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)	**Recalque total (mm)**	We + ΔH pt
1- ΔHs,s (m)	0,00063	Δq (kN)	2000	We (mm)	10,18
2- ΔHs,s (m)	0,00142	D (m)	0,60	ΔH pt (mm)	3,76
3- ΔHs,s (m)	0,00223	vs	0,35		
4- ΔHs,s (m)	0,00285	Es (kN/m²)	70000	**Recalque total (mm)**	13,94
5- ΔHs,s (m)	0,00305	mls	1		
		if	0,50		
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	10,18	F1	0,50		
		Recalque na ponta da estaca (mm)	3,76		

Fonte: Autor (2025)

D.3 - Análise do Ed. Maestria

Tabela 58– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Bowles

EDIFICIO MAESTRIA - BOWLES

ESTACA 1

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	211,70
Carga axial média na camada "1" (kN)	1455,85

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	419,10
Carga axial média na camada "2" (kN)	1559,6

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	865,86
Carga axial média na camada "3" (kN)	1782,9

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	1587,90
Carga axial média na camada "4" (kN)	2144,0

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	1834,57
Carga axial média na camada "5" (kN)	2267,285

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	211,70
2°	5,00	419,10
3°	9,00	865,86
4°	15,00	1587,90
5°	16,25	1834,57

Fonte: Autor (2025)

Tabela 59– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Bowles

EDIFICIO MAESTRIA - BOWLES
ESTACA 1

Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1455,85
ΔLi (m)	3,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00037

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1782,9
ΔLi (m)	9,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00135

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1559,6
ΔLi (m)	5,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00065

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2144,0
ΔLi (m)	15,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00270

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2267,285
ΔLi (m)	16,25
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00309

Fonte: Autor (2025)

Tabela 60– Terceira parte da estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Bowles

EDIFICIO MAESTRIA - BOWLES	
ESTACA 1	

Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s
1- ΔHs,s (m)	0,00037
2- ΔHs,s (m)	0,00065
3- ΔHs,s (m)	0,00135
4- ΔHs,s (m)	0,00270
5- ΔHs,s (m)	0,00309
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	8,15

Recalque na ponta da estaca (mm)	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)
Δq (kN)	2700
D (m)	0,70
vs	0,35
Es (kN/m²)	70000
mls	1
if	0,50
F1	0,50
Recalque na ponta da estaca (mm)	5,92

Recalque total (mm)	We + ΔH pt
We (mm)	8,15
ΔH pt (mm)	5,92
Recalque total (mm)	14,08

Fonte: Autor (2025)

Tabela 61– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Bowles

EDIFICIO MAESTRIA - BOWLES
ESTACA 2

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1800
Qlat (kN)	94,90
Carga axial média na camada "1" (kN)	947,45

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1800
Qlat (kN)	216,52
Carga axial média na camada "2" (kN)	1008,3

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1800
Qlat (kN)	977,20
Carga axial média na camada "5" (kN)	1388,6

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1800
Qlat (kN)	374,93
Carga axial média na camada "3" (kN)	1087,5

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1800
Qlat (kN)	561,38
Carga axial média na camada "4" (kN)	1180,7

Carga axial média na camada "7" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1800
Qlat (kN)	1310,15
Carga axial média na camada "7" (kN)	1555,1

Resistência lateral das camadas		
Camada	Comprimento da camada (m)	Somatório Nspt da camada (kN)
1°	3,00	94,90
2°	5,00	216,52
3°	7,00	374,93
4°	9,00	561,38
5°	13,00	977,20
6°	14,00	1086,70
7°	15,00	1310,15
8°	16,06	1423,74

Carga axial média na camada "6" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1800
Qlat (kN)	1086,70
Carga axial média na camada "6" (kN)	1443,4

Carga axial média na camada "8" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1800
Qlat (kN)	1423,74
Carga axial média na camada "8" (kN)	1611,9

Fonte: Autor (2025)

Tabela 62– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Bowles

EDIFICIO MAESTRIA - BOWLES	
ESTACA 2	
Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	947,45
ΔLi (m)	3,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00024

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1008,3
ΔLi (m)	5,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00042

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1087,5
ΔLi (m)	7,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00064

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1180,7
ΔLi (m)	9,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00089

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1388,6
ΔLi (m)	13,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00151

Recalque na camada "6" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1443,4
ΔLi (m)	14,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "6" (m)	0,00169

Recalque na camada "7" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1555,1
ΔLi (m)	15,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "7" (m)	0,00196

Recalque na camada "8" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1611,9
ΔLi (m)	16,06
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "8" (m)	0,00217

Fonte: Autor (2025)

Tabela 63– Terceira parte da estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Bowles

EDIFICIO MAESTRIA - BOWLES	
ESTACA 2	

Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s
1- ΔHs,s (m)	0,00024
2- ΔHs,s (m)	0,00042
3- ΔHs,s (m)	0,00064
4- ΔHs,s (m)	0,00089
5- ΔHs,s (m)	0,00151
6- ΔHs,s (m)	0,00169
7- ΔHs,s (m)	0,00196
8- ΔHs,s (m)	0,00217
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	9,53

Recalque na ponta da estaca (mm)	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)
Δq (kN)	1800
D (m)	0,70
vs	0,35
Es (kN/m²)	70000
mls	1
if	0,50
F1	0,50
Recalque na ponta da estaca (mm)	3,95

Recalque total (mm)	We + ΔH pt
We (mm)	9,53
ΔH pt (mm)	3,95
Recalque total (mm)	13,48

Fonte: Autor (2025)

D.4 - Análise do Ed. Orla 14

Tabela 64– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles

EDIFICIO ORLA 14 - BOWLES	
ESTACA 1	

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3650
Qlat (kN)	102,20
Carga axial média na camada "1" (kN)	1876,1

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3650
Qlat (kN)	256,09
Carga axial média na camada "2" (kN)	1953,0

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3650
Qlat (kN)	475,09
Carga axial média na camada "3" (kN)	2062,5

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3650
Qlat (kN)	745,70
Carga axial média na camada "4" (kN)	2197,9

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3650
Qlat (kN)	843,01
Carga axial média na camada "5" (kN)	2246,505

Resistência lateral das camadas		
Camada	Comprimento da camada (m)	Somatório Nspt da camada (kN)
1°	3,00	102,20
2°	6,00	256,09
3°	9,00	475,09
4°	12,00	745,70
5°	13,70	843,01

Fonte: Autor (2025)

Tabela 65– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles

EDIFICIO ORLA 14 - BOWLES
ESTACA 1

Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1876,1
ΔLi (m)	3,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00047

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2062,5
ΔLi (m)	9,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00156

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1953,0
ΔLi (m)	6,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00098

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2197,9
ΔLi (m)	12,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00221

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2246,505
ΔLi (m)	13,70
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00258

Fonte: Autor (2025)

Tabela 66– Terceira parte da estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles

EDIFICIO ORLA 14 - BOWLES	
ESTACA 1	

Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s

Recalque na ponta da estaca (mm)	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)

Recalque total (mm)	We + ΔH pt

1- ΔHs,s (m)	0,00047
2- ΔHs,s (m)	0,00098
3- ΔHs,s (m)	0,00156
4- ΔHs,s (m)	0,00221
5- ΔHs,s (m)	0,00258

Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	7,80

Δq (kN)	3650
D (m)	0,70
vs	0,35
Es (kN/m²)	70000
mls	1
if	0,50
F1	0,50

Recalque na ponta da estaca (mm)	8,01

We (mm)	7,80
ΔH pt (mm)	8,01

Recalque total (mm)	15,81

Fonte: Autor (2025)

Tabela 67– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles

EDIFICIO ORLA 14 - BOWLES
ESTACA 2

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3650
Qlat (kN)	80,30
Carga axial média na camada "1" (kN)	1865,15

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3650
Qlat (kN)	256,96
Carga axial média na camada "2" (kN)	1953,5

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3650
Qlat (kN)	889,36
Carga axial média na camada "5" (kN)	2269,68

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3650
Qlat (kN)	498,88
Carga axial média na camada "3" (kN)	2074,4

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3650
Qlat (kN)	687,66
Carga axial média na camada "4" (kN)	2168,8

Resistência lateral das camadas		
Camada	Comprimento da camada (m)	Somatório Nspt da camada (kN)
1°	3,00	80,30
2°	6,00	256,96
3°	9,00	498,88
4°	11,00	687,66
5°	13,70	889,36

Fonte: Autor (2025)

Tabela 68– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles

EDIFICIO ORLA 14 - BOWLES
ESTACA 2

Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1865,15
ΔLi (m)	3,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00047

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2074,4
ΔLi (m)	9,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00157

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1953,5
ΔLi (m)	6,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00098

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2168,8
ΔLi (m)	11,00
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00200

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2269,68
ΔLi (m)	13,70
Amed (m²)	0,38
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00261

Fonte: Autor (2025)

Tabela 69– Terceira parte da estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Bowles

EDIFICIO ORLA 14 - BOWLES	
ESTACA 2	

Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s
1- ΔHs,s (m)	0,00047
2- ΔHs,s (m)	0,00098
3- ΔHs,s (m)	0,00157
4- ΔHs,s (m)	0,00200
5- ΔHs,s (m)	0,00261
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	7,63

Recalque na ponta da estaca (mm)	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)
Δq (kN)	3650
D (m)	0,70
vs	0,35
Es (kN/m²)	70000
mls	1
if	0,50
F1	0,50
Recalque na ponta da estaca (mm)	8,01

Recalque total (mm)	We + ΔH pt
We (mm)	7,63
ΔH pt (mm)	8,01
Recalque total (mm)	15,63

Fonte: Autor (2025)

D.5 - Análise do Ed. You

Tabela 70– Primeira parte da estaca 1 do Ed.You para o método de Bowles

EDIFICIO YOU - BOWLES	
ESTACA 1	

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1500
Qlat (kN)	37,50
Carga axial média na camada "1" (kN)	768,75

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1500
Qlat (kN)	151,04
Carga axial média na camada "2" (kN)	825,5

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1500
Qlat (kN)	265,54
Carga axial média na camada "3" (kN)	882,8

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1500
Qlat (kN)	393,33
Carga axial média na camada "4" (kN)	946,7

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	1500
Qlat (kN)	439,54
Carga axial média na camada "5" (kN)	969,8

Resistência lateral das camadas		
Camada	Comprimento da camada (m)	Somatório Nspt da camada (kN)
1°	2,00	37,50
2°	5,00	151,04
3°	8,00	265,54
4°	11,00	393,33
5°	12,00	439,54

Fonte: Autor (2025)

Tabela 71– Segunda parte da estaca 1 do Ed.You para o método de Bowles

EDIFICIO YOU - BOWLES
ESTACA 1

Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	768,75
ΔLi (m)	2,00
Amed (m²)	0,13
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,000395

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	882,8
ΔLi (m)	8,00
Amed (m²)	0,13
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00181

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	825,5
ΔLi (m)	5,00
Amed (m²)	0,13
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00106

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	946,7
ΔLi (m)	11,00
Amed (m²)	0,13
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00267

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	969,8
ΔLi (m)	12,00
Amed (m²)	0,13
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00299

Fonte: Autor (2025)

Tabela 72– Terceira parte da estaca 1 do Ed.You para o método de Bowles

EDIFICIO YOU - BOWLES

ESTACA 1

Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s

Recalque na ponta da estaca (mm)	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)

Recalque total (mm)	We + ΔH pt

1- ΔHs,s (m)	0,000395
2- ΔHs,s (m)	0,00106
3- ΔHs,s (m)	0,00181
4- ΔHs,s (m)	0,00267
5- ΔHs,s (m)	0,00299

Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	8,93

Δq (kN)	1500
D (m)	0,40
vs	0,35
Es (kN/m²)	27000
mls	1
if	0,50
F1	0,50

Recalque na ponta da estaca (mm)	4,88

We (mm)	8,93
ΔH pt (mm)	4,88

Recalque total (mm)	13,81

Fonte: Autor (2025)

Tabela 73– Primeira parte da estaca 2 do Ed.You para o método de Bowles

EDIFICIO YOU - BOWLES

ESTACA 2

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	122,20
Carga axial média na camada "1" (kN)	1561,1

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	710,45
Carga axial média na camada "3" (kN)	1855,2

Resistência lateral das camadas		
Camada	Comprimento da camada (m)	Somatório Nspt da camada (kN)
1°	3,00	122,20
2°	9,00	481,91
3°	12,00	710,45
4°	14,00	877,71
5°	16,00	1053,05

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	481,91
Carga axial média na camada "2" (kN)	1741,0

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	877,71
Carga axial média na camada "4" (kN)	1938,9

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1053,05
Carga axial média na camada "5" (kN)	2026,5

Fonte: Autor (2025)

Tabela 74– Segunda parte da estaca 2 do Ed.You para o método de Bowles

EDIFICIO YOU - BOWLES
ESTACA 2

Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1561,1
ΔLi (m)	3,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,000535

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1855,2
ΔLi (m)	12,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00254

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1741,0
ΔLi (m)	9,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00179

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1938,9
ΔLi (m)	14,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00310

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2026,5
ΔLi (m)	16,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00370

Fonte: Autor (2025)

Tabela 75– Terceira parte da estaca 2 do Ed.You para o método de Bowles

EDIFICIO YOU - BOWLES	
ESTACA 2	

Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s
1- ΔHs,s (m)	0,000535
2- ΔHs,s (m)	0,00179
3- ΔHs,s (m)	0,00254
4- ΔHs,s (m)	0,00310
5- ΔHs,s (m)	0,00370
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	11,66

Recalque na ponta da estaca (mm)	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)
Δq (kN)	3000
D (m)	0,60
vs	0,35
Es (kN/m²)	27000
mls	1
if	0,50
F1	0,50
Recalque na ponta da estaca (mm)	14,63

Recalque total (mm)	We + ΔH pt
We (mm)	11,66
ΔH pt (mm)	14,63
Recalque total (mm)	26,29

Fonte: Autor (2025)

Tabela 76– Primeira parte da estaca 3 do Ed.You para o método de Bowles

EDIFICIO YOU - BOWLES

ESTACA 3

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	166,07
Carga axial média na camada "1" (kN)	1583,035

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	580,30
Carga axial média na camada "2" (kN)	1790,2

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1337,44
Carga axial média na camada "5" (kN)	2168,72

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	810,73
Carga axial média na camada "3" (kN)	1905,4

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	3000
Qlat (kN)	1155,27
Carga axial média na camada "4" (kN)	2077,6

Resistência lateral das camadas		
Camada	Comprimento da camada (m)	Somatório Nspt da camada (kN)
1°	3,00	166,07
2°	9,00	580,30
3°	12,00	810,73
4°	16,00	1155,27
5°	18,00	1337,44

Fonte: Autor (2025)

Tabela 77– Segunda parte da estaca 3 do Ed.You para o método de Bowles

EDIFICIO YOU - BOWLES
ESTACA 3

Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1583,035
ΔLi (m)	3,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,000542

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1905,4
ΔLi (m)	12,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00261

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1790,2
ΔLi (m)	9,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00184

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2077,6
ΔLi (m)	16,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00379

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2168,72
ΔLi (m)	18,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00446

Fonte: Autor (2025)

Tabela 78– Terceira parte da estaca 3 do Ed.You para o método de Bowles

EDIFICIO YOU - BOWLES	
ESTACA 3	

Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s

1- ΔHs,s (m)	0,000542
2- ΔHs,s (m)	0,00184
3- ΔHs,s (m)	0,00261
4- ΔHs,s (m)	0,00379
5- ΔHs,s (m)	0,00446

Somatório do recalque ao longo da	13,24

Recalque na ponta da estaca (mm)	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)

Δq (kN)	3000
D (m)	0,60
vs	0,35
Es (kN/m²)	55000
mls	1
if	0,50
F1	0,50

Recalque na ponta da estaca (mm)	7,18

Recalque total (mm)	We + ΔH pt

We (mm)	13,24
ΔH pt (mm)	7,18

Recalque total (mm)	20,42

Fonte: Autor (2025)

D.6 - Análise do Ed. Horizonte

Tabela 79– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Bowles

EDIFICIO HORIZONTE - BOWLES	
ESTACA 1	

Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	112,80
Carga axial média na camada "1" (kN)	1406,4

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	452,89
Carga axial média na camada "2" (kN)	1576,4

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	672,03
Carga axial média na camada "3" (kN)	1686,0

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	918,94
Carga axial média na camada "4" (kN)	1809,5

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	1093,53
Carga axial média na camada "5" (kN)	1896,765

Carga axial média na camada "6" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2700
Qlat (kN)	1365,94
Carga axial média na camada "6" (kN)	2032,97

Resistência lateral das camadas		
Camada	Comprimento da camada (m)	Somatório Nspt da camada (kN)
1°	3,00	112,80
2°	9,00	452,89
3°	12,00	672,03
4°	15,00	918,94
5°	17,12	1093,53
6°	19,09	1365,94

Fonte: Autor (2025)

Tabela 80– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Bowles

EDIFICIO HORIZONTE - BOWLES

ESTACA 1

Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1406,4
ΔLi (m)	3,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,000482

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1576,4
ΔLi (m)	9,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00162

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1686,0
ΔLi (m)	12,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00231

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1809,5
ΔLi (m)	15,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00310

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1896,765
ΔLi (m)	17,12
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00371

Recalque na camada "6" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	2032,97
ΔLi (m)	19,09
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "6" (m)	0,00443

Fonte: Autor (2025)

Tabela 81– Terceira parte da estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Bowles

EDIFICIO HORIZONTE - BOWLES					
ESTACA 1					
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s	**Recalque na ponta da estaca (mm)**	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)	**Recalque total (mm)**	We + ΔH pt
1- ΔHs,s (m)	0,00048	Δq (kN)	2700	We (mm)	15,65
2- ΔHs,s (m)	0,00162	D (m)	0,60	ΔH pt (mm)	5,08
3- ΔHs,s (m)	0,00231	vs	0,35		
4- ΔHs,s (m)	0,00310	Es (kN/m²)	70000	**Recalque total (mm)**	20,72
5- ΔHs,s (m)	0,00371	mls	1		
6- ΔHs,s (m)	0,00443	if	0,50		
		F1	0,50		
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	15,65				
		Recalque na ponta da estaca (mm)	5,08		

Fonte: Autor (2025)

Tabela 82– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Bowles

EDIFICIO HORIZONTE - BOWLES	
ESTACA 2	
Carga axial média na camada "1" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2400
Qlat (kN)	115,94
Carga axial média na camada "1" (kN)	1258,0

Carga axial média na camada "3" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2400
Qlat (kN)	797,12
Carga axial média na camada "3" (kN)	1598,6

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	115,94
2°	9,00	534,49
3°	12,00	797,12
4°	15,00	1077,37
5°	17,12	1270,57

Carga axial média na camada "2" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2400
Qlat (kN)	534,49
Carga axial média na camada "2" (kN)	1467,2

Carga axial média na camada "4" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2400
Qlat (kN)	1077,37
Carga axial média na camada "4" (kN)	1738,7

Carga axial média na camada "5" (kN)	(Qinicial+Qlat)/2
Qinicial (kN)	2400
Qlat (kN)	1270,57
Carga axial média na camada "5" (kN)	1835,3

Fonte: Autor (2025)

Tabela 83– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Bowles

EDIFICIO HORIZONTE - BOWLES	
ESTACA 2	
Recalque na camada "1" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1258,0
ΔLi (m)	3,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "1" (m)	0,00043

Recalque na camada "2" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1467,2
ΔLi (m)	9,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "2" (m)	0,00151

Recalque na camada "3" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1598,6
ΔLi (m)	12,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "3" (m)	0,00219

Recalque na camada "4" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1738,7
ΔLi (m)	15,00
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "4" (m)	0,00298

Recalque na camada "5" (m)	(Pmed x ΔLi) / (Amed x Ec)
Pmed (kN)	1835,3
ΔLi (m)	17,12
Amed (m²)	0,28
Ec (kN/m²)	31000000
Recalque na camada "5" (m)	0,00359

Fonte: Autor (2025)

Tabela 84– Terceira parte da estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Bowles

EDIFICIO HORIZONTE - BOWLES					
ESTACA 2					
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	Σ ΔHs,s	**Recalque na ponta da estaca (mm)**	((Δq x D) *(1- vs^2)/Es) x mls x if x F1)	**Recalque total (mm)**	We + ΔH pt
1- ΔHs,s (m)	0,00043	Δq (kN)	2400	We (mm)	10,69
2- ΔHs,s (m)	0,00151	D (m)	0,60	ΔH pt (mm)	4,51
3- ΔHs,s (m)	0,00219	vs	0,35		
4- ΔHs,s (m)	0,00298	Es (kN/m²)	70000	**Recalque total (mm)**	15,20
5- ΔHs,s (m)	0,00359	mls	1		
		if	0,50		
		F1	0,50		
Somatório do recalque ao longo da estaca (mm)	10,69				
		Recalque na ponta da estaca (mm)	4,51		

Fonte: Autor (2025)

APÊNDICE E - Memória de cálculo do método de Cintra e Aoki

E.1 - Análise do Ed. Comodoro

Tabela 85– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO COMODORO - CINTRA E AOKI

ESTACA 1

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl1 (kN)	65,8
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2967,1

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl3 (kN)	625,97
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	2185,8

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,45	65,8
2°	10,45	435,4
3°	13,2	625,97
4°	19,12	1091,4

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl2 (kN)	435,4
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2716,5

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl4 (kN)	1091,4
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	1327,1

Fonte: Autor (2025)

Tabela 86– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO COMODORO - CINTRA E AOKI									
ESTACA 1									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	3917,4	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1091,4	Δσ	16,41	pe (mm)	10,60
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0
∑ (Pi x Li) (kN/m)	92851,40	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	0		
		h (m)	19,12	h (m)	19,12			**Recalque total do solo (mm)**	10,60
Encurtamento elástico da estaca (mm)	10,60	H (m)	0	H (m)	0	**Recalque devido ao solo (mm)**	0		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	12,83	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	3,58				

Fonte: Autor (2025)

Tabela 87– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO COMODORO - CINTRA E AOKI

ESTACA 2

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl1 (kN)	133,66
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2633,17

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl3 (kN)	811,17
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	1812,1

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	4,45	133,66
2°	8,45	348,62
3°	14,2	811,17
4°	15,28	897,21

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl2 (kN)	348,62
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2392,0

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl4 (kN)	897,21
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	957,9

Fonte: Autor (2025)

Tabela 88– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO COMODORO - CINTRA E AOKI									
ESTACA 2									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	3723,21	Rli (Camada com a ponta da estaca)	897,21	Δσ	23,34	pe (mm)	8,25
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0
∑ (Pi x Li) (kN/m)	72299,98	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	0		
		h (m)	15,28	h (m)	15,28			**Recalque total do solo (mm)**	8,25
Encurtamento elástico da estaca (mm)	8,25	H (m)	0	H (m)	0	**Recalque devido ao solo (mm)**	0		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	18,81	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	4,53				

Fonte: Autor (2025)

Tabela 89– Primeira parte da estaca 3 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO COMODORO - CINTRA E AOKI

ESTACA 3

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI1 (kN)	133,66
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2933,17

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI3 (kN)	811,17
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	2112,1

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI2 (kN)	348,62
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2692,0

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI4 (kN)	1164,60
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	1124,3

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	4,45	133,66
2°	8,45	348,62
3°	14,20	811,17
4°	19,12	1164,60

Fonte: Autor (2025)

Tabela 90– Segunda parte da estaca 3 do Ed.Comodoro para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO COMODORO - CINTRA E AOKI									
ESTACA 3									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	3990,60	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1164,60	Δσ	16,89	pe (mm)	9,96
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0
∑ (Pi x Li) (kN/m)	87288,24	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	0		
		h (m)	19,12	h (m)	19,12			**Recalque total do solo (mm)**	9,96
Encurtamento elástico da estaca (mm)	9,96	H (m)	0	H (m)	0	**Recalque devido ao solo (mm)**	0		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	13,07	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	3,81				

Fonte: Autor (2025)

E.2 - Análise do Ed. Excalibur

Tabela 91– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO EXCALIBUR - CINTRA E AOKI	
ESTACA 1	
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI1 (kN)	43,87
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2978,065

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI3 (kN)	457,22
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	2516,0

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI2 (kN)	211,51
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2850,4

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI4 (kN)	734,46
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	1920,2

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	43,87
2°	5,00	211,51
3°	8,00	457,22
4°	11,00	734,46
5°	15,00	1126,88
6°	16,00	1227,52
7°	17,12	1328,91
8°	17,23	1430,99

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI5 (kN)	1126,88
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	989,5

Esforço normal médio na camada "6" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI6 (kN)	1227,52
Esforço normal médio na camada "6" (kN)	-187,7

Esforço normal médio na camada "7" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI7 (kN)	1328,91
Esforço normal médio na camada "7" (kN)	-1465,9

Esforço normal médio na camada "8" (kN)	P - (RIi / 2)
P (kN)	3000
RI8 (kN)	1430,99
Esforço normal médio na camada "8" (kN)	-2845,9

Fonte: Autor (2025)

Tabela 92– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO EXCALIBUR - CINTRA E AOKI									
ESTACA 1									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	4154,91	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1328,91	Δσ	22,11	pe (mm)	0,24
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0,03
∑ (Pi x Li) (kN/m)	2144,60	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	0,11		
		h (m)	17,12	h (m)	17,12			**Recalque total do solo (mm)**	0,28
Encurtamento elástico da estaca (mm)	0,24	H (m)	0,11	H (m)	0,11	**Recalque devido ao solo (mm)**	0,03		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	16,75	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	5,36				

Fonte: Autor (2025)

Tabela 93– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO EXCALIBUR - CINTRA E AOKI

ESTACA 2

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl1 (kN)	248,55
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2875,725

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl3 (kN)	677,32
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	2039,5

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	5,00	248,55
2°	7,00	373,26
3°	11,00	677,32
4°	12,09	762,17
5°	17,12	1215,25

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl2 (kN)	373,26
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2564,8

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl4 (kN)	762,17
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	1319,8

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl5 (kN)	1215,25
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	331,1

Fonte: Autor (2025)

Tabela 94– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO EXCALIBUR - CINTRA E AOKI									
ESTACA 2									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	4041,25	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1215,25	Δσ	21,33	pe (mm)	8,72
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0,00
∑ (Pi x Li) (kN/m)	76391,40	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	0,00		
		h (m)	17,12	h (m)	17,12			**Recalque total do solo (mm)**	8,72
Encurtamento elástico da estaca (mm)	8,72	H (m)	0,00	H (m)	0,00	**Recalque devido ao solo (mm)**	0,00		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	16,40	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	4,93				

Fonte: Autor (2025)

Tabela 95– Primeira parte da estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO EXCALIBUR - CINTRA E AOKI

ESTACA 3

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl1 (kN)	109,67
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2945,165

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl3 (kN)	481,41
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	2378,5

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	109,67
2°	6,00	271,10
3°	9,00	481,41
4°	13,00	819,00
5°	15,00	1000,85
6°	17,13	1188,35
7°	17,20	1283,79

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl2 (kN)	271,10
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2754,8

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl4 (kN)	819,00
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	1728,3

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl5 (kN)	1000,85
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	818,4

Esforço normal médio na camada "6" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl6 (kN)	1188,35
Esforço normal médio na camada "6" (kN)	-276,2

Esforço normal médio na camada "7" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl7 (kN)	1283,79
Esforço normal médio na camada "7" (kN)	-1512,3

Fonte: Autor (2025)

Tabela 96 - Segunda parte da estaca 3 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO EXCALIBUR - CINTRA E AOKI									
ESTACA 3									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	4109,79	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1283,79	Δσ	21,69	pe (mm)	5,80
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0,00
∑ (Pi x Li) (kN/m)	50772,46	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	0,00		
		h (m)	17,20	h (m)	17,20			**Recalque total do solo (mm)**	5,80
Encurtamento elástico da estaca (mm)	5,80	H (m)	0,00	H (m)	0,00	**Recalque devido ao solo (mm)**	0,00		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	16,52	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	5,16				

Fonte: Autor (2025)

Tabela 97– Primeira parte da estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO EXCALIBUR - CINTRA E AOKI

ESTACA 4

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2000
Rl1 (kN)	205,73
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	1897,135

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2000
Rl2 (kN)	487,48
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	1550,5

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2000
Rl3 (kN)	786,78
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	913,4

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2000
Rl4 (kN)	1038,39
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	0,8

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2000
Rl5 (kN)	1125,75
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	-1081,3

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	5,00	205,73
2°	10,00	487,48
3°	14,00	786,78
4°	16,41	1038,39
5°	17,12	1125,75

Fonte: Autor (2025)

Tabela 98– Segunda parte da estaca 4 do Ed.Excalibur para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO EXCALIBUR - CINTRA E AOKI									
ESTACA 4									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	3951,75	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1125,75	Δσ	20,60	pe (mm)	2,20
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0,00
∑ (Pi x Li) (kN/m)	19280,86	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	0,00		
		h (m)	17,12	h (m)	17,12			**Recalque total do solo (mm)**	2,20
Encurtamento elástico da estaca (mm)	2,20	H (m)	0,00	H (m)	0,00	**Recalque devido ao solo (mm)**	0,00		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	16,03	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	4,57				

Fonte: Autor (2025)

E.3 - Análise do Ed. Maestria

Tabela 99 - Primeira parte da estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO MAESTRIA - CINTRA E AOKI

ESTACA 1

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl1 (kN)	211,70
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2594,15

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl3 (kN)	865,86
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	1636,3

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	211,70
2°	5,00	419,10
3°	9,00	865,86
4°	15,00	1587,90
5°	16,25	1834,57

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl2 (kN)	419,10
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2278,8

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl4 (kN)	1587,90
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	409,4

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl5 (kN)	1834,57
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	-1301,8

Fonte: Autor (2025)

Tabela 100– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Maestria para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO MAESTRIA - CINTRA E AOKI									
ESTACA 1									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,38	Pp (kN)	5434,40	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1587,90	Δσ	33,57	pe (mm)	1,58
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0,60
∑ (Pi x Li) (kN/m)	18888,50	D (m)	0,70	D (m)	0,70	H (m)	1,25		
		h (m)	15	h (m)	15			**Recalque total do solo (mm)**	2,18
Encurtamento elástico da estaca (mm)	1,58	H (m)	1,25	H (m)	1,25	**Recalque devido ao solo (mm)**	0,60		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	25,98	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	7,59				

Fonte: Autor (2025)

Tabela 101– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO MAESTRIA - CINTRA E AOKI

ESTACA 2

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1800
Rl1 (kN)	94,90
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	1752,55

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1800
Rl3 (kN)	374,93
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	1301,1

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1800
Rl2 (kN)	216,52
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	1596,8

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1800
Rl4 (kN)	561,38
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	833,0

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	94,90
2°	5,00	216,52
3°	7,00	374,93
4°	9,00	561,38
5°	13,00	977,20
6°	14,00	1086,70
7°	15,00	1310,15
8°	16,06	1423,74

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1800
Rl5 (kN)	977,20
Esforço normal médio na camada	63,7

Esforço normal médio na camada "6" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1800
Rl6 (kN)	1086,70
Esforço normal médio na camada	-968,3

Esforço normal médio na camada "7" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1800
Rl7 (kN)	1310,15
Esforço normal médio na camada	-2166,7

Esforço normal médio na camada "8" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1800
Rl8 (kN)	1423,74
Esforço normal médio na camada	-3533,7

Fonte: Autor (2025)

Tabela 102– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Maestria para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO MAESTRIA - CINTRA E AOKI									
ESTACA 2									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,38	Pp (kN)	5156,65	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1310,15	Δσ	31,27	pe (mm)	6,05
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0,47
∑ (Pi x Li) (kN/m)	72132,91	D (m)	0,70	D (m)	0,70	H (m)	1,06		
		h (m)	15	h (m)	15			**Recalque total do solo (mm)**	6,52
Encurtamento elástico da estaca	6,05	H (m)	1,06	H (m)	1,06	**Recalque devido ao solo (mm)**	0,47		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	24,94	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	6,34				

Fonte: Autor (2025)

E.4 - Análise do Ed. Orla 14

Tabela 103– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO ORLA 14 - CINTRA E AOKI

ESTACA 1

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3650
Rl1 (kN)	102,20
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	3598,9

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3650
Rl3 (kN)	475,09
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	3054,2

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	102,20
2°	6,00	256,09
3°	9,00	475,09
4°	12,00	745,70
5°	13,70	843,01

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3650
Rl2 (kN)	256,09
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	3419,8

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3650
Rl4 (kN)	745,70
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	2443,8

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3650
Rl5 (kN)	843,01
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	1649,4

Fonte: Autor (2025)

Tabela 104– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Orla 14 para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO ORLA 14 - CINTRA E AOKI									
ESTACA 1									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,38	Pp (kN)	4689,51	Rli (Camada com a ponta da estaca)	843,01	Δσ	33,99	pe (mm)	9,29
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0,00
∑ (Pi x Li) (kN/m)	110724,94	D (m)	0,70	D (m)	0,70	H (m)	0,00		
		h (m)	13,7	h (m)	13,7			**Recalque total do solo (mm)**	9,29
Encurtamento elástico da estaca (mm)	9,29	H (m)	0,00	H (m)	0,00	**Recalque devido ao solo (mm)**	0,00		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	28,81	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	5,18				

Fonte: Autor (2025)

Tabela 105– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO ORLA 14 - CINTRA E AOKI	
ESTACA 2	
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3650
Rl1 (kN)	80,30
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	3609,85

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3650
Rl2 (kN)	256,96
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	3441,2

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3650
Rl3 (kN)	498,88
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	3063,3

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3650
Rl4 (kN)	687,66
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	2470,0

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3650
Rl5 (kN)	889,36
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	1681,5

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	80,30
2°	6,00	256,96
3°	9,00	498,88
4°	11,00	687,66
5°	13,70	889,36

Fonte: Autor (2025)

Tabela 106– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Orla 14 para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO ORLA 14 - CINTRA E AOKI									
ESTACA 2									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,38	Pp (kN)	4735,86	Rli (Camada com a ponta da estaca)	889,36	Δσ	34,56	pe (mm)	9,16
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0,00
∑ (Pi x Li) (kN/m)	109253,72	D (m)	0,70	D (m)	0,70	H (m)	0,00		
		h (m)	13,7	h (m)	13,7			**Recalque total do solo (mm)**	9,16
Encurtamento elástico da estaca (mm)	9,16	H (m)	0,00	H (m)	0,00	**Recalque devido ao solo (mm)**	0,00		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	29,09	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	5,46				

Fonte: Autor (2025)

E.5 - Análise do Ed. You

Tabela 107– Primeira parte da estaca 1 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO YOU - CINTRA E AOKI

ESTACA 1

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1500
Rl1 (kN)	37,50
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	1481,25

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1500
Rl3 (kN)	265,54
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	1178,7

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	2,00	37,50
2°	5,00	151,04
3°	8,00	265,54
4°	11,00	393,33
5°	12,00	439,54

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1500
Rl2 (kN)	151,04
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	1387,0

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1500
Rl4 (kN)	393,33
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	849,3

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	1500
Rl5 (kN)	439,54
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	432,8

Fonte: Autor (2025)

Tabela 108– Segunda parte da estaca 1 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO YOU - CINTRA E AOKI									
ESTACA 1									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,13	Pp (kN)	1695,54	Rli (Camada com a ponta da estaca)	439,54	Δσ	17,69	pe (mm)	8,70
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	27000	ps (mm)	0,00
∑ (Pi x Li) (kN/m)	33862,57	D (m)	0,40	D (m)	0,40	H (m)	0,00		
		h (m)	12,00	h (m)	12,00			**Recalque total do solo (mm)**	8,70
Encurtamento elástico da estaca (mm)	8,70	H (m)	0,00	H (m)	0,00	**Recalque devido ao solo (mm)**	0,00		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	14,05	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	3,64				

Fonte: Autor (2025)

Tabela 109– Primeira parte da estaca 2 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO YOU - CINTRA E AOKI

ESTACA 2

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl1 (kN)	122,20
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2938,9

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl2 (kN)	481,91
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2636,8

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl3 (kN)	710,45
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	2040,7

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl4 (kN)	877,71
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	1246,6

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl5 (kN)	1053,05
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	281,2

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	122,20
2°	9,00	481,91
3°	12,00	710,45
4°	14,00	877,71
5°	16,00	1053,05

Fonte: Autor (2025)

Tabela 110– Segunda parte da estaca 2 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO YOU - CINTRA E AOKI									
ESTACA 2									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	3879,05	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1053,05	Δσ	22,80	pe (mm)	9,02
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	27000	ps (mm)	0
∑ (Pi x Li) (kN/m)	78987,76	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	0,00		
		h (m)	16,0	h (m)	16,0			**Recalque total do solo (mm)**	9,02
Encurtamento elástico da estaca (mm)	9,02	H (m)	0,00	H (m)	0,00	**Recalque devido ao solo (mm)**	0		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	17,93	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	4,87				

Fonte: Autor (2025)

Tabela 111– Primeira parte da estaca 3 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO YOU - CINTRA E AOKI

ESTACA 3

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl1 (kN)	166,07
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2916,965

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl3 (kN)	810,73
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	1848,3

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	166,07
2°	9,00	580,30
3°	12,00	810,73
4°	16,00	1155,27
5°	18,00	1337,44

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl2 (kN)	580,30
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2543,8

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl4 (kN)	1155,27
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	865,3

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	3000
Rl5 (kN)	1337,44
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	-381,1

Fonte: Autor (2025)

Tabela 112– Segunda parte da estaca 3 do Ed.You para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO YOU - CINTRA E AOKI									
ESTACA 3									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	4163,44	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1337,44	Δσ	20,26	pe (mm)	6,94
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	55000	ps (mm)	0
∑ (Pi x Li) (kN/m)	60808,72	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	0,00		
		h (m)	18,00	h (m)	18,00			**Recalque total do solo (mm)**	6,94
Encurtamento elástico da estaca (mm)	6,94	H (m)	0,00	H (m)	0,00	**Recalque devido ao solo (mm)**	0		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	15,33	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	4,92				

Fonte: Autor (2025)

E.6 - Análise do Ed. Horizonte

Tabela 113– Primeira parte da estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO HORIZONTE - CINTRA E AOKI

ESTACA 1

Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl1 (kN)	112,80
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2643,6

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl2 (kN)	452,89
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2360,8

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl3 (kN)	672,03
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	1798,3

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl4 (kN)	918,94
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	1002,8

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl5 (kN)	1093,53
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	-3,4

Esforço normal médio na camada "6" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2700
Rl6 (kN)	1365,94
Esforço normal médio na camada "6" (kN)	-1233,2

Resistência lateral das camadas		
Camada	Comprimento da camada (m)	Somatório Nspt da camada (kN)
1°	3,00	112,80
2°	9,00	452,89
3°	12,00	672,03
4°	15,00	918,94
5°	17,12	1093,53
6°	19,09	1365,94

Fonte: Autor (2025)

Tabela 114– Segunda parte da estaca 1 do Ed.Horizonte para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO HORIZONTE - CINTRA E AOKI									
ESTACA 1									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	6745,53	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1093,53	Δσ	28,54	pe (mm)	4,82
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0,80
∑ (Pi x Li) (kN/m)	42199,62	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	1,97		
		h (m)	17,12	h (m)	17,12			**Recalque total do solo (mm)**	5,62
Encurtamento elástico da estaca (mm)	4,82	H (m)	1,97	H (m)	1,97	**Recalque devido ao solo (mm)**	0,80		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	24,56	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	3,98				

Fonte: Autor (2025)

Tabela 115– Primeira parte da estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO HORIZONTE - CINTRA E AOKI	
ESTACA 2	
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2400
RI1 (kN)	115,94
Esforço normal médio na camada "1" (kN)	2342,03

Esforço normal médio na camada "2" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2400
RI2 (kN)	534,49
Esforço normal médio na camada "2" (kN)	2016,8

Esforço normal médio na camada "3" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2400
RI3 (kN)	797,12
Esforço normal médio na camada "3" (kN)	1351,0

Esforço normal médio na camada "4" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2400
RI4 (kN)	1077,37
Esforço normal médio na camada "4" (kN)	413,8

Esforço normal médio na camada "5" (kN)	P - (Rli / 2)
P (kN)	2400
RI5 (kN)	1270,57
Esforço normal médio na camada "5" (kN)	-760,2

Resistência lateral das camadas		
Camada	**Comprimento da camada (m)**	**Somatório Nspt da camada (kN)**
1°	3,00	115,94
2°	9,00	534,49
3°	12,00	797,12
4°	15,00	1077,37
5°	17,12	1270,57

Fonte: Autor (2025)

Tabela 116– Segunda parte da estaca 2 do Ed.Horizonte para o método de Cintra e Aoki

EDIFICIO HORIZONTE - CINTRA E AOKI									
ESTACA 2									
Encurtamento elástico da estaca (mm)	(1 / (A x Ec)) x ∑ (Pi x Li)	**Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)**	((4 x Pp) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	((4 x Rli) / (π x ((D + h + H/2) ^2))	**Recalque devido ao solo (mm)**	∑(Δσ / Es) x H	**Recalque total do solo (mm)**	pe+ps
A (m²)	0,28	Pp (kN)	4096,57	Rli (Camada com a ponta da estaca)	1270,57	Δσ	21,77	pe (mm)	3,95
Ec (kN/m²)	31000000	π	3,14	π	3,14	Es (kN/m²)	70000	ps (mm)	0,00
∑ (Pi x Li) (kN/m)	34581,31	D (m)	0,60	D (m)	0,60	H (m)	0,00		
		h (m)	17,12	h (m)	17,12			**Recalque total do solo (mm)**	3,95
Encurtamento elástico da estaca (mm)	3,95	H (m)	0,00	H (m)	0,00	**Recalque devido ao solo (mm)**	0,00		
		Acréscimo de tensões (ΔP) (kPa)	16,62	**Acréscimo de tensões (Δi) (kPa)**	5,15				

Fonte: Autor (2025)

APÊNDICE F - Taxas de erro

F.1 - Taxa de erro dos métodos individuais

Tabela 117– Taxa de erro por método em comparação com a sua prova de carga estática

INFORMAÇÕES DAS ESTACAS			TAXA DE ERRO EM RELAÇÃO AO RECALQUE ESTIMADO PELOS MÉTODOS E O PREVISTO PELA PROVA DE CARGA (%)				
EDIFÍCIO	ESTACA	RECALQUE ESTIMADO - PROVA DE CARGA (MM)	POULO E DAVIS (1980)	VÉSIC (1969)	BURLAND E BURBIDGE (1985)	BOWLES (1996)	CINTRA E AOKI (2010)
Comodoro	PC1	14,88	66,32%	24,33%	549,26%	4,10%	28,77%
	PC2	15,89	66,84%	34,74%	512,08%	16,62%	48,06%
	PC3	9,58	18,58%	19,31%	809,07%	63,73%	4,01%
Excalibur	PC1	9,81	50,37%	14,29%	576,47%	175,05%	97,15%
	PC2	8,01	39,22%	9,31%	887,15%	111,47%	8,86%
	PC3	19,45	74,51%	54,16%	306,53%	21,55%	70,20%
	PC4	4,66	30,35%	91,33%	1446,01%	199,07%	52,77%
Maestria	PC1	96,58	94,84%	88,09%	45,13%	85,43%	97,74%
	PC2	98,41	96,63%	91,36%	50,94%	86,31%	93,37%
Orla 14	PC1	24,40	77,55%	65,85%	500,25%	35,20%	61,94%
	PC2	11,68	53,09%	27,93%	817,50%	33,85%	21,55%
You	PC1	54,13	80,42%	88,67%	59,84%	74,49%	83,93%
	PC2	18,54	23,82%	55,19%	369,74%	41,80%	51,37%
	PC3	11,88	47,08%	23,33%	633,07%	71,89%	41,57%
Horizonte	PC1	11,24	61,01%	18,65%	478,43%	84,36%	50,00%
	PC2	9,63	59,55%	7,79%	500,12%	57,88%	59,01%
TAXA DE ERRO PELAS MELHORES ESTACAS			**21,20%**	**16,71%**	-	**14,09%**	**11,47%**

Fonte: Autor (2025)

F.2 - Taxa de erro do método de médias (Vésic, Bowles e Cintra e Aoki)

Tabela 118– Taxa de erro para a média dos 3 métodos em comparação com a prova de carga estática

EDIFÍCIO	ESTACA	RECALQUE ESTIMADO - PROVA DE CARGA (mm)	MÉDIAS (3) VESIC, BOWLES E CINTRA E AOKI (mm)	TAXA DE ERRO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS PELA MÉDIA E OBTIDOS PELA PROVA DE CARGA (%)
Comodoro	PC1	14,88	12,45	16,33%
	PC2	15,89	10,62	33,14%
	PC3	9,58	12,36	29,01%
Excalibur	PC1	9,81	11,89	21,20%
	PC2	8,01	11,47	43,21%
	PC3	19,45	12,78	34,27%
	PC4	4,66	8,35	79,21%
Maestria	PC1	96,58	9,25	90,42%
	PC2	98,41	9,50	90,34%
Orla 14	PC1	24,40	11,14	54,33%
	PC2	11,68	11,07	5,21%
You	PC1	54,13	9,55	82,36%
	PC2	18,54	14,54	21,59%
	PC3	11,88	12,16	2,33%
Horizonte	PC1	11,24	11,83	5,24%
	PC2	9,63	9,34	2,97%
			MÉDIA DA TAXA DE ERRO	10,70%

Fonte: Autor (2025)

ANEXOS

ANEXO A - Informações adicionais do método Poulos & Davis (1980)

Módulo de elasticidade (Es):

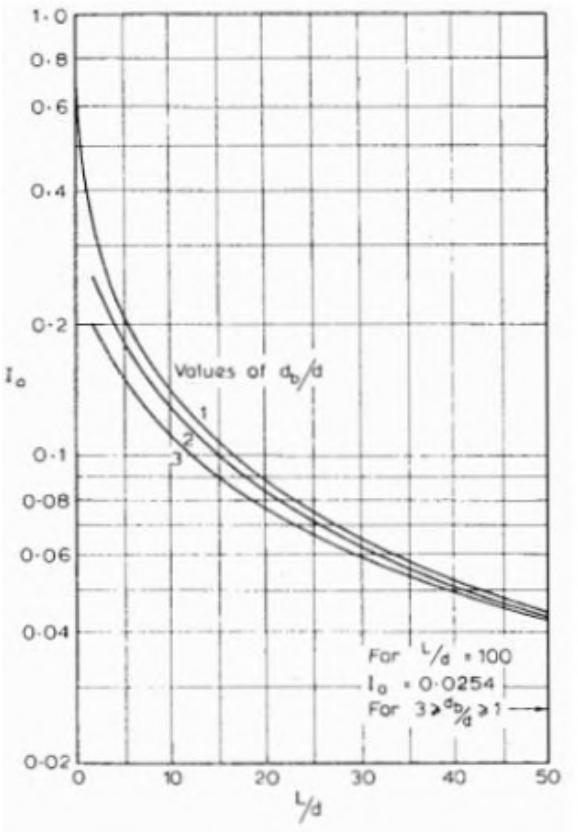
Tabela 119 - Módulo de elasticidade o solo em função do SPT

TIPO DE SOLO	GRAU DE COMPACIDADE	MÓDULO DE ELASTICIDADE (KN/m²)	COEFICIENTE DE POISSON
Areia e solos arenosos	Pouco compacta	9500	0,35
	Medianamente compacta	27000	
	Compacta	55000	
	Muito compacta	70000	
Argila e solos argilosos	Média	390	0,45

Fonte: Adaptado de Joppert (2007)

Fator Io:

Figura 27 – Ábaco para a obtenção do valor de Io



Fonte: Poulos e Davis (1980)

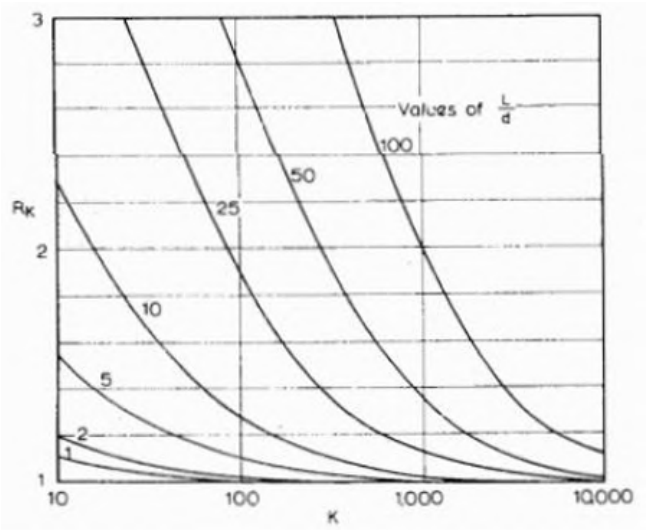
Onde:

db: diâmetro da base da estaca;

d: diâmetro da estaca.

Fator Rk:

Figura 28– Ábaco para a obtenção do valor de Rk



Fonte: Poulos e Davis (1980)

Onde:

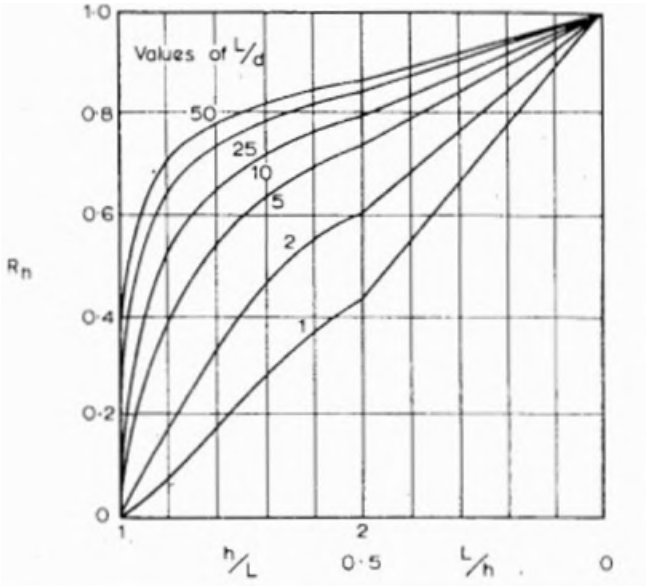
K: $k = \frac{Ec\ x\ Ra}{Es}$;

Ra $= \frac{Ap}{\Pi\ x\ d\ /\ 4}$

Ap: área da ponta da estaca (m²)

Fator Rh:

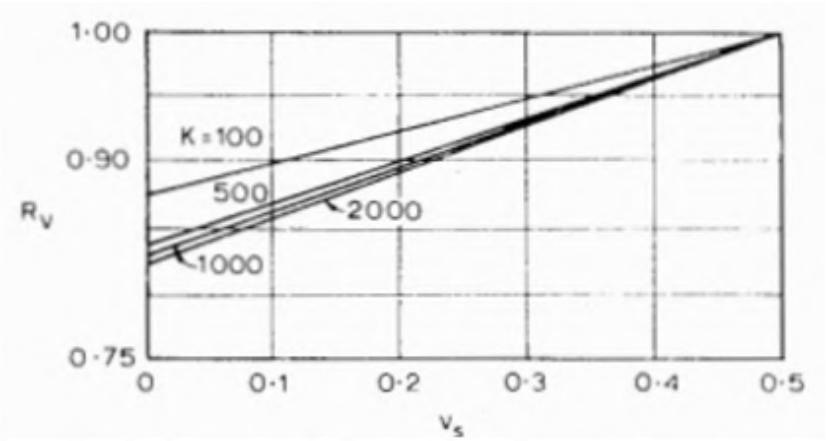
Figura 29 – Ábaco para a obtenção do valor de Rh



Fonte: Poulos e Davis (1980)

Fator Rv:

Figura 30 – Ábaco para a obtenção do valor de Rv

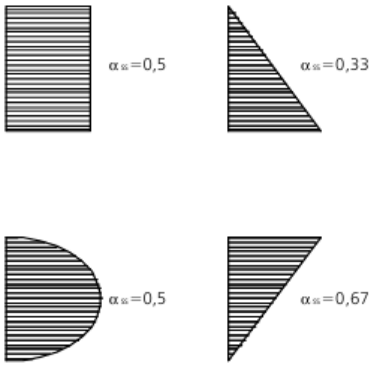


Fonte: Poulos e Davis (1980)

ANEXO B - Informações adicionais do método Vésic (1969)

Fator αss:

Figura 31 – Valores de αss



Fonte: Albuquerque (2001)

Fator Ec:

Tabela 120 - Valores de Ec

CLASSE DE RESISTÊNCIA	C20	C25	C30	C35	C40	C45	C50	C60	C70	C80	C90
Ec (Gpa)	25	28	31	33	35	38	40	42	43	45	47

Fonte: Adaptado de NBR 6118 (2014)

Fator Cp:

Tabela 121 - Valores de Cp

TIPO DE SOLO	ESTACA CRAVADA	ESTACA ESCAVADA
Areia (densa a fofa)	0,02 - 0,04	0,09 - 0,18
Argila (rija a mole)	0,02 - 0,04	0,04 - 0,08
Silte (denso a fofo)	0,03 - 0,05	0,09 - 0,12

Fonte: Adaptado de Albuquerque (2001)

Fator Cs:

$$Cs = (0,93 + 0,16\, x \sqrt{\frac{L}{\phi}})xCp$$

Onde:

L = comprimento da estaca (m);

∅ = diâmetro da estaca (m);

Cp = índice em função do solo e do tipo de estaca.

Fator qp:

$$qp = (K\ x\ N)/F1$$

Onde:

K = coeficiente que depende do tipo de solo (Kpa);
N = NSPT estimado na ponta da estaca;
F = fator de correção que depende do tipo de estaca.

Tabela 122 - Valores de K e α

TIPO DE SOLO	K (Mpa)	α (%)
Areia	1,00	1,4
Areia Siltosa	0,80	2,0
Areia silto-argilosa	0,70	2,4
Areia argilosa	0,60	3,0
Areia argilo-siltosa	0,50	2,8
Silte	0,40	3,0
Silte arenoso	0,55	2,2
Silte arenoso-argiloso	0,45	2,8
Silte argiloso	0,23	3,4
Silte argilo-arenoso	0,25	3,0
Argila	0,20	6,0
Argila arenosa	0,35	2,4
Argila areno-siltosa	0,30	2,8
Argila siltosa	0,22	4,0
Argila silto-arenosa	0,33	3,0

Fonte: Adaptado de Aoki e Velloso (1975)

Tabela 123 - Fatores F1 e F2

TIPO DE ESTACA	F1	F2
Franki	2,5	5
Pré - moldadas	1,75	3,5
Escavadas	3	6
Metálica	1,75	3,5

Fonte: Adaptado de Aoki e Velloso (1975)

ANEXO C - Informações adicionais do método de Burland e Burbidge (1985)

Cálculo do fator N60:

$$N60 = N\ X\ \frac{ER}{0{,}6}$$

Onde:

N = NSPT estimado na ponta da estaca;

ER= 0,46 (46%)→ energia média do equipamento de cravação da sondagem, segundo valores típicos estabelecidos pela literatura;

0,6 = É a energia padrão de referência (60%) através da razão de energia (ER) do equipamento utilizado.

ANEXO D - Informações adicionais do método Bowles (1996)

Módulo de elasticidade (Es):

Tabela 124 - Módulo de elasticidade o solo em função do SPT

TIPO DE SOLO	GRAU DE COMPACIDADE	MÓDULO DE ELASTICIDADE (KN/m²)	COEFICIENTE DE POISSON
Areia e solos arenosos	Pouco compacta	9500	0,35
	Medianamente compacta	27000	
	Compacta	55000	
	Muito compacta	70000	
Argila e solos argilosos	Média	390	0,45

Fonte: Adaptado de Joppert (2007)

Relação F1 - Fator de redução

F1 = 0,25, resistência lateral muito alta a ponto de anular ou reduzir a carga de ponta ($Qp \leq 0$);

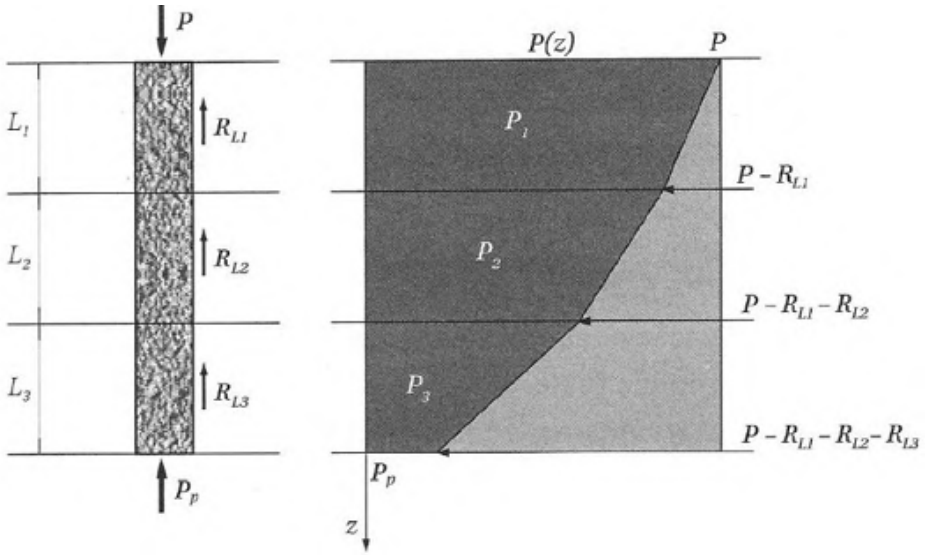
F1 = 0,50, se houver carga na ponta, mas a resistência lateral ainda contribuir de forma significativa ($Qp > 0$);

F1 = 0,75, se houver apenas carga na ponta sem contribuição de resistência lateral.

ANEXO E - Informações adicionais do método Aoki e Cintra (2010)

Cálculo do esforço normal:

Figura 32 – Diagrama de esforço normal da estaca



Fonte: Cintra e Aoki (2010)

Considera a redução acumulada do esforço, observada através do diagrama de esforço normal da estaca.

$$P1 = P - \frac{RL1}{2} \quad \text{e} \quad P2 = P - \frac{RL2}{2}$$

E assim sucessivamente para as camadas mais profundas do solo.

Onde:

P1 = Esforço normal médio da camada em questão (kN);

RL1 = resistência ao atrito lateral (kN);

P = Carga aplicada na estaca (kN).

ANEXO F - Laudos técnicos e deslocamentos medidos nos ensaios dos edifícios analisados

F.1 - Edifício Comodoro

1. Relatórios de provas de carga

Tabela 125- Características das estacas ensaiadas Ed.Comodoro

Prova de Carga	Pilares Próximo	Tipo	Diâmetro (m)	Comprimento executado (m)	Data do Ensaio
PC1	P87 / P81	Hélice	0,60	19,12	17/03/2023
PC2	P47 / P66	Hélice	0,60	15,28	16/03/2023
PC3	P48 / P67	Hélice	0,60	19,12	15/03/2023

Fonte: SCCAP Engenharia (2023)

Tabela 126- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.Comodoro

Prova de Carga	Carga Final do Ensaio (tf)	Tipo	Diâmetro (m)	Carga de Projeto (tf) [1]	FM [2]
PC1	300	Hélice	0,60	160	1,88
PC2	270	Hélice	0,60	120	2,25
PC3	300	Hélice	0,40	160	1,88

Fonte: SCCAP Engenharia (2023)

2. Tabelas de deslocamentos medidos nos ensaios

Tabela 127- Estaca PC1

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média
(tf)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	294,30	-0,36	-0,31	-0,36	-0,45	-0,37
60,00	588,60	-1,16	-1,07	-1,05	-1,26	-1,14
90,00	882,90	-2,19	-1,98	-1,92	-2,26	-2,09
120,00	1177,20	-3,50	-3,25	-2,98	-3,48	-3,30
150,00	1471,50	-4,98	-4,58	-4,26	-4,91	-4,68
180,00	1765,80	-6,58	-6,04	-5,62	-6,46	-6,18
210,00	2060,10	-8,38	-7,65	-7,06	-8,13	-7,81
240,00	2354,40	-10,75	-9,60	-8,85	-10,26	-9,86
270,00	2648,70	-13,27	-11,88	-10,90	-12,65	-12,18
300,00	2943,00	-16,33	-14,50	-13,31	-15,38	-14,88
225,00	2207,25	-15,67	-13,92	-12,78	-14,68	-14,26
150,00	1471,50	-14,49	-12,98	-11,87	-13,55	-13,22
75,00	735,75	-12,81	-11,51	-10,68	-12,09	-11,77
0,00	0,00	-9,11	-8,50	-8,07	-8,86	-8,63

Fonte: SCCAP Engenharia (2023)

Tabela 128 - Estaca PC2

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	294,30	-0,40	-0,31	-0,27	-0,28	-0,32
60,00	588,60	-1,66	-1,47	-1,15	-1,29	-1,39
90,00	882,90	-3,55	-3,14	-2,51	-2,84	-3,01
120,00	1177,20	-5,47	-4,87	-3,91	-4,43	-4,67
150,00	1471,50	-7,59	-6,73	-5,31	-6,09	-6,43
180,00	1765,80	-10,13	-8,88	-6,80	-7,94	-8,44
210,00	2060,10	-12,71	-11,05	-8,28	-9,84	-10,47
240,00	2354,40	-16,00	-13,81	-10,47	-12,08	-13,09
270,00	2648,70	-19,73	-16,90	-12,25	-14,70	-15,89
200,00	1962,00	-19,26	-16,57	-11,78	-14,13	-15,43
135,00	1324,35	-18,08	-15,72	-11,07	-13,20	-14,52
70,00	686,70	-16,27	-14,18	-10,10	-11,97	-13,13
0,00	0,00	-12,84	-11,39	-8,83	-9,94	-10,75

Fonte: SCCAP Engenharia (2023)

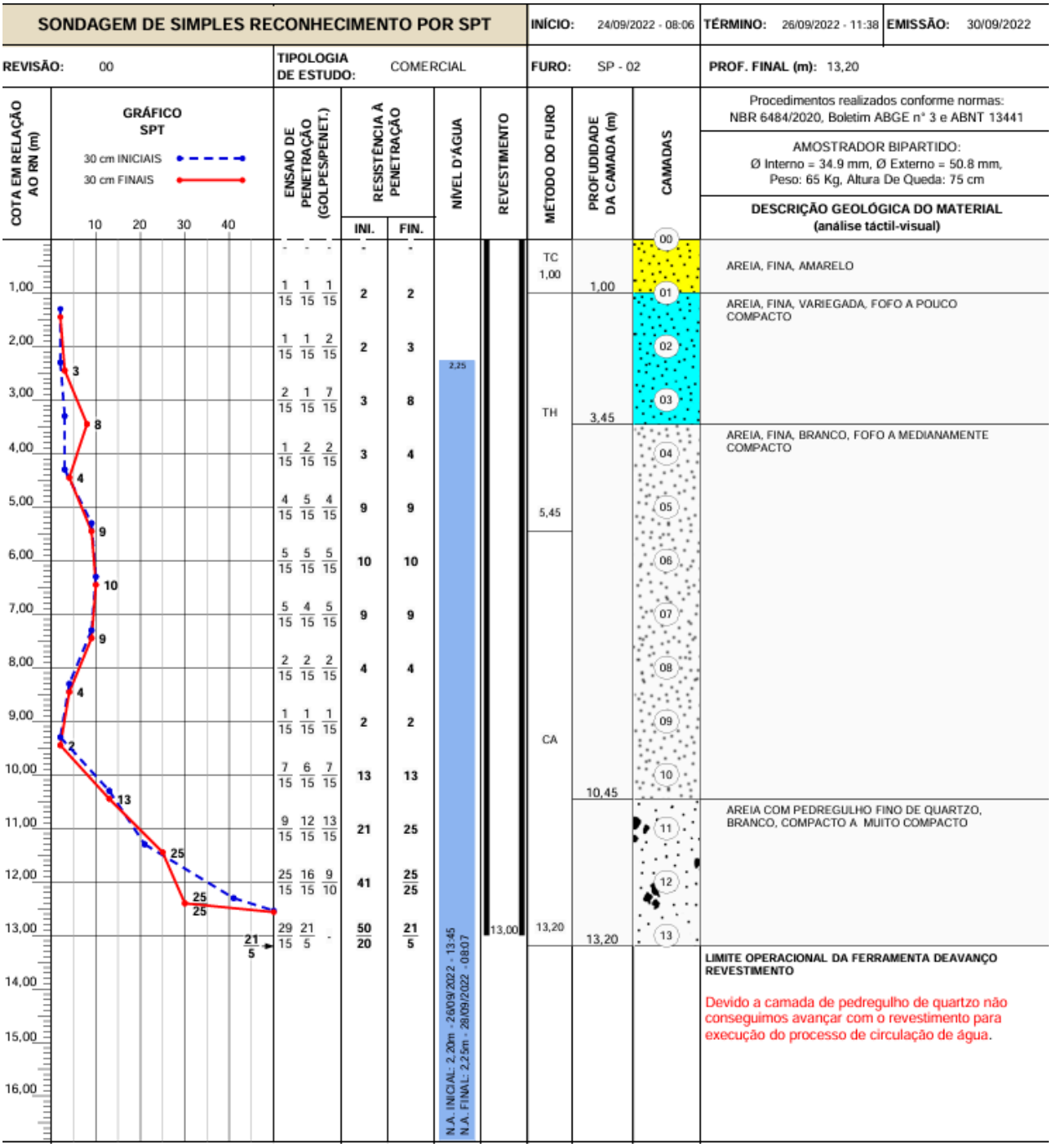
Tabela 129 - Estaca PC3

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
25,00	245,25	-0,24	-0,18	-0,06	-0,21	-0,17
50,00	490,50	-0,67	-0,58	-0,49	-0,73	-0,62
75,00	735,75	-1,29	-1,20	-1,03	-1,33	-1,21
100,00	981,00	-2,06	-1,93	-1,72	-2,05	-1,94
125,00	1226,25	-2,97	-2,78	-2,46	-2,80	-2,75
150,00	1471,50	-3,77	-3,63	-3,18	-3,50	-3,52
200,00	1962,00	-5,72	-5,52	-4,83	-5,21	-5,32
250,00	2452,50	-7,97	-7,77	-6,58	-6,97	-7,32
300,00	2943,00	-10,50	-10,15	-8,61	-9,05	-9,58
225,00	2207,25	-9,91	-9,64	-8,03	-8,51	-9,02
150,00	1471,50	-8,83	-8,72	-6,90	-7,29	-7,93
75,00	735,75	-7,41	-7,36	-5,64	-5,92	-6,58
0,00	0,00	-5,56	-5,48	-4,02	-4,23	-4,82

Fonte: SCCAP Engenharia (2023)

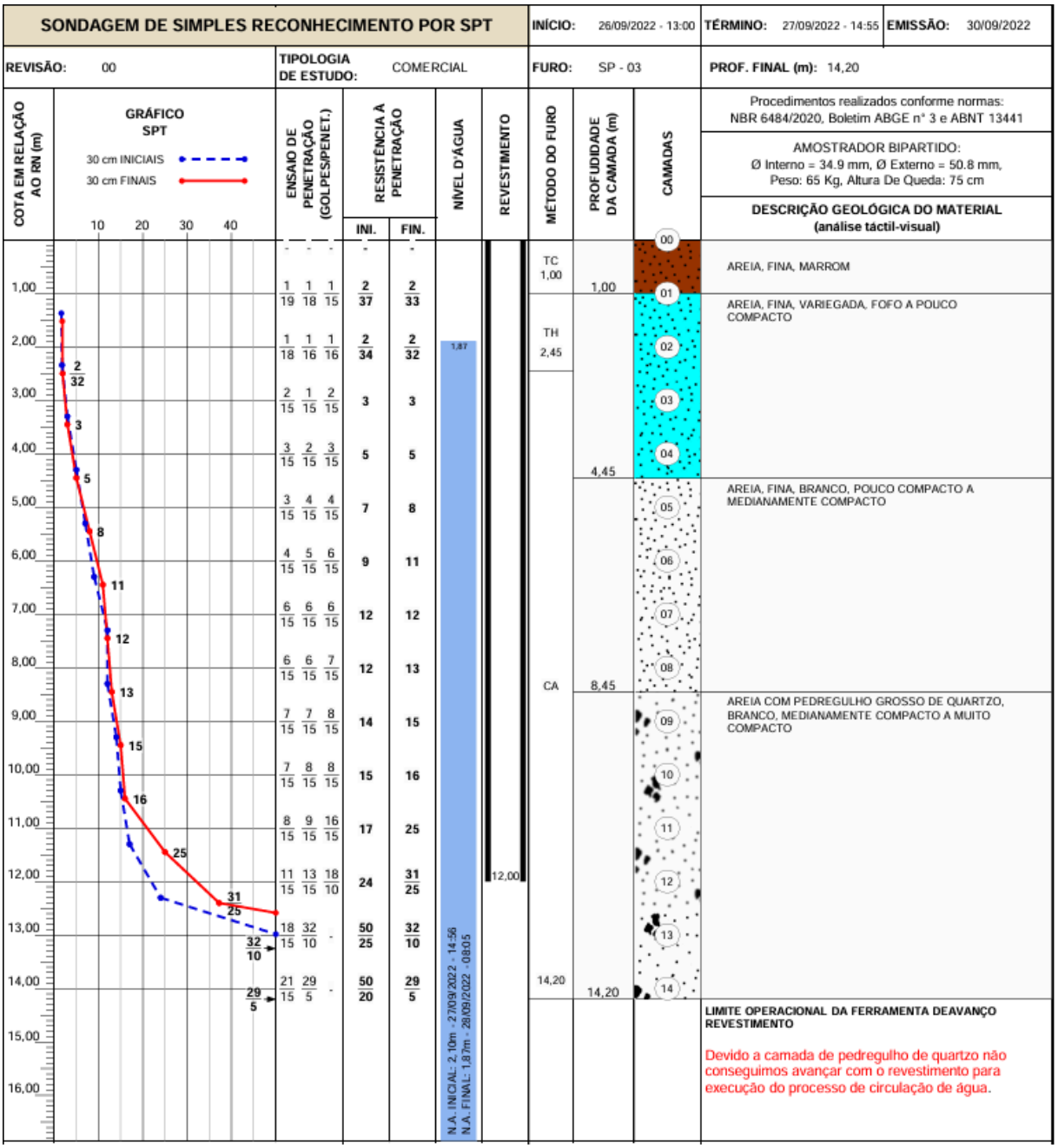
3. Laudos de sondagem

Figura 33- Sondagem SP -02 para PC1 Ed.Comodoro



Fonte: GEOTINS (2022)

Figura 34- Sondagem SP -03 para PC2 e PC3 Ed.Comodoro



Fonte: GEOTINS (2022)

F.2 - Edifício Excalibur

1. Relatórios de provas de carga

Tabela 130- Características das estacas ensaiadas Ed.Excalibur

Prova de Carga	Nome	Tipo	Diâmetro (m)	Comprimento executado (m)	Data do Ensaio
PC1	ER3C	Hélice Continua	0,60	17,12	28/02/2024
PC2	ER3B	Hélice Continua	0,60	17,12	01/03/2024
PC3	ER3D	Hélice Continua	0,60	17,20	29/02/2024
PC4	ER3A	Hélice Continua	0,60	17,12	02/03/2024

Fonte: SCCAP Engenharia (2024)

Tabela 131- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.Excalibur

Prova de Carga	Carga Final do Ensaio (tf)	Tipo	Diâmetro (m)	Carga de Projeto [1]	FM[2]
PC1	300	Hélice Continua	0,60	155	1,94
PC2	300	Hélice Continua	0,60	155	1,94
PC3	300	Hélice Continua	0,60	155	1,94
PC4	200	Hélice Continua	0,60	75	2,66

Fonte: SCCAP Engenharia (2024)

2. Tabelas de deslocamentos medidos nos ensaios

Tabela 132- Estaca PC1

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média
(tf)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	294,30	-0,04	-0,03	-0,18	-0,47	-0,18
60,00	588,60	-0,37	-0,58	-0,43	-0,83	-0,55
90,00	882,90	-1,11	-1,50	-1,23	-1,56	-1,35
120,00	1177,20	-1,96	-2,55	-2,30	-2,46	-2,32
150,00	1471,50	-2,89	-3,71	-3,42	-3,48	-3,38
180,00	1765,80	-3,85	-4,81	-4,69	-4,45	-4,45
210,00	2060,10	-4,78	-6,02	-5,80	-5,33	-5,48
240,00	2354,40	-5,87	-7,30	-6,98	-6,48	-6,66
270,00	2648,70	-7,11	-8,83	-8,44	-7,94	-8,08
300,00	2943,00	-8,54	-10,59	-10,33	-9,80	-9,81
225,00	2207,25	-7,99	-10,15	-10,30	-9,40	-9,46
150,00	1471,50	-7,17	-9,27	-9,44	-8,69	-8,64
75,00	735,75	-5,90	-7,66	-7,87	-7,58	-7,25
0,00	0,00	-4,30	-5,52	-5,60	-5,93	-5,34

Fonte: SCCAP Engenharia (2024)

Tabela 133- Estaca PC2

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	294,30	-0,11	-0,27	-0,08	-0,03	-0,12
60,00	588,60	-0,60	-0,98	-0,63	-0,56	-0,69
90,00	882,90	-1,07	-1,57	-1,30	-1,18	-1,28
120,00	1177,20	-1,60	-2,22	-2,08	-1,82	-1,93
150,00	1471,50	-2,30	-3,12	-3,05	-2,62	-2,77
180,00	1765,80	-3,22	-4,34	-4,18	-2,90	-3,66
210,00	2060,10	-4,07	-5,39	-5,25	-3,80	-4,63
240,00	2354,40	-5,00	-6,55	-6,37	-4,82	-5,69
270,00	2648,70	-6,01	-7,73	-7,70	-5,84	-6,82
300,00	2943,00	-7,07	-9,03	-8,98	-6,97	-8,01
225,00	2207,25	-6,95	-8,95	-8,79	-6,80	-7,87
150,00	1471,50	-6,35	-8,29	-8,00	-6,20	-7,21
75,00	735,75	-5,25	-7,14	-6,72	-4,97	-6,02
0,00	0,00	-4,20	-6,86	-6,76	-4,15	-5,49

Fonte: SCCAP Engenharia (2024)

Tabela 134- Estaca PC3

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	294,30	-0,45	-0,44	-0,39	-0,34	-0,41
60,00	588,60	-1,54	-1,66	-1,49	-1,50	-1,55
90,00	882,90	-3,24	-3,49	-3,21	-2,94	-3,22
120,00	1177,20	-5,34	-5,57	-5,26	-4,95	-5,28
150,00	1471,50	-7,52	-7,83	-7,43	-7,18	-7,49
180,00	1765,80	-9,64	-9,91	-9,53	-9,23	-9,58
210,00	2060,10	-11,87	-12,25	-11,85	-11,48	-11,86
240,00	2354,40	-14,02	-14,36	-14,07	-13,52	-13,99
270,00	2648,70	-16,57	-17,07	-16,58	-15,90	-16,53
300,00	2943,00	-19,37	-20,15	-19,55	-18,75	-19,45
225,00	2207,25	-19,25	-20,07	-19,36	-18,58	-19,31
150,00	1471,50	-18,65	-19,41	-18,57	-17,98	-18,65
75,00	735,75	-17,55	-18,26	-17,29	-16,75	-17,46
0,00	0,00	-15,50	-15,98	-15,33	-14,93	-15,43

Fonte: SCCAP Engenharia (2024)

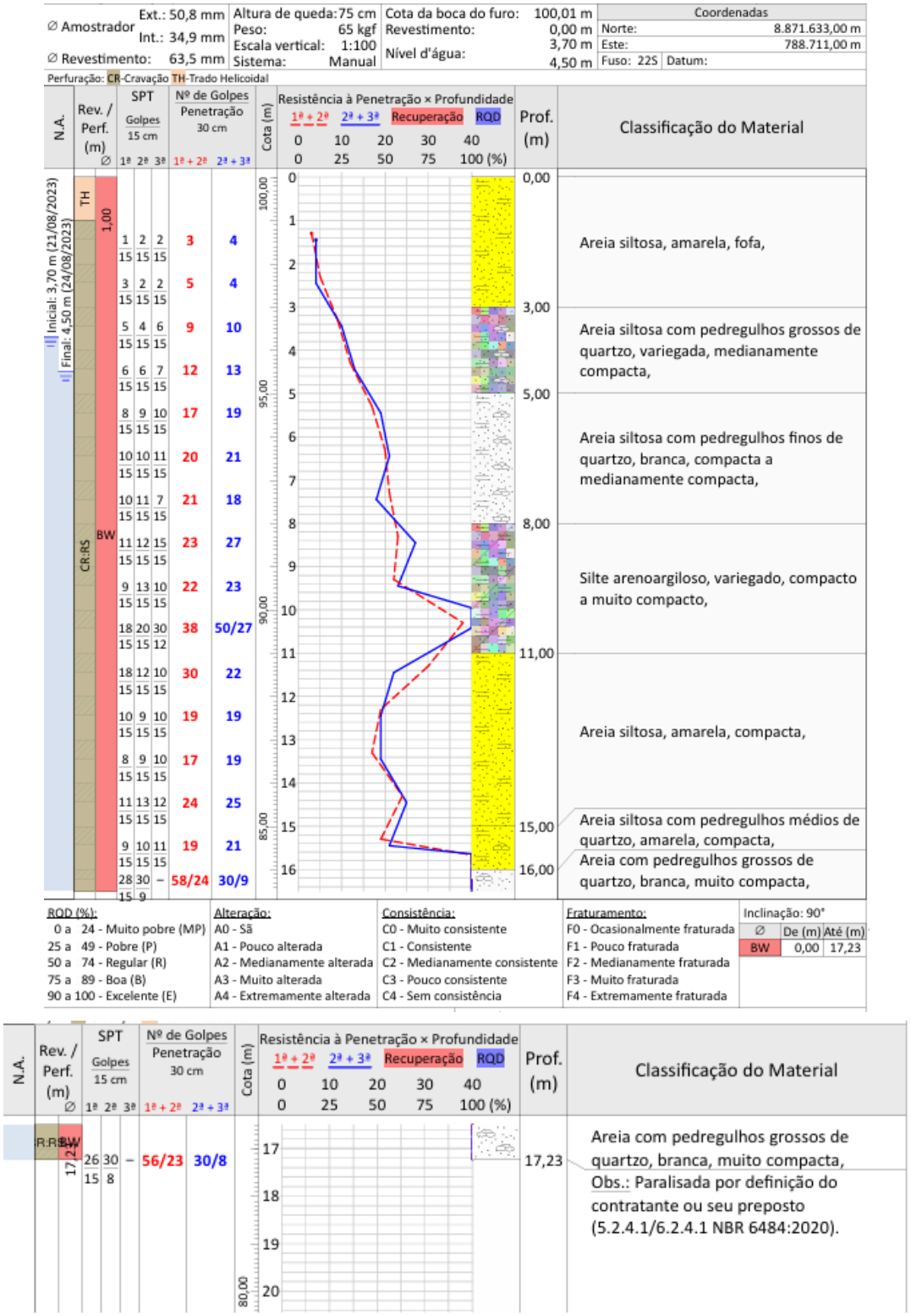
Tabela 135- Estaca PC4

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,00	196,20	-0,05	-0,11	-0,11	-0,18	-0,11
40,00	392,40	-0,27	-0,36	-0,40	-0,41	-0,36
60,00	588,60	-0,47	-0,71	-0,68	-0,70	-0,64
80,00	784,80	-0,70	-1,05	-1,10	-0,99	-0,96
100,00	981,00	-1,02	-1,47	-1,56	-1,36	-1,35
120,00	1177,20	-1,48	-1,93	-1,97	-1,70	-1,77
140,00	1373,40	-1,83	-2,48	-2,47	-2,17	-2,24
160,00	1569,60	-2,36	-3,14	-3,09	-2,69	-2,82
180,00	1765,80	-3,13	-4,04	-4,06	-3,45	-3,67
200,00	1962,00	-4,05	-5,15	-5,09	-4,34	-4,66
150,00	1471,50	-3,85	-4,84	-4,81	-4,22	-4,43
100,00	981,00	-3,40	-4,32	-4,25	-3,73	-3,93
50,00	490,50	-2,83	-3,60	-3,57	-3,16	-3,29
0,00	0,00	-2,00	-2,55	-2,54	-2,36	-2,36

Fonte: SCCAP Engenharia (2024)

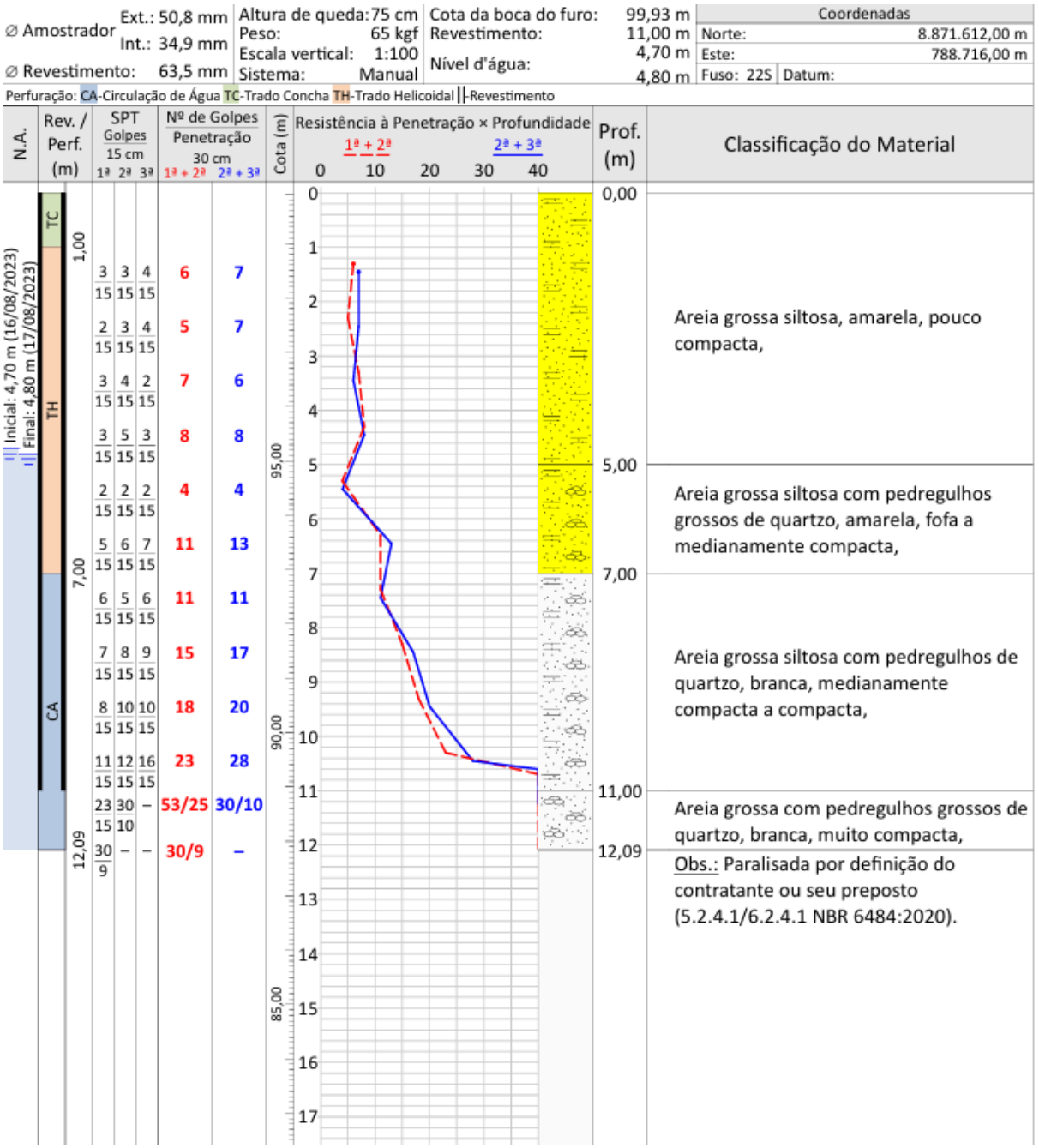
3. Laudos de sondagem

Figura 35- Sondagem SM -03 para PC1 Ed.Excalibur



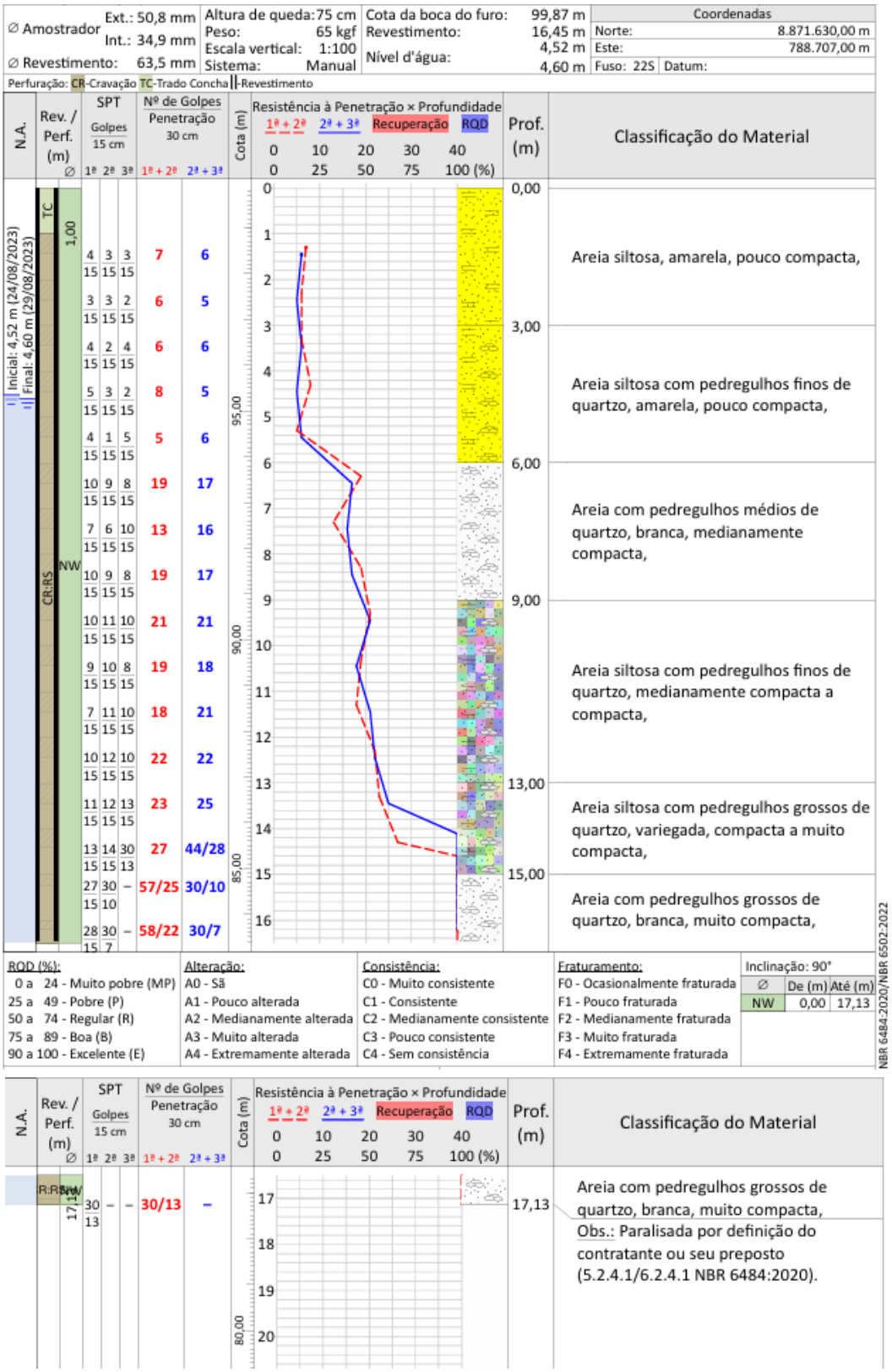
Fonte: Técnica (2023)

Figura 36- Sondagem SP -01 para PC2 Ed.Excalibur



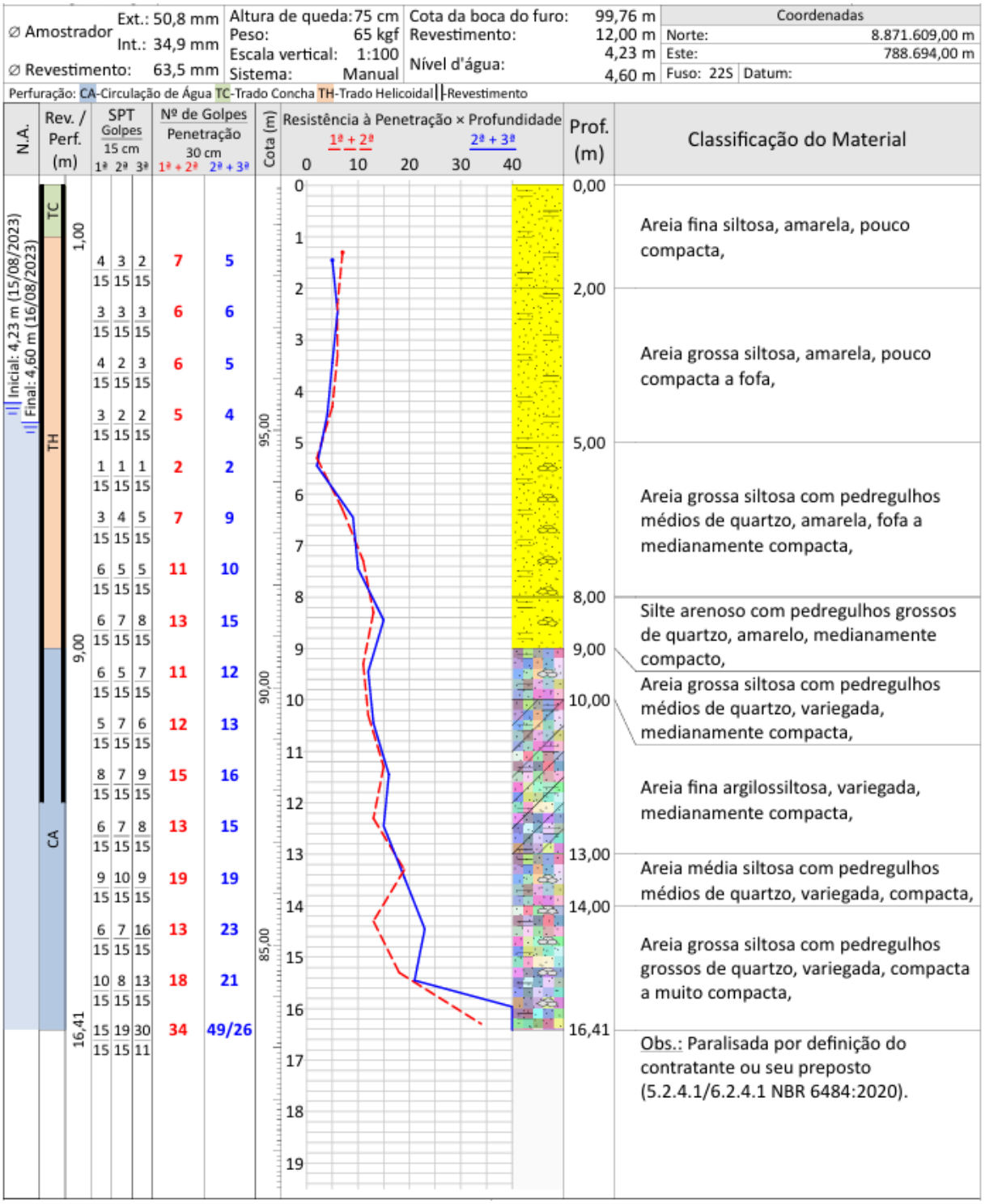
Fonte: Técnica (2023)

Figura 37- Sondagem SM-04 para PC3 Ed.Excalibur



Fonte: Técnica (2023)

Figura 38- Sondagem SP -04 para PC4 Ed.Excalibur



Fonte: Técnica (2023)

F.3 - Edifício Maestria

1. Relatórios de provas de carga

Tabela 136- Características das estacas ensaiadas Ed.Maestria

Prova de Carga	Local	Tipo	Diâmetro (m)	Comprimento executado (m)	Data do Ensaio
PC1	P109	Hélice Continua	0,70	15,0	08/08/2024
PC2	P77	Hélice Continua	0,70	15,0	09/08/2024

Fonte: SCCAP Engenharia (2024)

Tabela 137- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.Maestria

Prova de Carga	Carga Final do Ensaio (tf)	Tipo	Diâmetro (m)	Carga adm. Estrutural [1]	FM[2]
PC1	270	Hélice Continua	0,70	235	1,15
PC2	180	Hélice Continua	0,70	235	0,77

Fonte: SCCAP Engenharia (2024)

2. Tabelas de deslocamentos medidos nos ensaios

Tabela 138- Estaca PC1

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média
(tf)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	294,30	-0,44	-0,39	-0,41	-0,41	-0,41
60,00	588,60	-2,44	-2,29	-2,25	-2,33	-2,33
90,00	882,90	-6,60	-6,24	-6,14	-6,22	-6,30
120,00	1177,20	-13,55	-13,04	-12,84	-13,04	-13,12
150,00	1471,50	-21,76	-20,96	-20,75	-21,05	-21,13
180,00	1765,80	-33,00	-31,72	-31,33	-31,69	-31,94
210,00	2060,10	-47,18	-47,42	-46,37	-46,49	-46,86
240,00	2354,40	-71,30	-69,36	-69,17	-69,11	-69,74
270,00	2648,70	-98,44	-96,34	-95,15	-96,39	-96,58
202,00	1981,62	-98,00	-96,00	-94,89	-96,08	-96,24
135,00	1324,35	-97,30	-95,26	-94,44	-95,45	-95,61
68,00	667,08	-96,11	-94,14	-93,90	-94,54	-94,67
0,00	0,00	-92,69	-91,29	-92,16	-91,92	-92,01

Fonte: SCCAP Engenharia (2024)

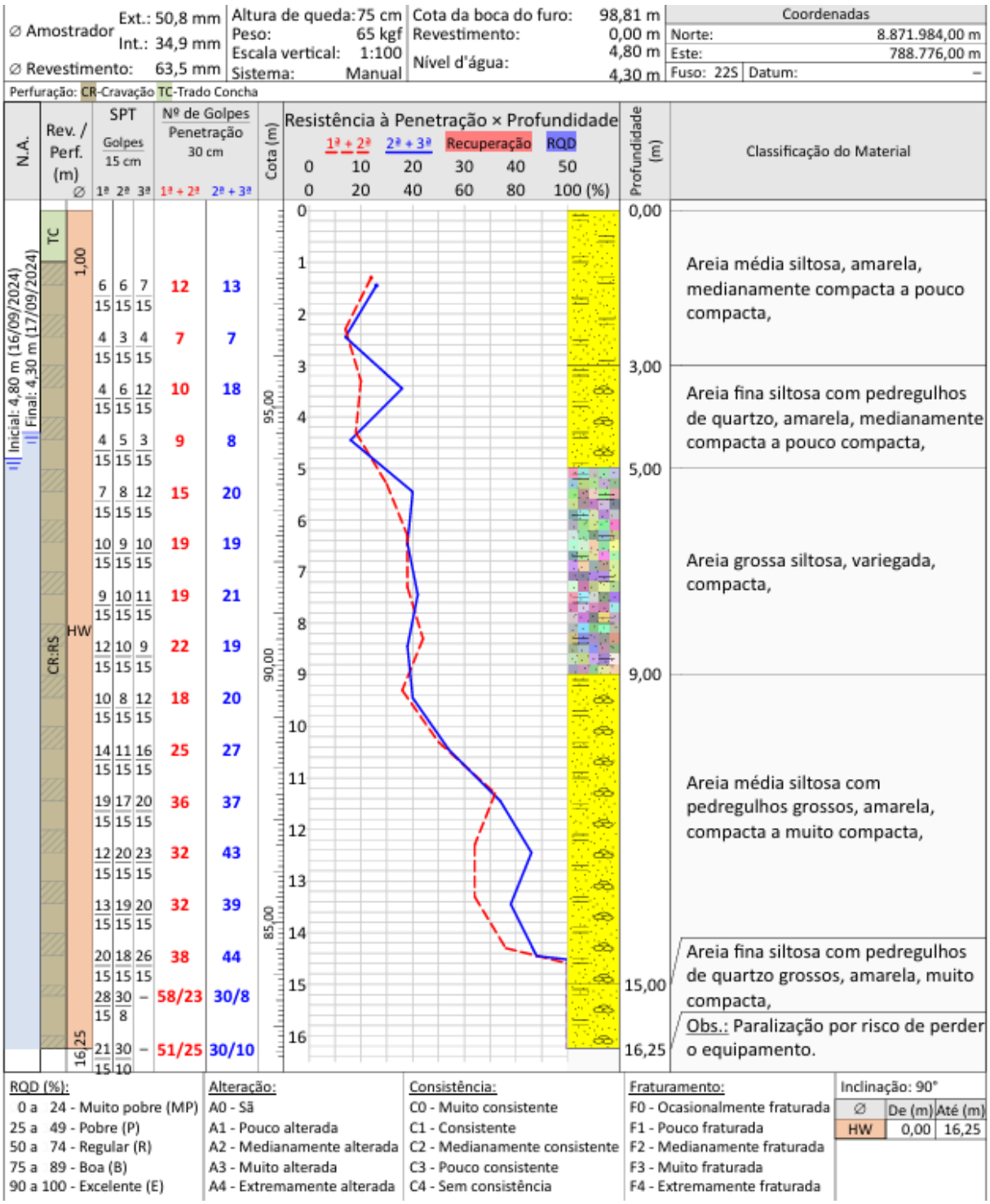
Tabela 139- Estaca PC2

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média
(tf)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	294,30	-1,55	-1,45	-1,40	-1,54	-1,49
60,00	588,60	-8,51	-8,42	-8,28	-8,51	-8,43
90,00	882,90	-19,12	-18,86	-18,72	-19,07	-18,94
120,00	1177,20	-35,91	-35,21	-35,22	-35,81	-35,54
150,00	1471,50	-61,14	-60,19	-60,16	-61,44	-60,73
180,00	1765,80	-100,16	-98,80	-103,49	-91,20	-98,41
135,00	1324,35	-99,89	-98,54	-103,22	-90,88	-98,13
90,00	882,90	-99,37	-98,08	-102,72	-90,28	-97,61
45,00	441,45	-98,17	-97,04	-101,57	-88,95	-96,43
0,00	0,00	-95,64	-94,60	-99,07	-86,08	-93,85

Fonte: SCCAP Engenharia (2024)

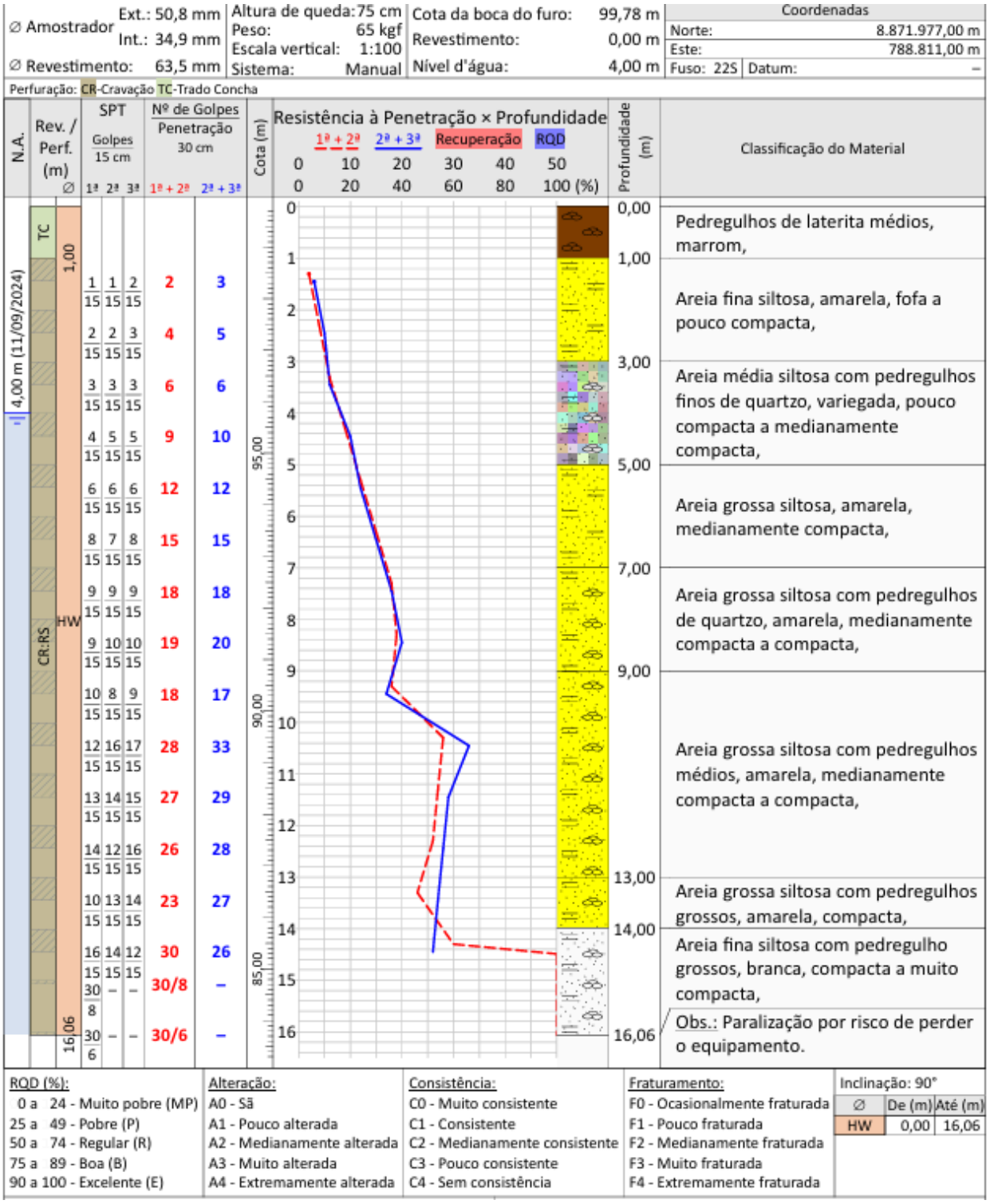
3. Laudos de sondagem

Figura 39- Sondagem SM -02 para PC1 Ed.Maestria



Fonte: Técnica (2024)

Figura 40- Sondagem SM -03 para PC2 Ed.Maestria



Fonte: Técnica (2024)

F.4 - Edifício Orla 14

1. Relatórios de provas de carga

Tabela 140- Características das estacas ensaiadas Ed.Orla 14

Prova de Carga	Estaca / Pilar	Tipo	Diâmetro (m)	Comprimento executado (m)	Data do Ensaio
PC1	Estaca E4PC / P4	Hélice Continua	0,70	13,7	10/05/2017
PC2	Estaca E23PC / P23	Hélice Continua	0,70	13,7	11/05/2017

Fonte: SCCAP Engenharia (2017)

Tabela 141- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.Orla 14

Prova de Carga	Carga Final do Ensaio (tf)	Tipo	Diâmetro (m)	Carga de Projeto [1]	FM[2]
PC1	365	Hélice Continua	0,70	228	1,60
PC2	365	Hélice Continua	0,70	228	1,60

Fonte: SCCAP Engenharia (2017)

2. Tabelas de deslocamentos medidos nos ensaios

Tabela 142- Estaca PC1

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média
(ton)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,0	98,1	-0,07	-0,07	-0,09	-0,08	0,08
36,0	353,2	-0,47	-0,43	-0,44	-0,47	0,45
72,0	706,3	-1,69	-1,66	-1,55	-1,62	1,63
108,0	1059,5	-3,70	-3,58	-3,29	-3,43	3,50
144,0	1412,6	-5,91	-5,81	-5,42	-5,64	5,70
180,0	1765,8	-8,49	-8,21	-7,70	-7,94	8,09
216,0	2119,0	-11,28	-10,82	-10,19	-10,53	10,71
252,0	2472,1	-14,28	-13,57	-12,87	-13,29	13,50
288,0	2825,3	-17,56	-16,65	-15,89	-16,47	16,64
324,0	3178,4	-21,12	-19,96	-19,09	-19,94	20,03
365,0	3580,7	-25,72	-24,27	-23,25	-24,37	24,40
273,0	2678,1	-25,21	-23,82	-22,83	-23,93	23,95
181,0	1775,6	-24,23	-23,02	-22,16	-23,07	23,12
90,0	882,9	-23,07	-21,92	-21,22	-22,33	22,14
10,0	98,1	-20,35	-19,70	-19,21	-19,74	19,75
0,0	0,0	-19,79	-19,27	-18,86	-19,27	19,30

Fonte: SCCAP Engenharia (2017)

Tabela 143- Estaca PC2

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média
(ton)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,0	0,0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10,0	98,1	-0,13	-0,10	-0,12	-0,09	0,11
36,0	353,2	-0,40	-0,36	-0,52	-0,52	0,45
72,0	706,3	-1,17	-1,08	-1,20	-1,23	1,17
108,0	1059,5	-2,00	-1,84	-2,01	-2,06	1,98
144,0	1412,6	-2,99	-2,91	-2,93	-3,04	2,97
180,0	1765,8	-4,19	-4,05	-4,01	-4,12	4,09
216,0	2119,0	-5,40	-5,20	-5,18	-5,37	5,29
252,0	2472,1	-6,85	-6,58	-6,55	-6,80	6,70
288,0	2825,3	-8,40	-8,06	-7,94	-8,30	8,18
324,0	3178,4	-10,02	-9,59	-9,43	-9,89	9,73
365,0	3580,7	-12,05	-11,52	-11,30	-11,86	11,68
273,0	2678,1	-11,50	-11,23	-10,84	-11,32	11,22
182,0	1785,4	-10,65	-10,59	-10,10	-10,45	10,45
91,0	892,7	-9,41	-9,41	-9,01	-9,24	9,27
10,0	98,1	-7,71	-7,79	-7,54	-7,63	7,67
0,0	0,0	-7,42	-7,52	-7,28	-7,35	7,39

Fonte: SCCAP Engenharia (2017)

3. Laudos de sondagem

Figura 41- Sondagem SP-02 para PC1 Ed.Orla 14

Interessado:	Fama Construtora e Incorporadora LTDA	Furo:	SP 02
Obra:	Edificação	Folha:	05
Local obra:	Av. Orla Lotes 03 e 04 Q-36, Orla 14 - Palmas - TO	Data do Laudo:	19/12/14

Descrições do amostrador: Diâmetro externo = 2 1/2" Peso batente= 65 Kg Diâmetro do Revestimento = 2 1/2"
Diâmetro interno =1 3/8" Altura da queda = 75 cm Diâmetro da Haste = 1"

Profundidade	Nº da Amostra	N.A. 24 h	1º+2º 15	2º+3º 15	1ª e 2ª penetração / 2ª e 3ª penetração (10 20 30 40 50)	*Consistência / **Compacidade	Descrição do Solo
-1,00	01						Areia de graduação fina de cor cinza.
-2,00	02		4	4		fofa**	
-3,00	03		4	4		fofa**	Areia de graduação fina de cor amarela.
-4,00	04		2	2		fofa**	Areia siltosa de cor amarela.
-5,00	05		4	5		pouco compacta**	
-6,00	06		9	10		mediamente compacta**	Areia de graduação média de cor amarela com pedregulho de quartzo de graduação grossa.
-7,00	07		10	11		mediamente compacta**	Areia de graduação grossa de cor clara.
-8,00	08		11	13		mediamente compacta**	Areia de graduação fina de cor amarela.
-9,00	09		13	17		mediamente compacta**	Areia siltosa de cor amarela com pedregulho de quartzo de graduação grossa.
-10,00	10		33	38		compacta**	Areia de graduação fina de cor clara.
-11,00	11		40/21	20/6		muito compacta**	Areia de graduação média de cor amarela com pedregulho de quartzo de graduação grossa.
-12,00	12		50/15			muito compacta**	
-13,00	13						
-14,00	14						
-15,00	15						
-16,00	16						
-17,00	17						
-18,00	18						
19,00	19						
-20,00	20						

Fonte: Técnica (2014)

Figura 42- Sondagem SP-04 para PC2 Ed.Orla 14

Interessado:	Fama Construtora e Incorporadora LTDA	Furo:	SP 04
Obra:	Edificação	Folha:	07
Local obra:	Av. Orla Lotes 03 e 04 Q-36, Orla 14 - Palmas - TO	Data do Laudo:	19/12/14

Descrições do amostrador: Diâmetro externo = 2 1/2" Peso batente= 65 Kg Diâmetro do Revestimento = 2 1/2"
Diâmetro interno =1 3/8" Altura da queda = 75 cm Diâmetro da Haste = 1"

Profundidade	Nº da Amostra	N.A. 24 h	1º+2º 15	2º+3º 15	1ª e 2ª penetração / 2ª e 3ª penetração (10 20 30 40 50)	*Consistência / **Compacidade	Descrição do Solo
-1,00	01						Areia de graduação fina de cor roxa com presença de matéria orgânica.
-2,00	02		3	2		fofa**	Areia siltosa de graduação fina de cor cinza.
-3,00	03		4	4		fofa**	
-4,00	04		5	6		pouco compacta**	Areia de graduação grossa de cor amarela com pedregulho de quartzo de graduação média.
-5,00	05		7	8		pouco compacta**	Areia de graduação grossa de cor vermelha com pedregulho de quartzo de graduação grossa.
-6,00	06		9	11		mediamente compacta**	
-7,00	07		10	11		mediamente compacta**	Areia de graduação média de cor cinza.
-8,00	08		17	19		compacta**	Areia de graduação média de cor variegada.
-9,00	09		33	37		compacta**	Areia de graduação grossa de cor variegada com pedregulho de quartzo de graduação grossa.
-10,00	10		50/26	30/11		muito compacta**	
-11,00	11		58/24	40/9		muito compacta**	
-12,00	12						
-13,00	13						
-14,00	14						
-15,00	15						
-16,00	16						
-17,00	17						
-18,00	18						
19,00	19						
-20,00	20						

Fonte: Técnica (2014)

F.5 - Edifício You

1. Relatórios de provas de carga

Tabela 144- Características das estacas ensaiadas Ed.You

Prova de Carga	Tipo	Diâmetro (m)	Comprimento executado (m)	Data do Ensaio
PC1	Hélice Continua	0,4	12,0	08/02/2021
PC2	Hélice Continua	0,6	16,0	09/02/2021
PC3	Hélice Continua	0,6	18,0	10/02/2021

Fonte: SCCAP Engenharia (2021)

Tabela 145- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.You

Prova de Carga	Carga Final do Ensaio (tf)	Tipo	Diâmetro (m)	Carga de Trabalho [1]	FM[2]
PC1	150	Hélice Continua	0,40	75	2,0
PC2	300	Hélice Continua	0,60	150	2,0
PC2	300	Hélice Continua	0,60	150	2,0

Fonte: SCCAP Engenharia (2021)

2. Tabelas de deslocamentos medidos nos ensaios

Tabela 146- Estaca PC1

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média
(tf)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,00	147,15	-0,18	-0,28	-0,14	-0,13	-0,18
30,00	294,30	-0,59	-0,69	-0,51	-0,49	-0,57
45,00	441,45	-1,49	-1,59	-1,35	-1,36	-1,45
60,00	588,60	-3,23	-3,32	-2,93	-2,99	-3,12
75,00	735,75	-6,21	-6,30	-5,86	-5,92	-6,07
90,00	882,90	-9,78	-9,85	-9,38	-9,42	-9,61
105,00	1030,05	-14,03	-14,09	-13,56	-13,68	-13,84
120,00	1177,20	-19,32	-19,35	-18,77	-18,94	-19,10
135,00	1324,35	-28,88	-28,90	-28,14	-28,39	-28,58
150,00	1471,50	-55,92	-55,86	-52,92	-51,82	-54,13
112,00	1098,72	-55,51	-55,48	-52,91	-51,81	-53,93
75,00	735,75	-54,76	-54,75	-52,68	-51,57	-53,44
38,00	372,78	-54,74	-54,71	-52,65	-51,54	-53,41
0,00	0,00	-51,40	-51,19	-49,22	-48,64	-50,11

Fonte: SCCAP Engenharia (2021)

Tabela 147- Estaca PC2

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média
(tf)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	294,30	-0,33	-0,34	-0,37	-0,31	-0,34
60,00	588,60	-1,05	-1,15	-1,12	-0,99	-1,08
90,00	882,90	-2,25	-2,47	-2,34	-2,13	-2,30
120,00	1177,20	-3,85	-4,19	-3,92	-3,60	-3,89
150,00	1471,50	-5,62	-6,13	-5,71	-5,30	-5,69
180,00	1765,80	-7,58	-8,23	-7,69	-7,14	-7,66
210,00	2060,10	-9,61	-10,37	-9,73	-9,09	-9,70
240,00	2354,40	-11,87	-12,81	-12,06	-11,25	-12,00
270,00	2648,70	-14,99	-15,81	-15,08	-14,03	-14,98
300,00	2943,00	-18,52	-19,50	-18,71	-17,42	-18,54
225,00	2207,25	-17,78	-18,62	-17,89	-16,69	-17,75
150,00	1471,50	-16,55	-17,23	-16,47	-15,49	-16,44
75,00	735,75	-14,89	-15,29	-14,69	-13,92	-14,70
0,00	0,00	-12,42	-12,47	-12,04	-11,69	-12,16

Fonte: SCCAP Engenharia (2021)

Tabela 148- Estaca PC3

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média
(tf)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	294,30	-0,28	-0,25	-0,26	-0,26	-0,26
60,00	588,60	-0,76	-0,67	-0,65	-0,71	-0,70
90,00	882,90	-1,68	-1,54	-1,45	-1,59	-1,57
120,00	1177,20	-2,97	-2,73	-2,61	-2,88	-2,80
150,00	1471,50	-4,40	-4,04	-3,83	-4,18	-4,11
180,00	1765,80	-5,80	-5,34	-5,08	-5,51	-5,43
210,00	2060,10	-7,24	-6,72	-6,33	-6,90	-6,80
240,00	2354,40	-8,72	-8,11	-7,73	-8,43	-8,25
270,00	2648,70	-10,63	-9,84	-9,35	-10,16	-10,00
300,00	2943,00	-12,55	-11,66	-11,16	-12,14	-11,88
225,00	2207,25	-11,83	-10,91	-10,37	-11,39	-11,13
150,00	1471,50	-11,04	-10,15	-9,68	-10,68	-10,39
75,00	735,75	-9,02	-8,36	-8,00	-8,75	-8,53
0,00	0,00	-6,85	-6,49	-6,23	-6,61	-6,55

Fonte: SCCAP Engenharia (2021)

3. Laudos de sondagem

Figura 43- Sondagem SP-01 para PC1 Ed.You

Interessado:	**Fama Empreendimentos**	**Furo:**	**SP 01**
Obra:	**Fama YOU**	**Folha:**	**04**
Local obra:	**Av. Orla, Lote 01, QI 35, Graciosa Palmas-TO**	**Data do Laudo:**	**24/02/20**

Descrições do amostrador: Diâmetro externo = 2 1/2" Diâmetro interno =1 3/8" Peso batente= 65 Kg Altura da queda = 75 cm Diâmetro do Revestimento = 2 1/2" Diâmetro da Haste = 1"

Profun-didade	Nº da Amostra	N.A. 24 h	1º+2º 15	2º+3º 15	1º e 2º penetração / 2º e 3º penetração (10 20 30 40 50)	*Consistência / **Compacidade	Descrição do Solo
- 1, 00	01						Areia siltosa fina, coloração marrom
- 2, 00	02		6	6		pouco compacta**	Areia siltosa fina, coloração amarela
- 3, 00	03		6	6		pouco compacta**	
- 4, 00	04		6	6		pouco compacta**	
- 5, 00	05		6	7		pouco compacta**	
- 6, 00	06		6	6		pouco compacta**	Areia média com pedregulho de quartzo de graduação média, coloração amarela
- 7, 00	07		4	5		pouco compacta**	
- 8, 00	08		7	8		pouco compacta**	Areia média com pedregulho de quartzo médio, coloração cinza
- 9, 00	09		9	10		mediamente compacta**	
- 10, 00	10		10	11		mediamente compacta**	
- 11, 00	11		10	12		mediamente compacta**	Idem (amostra caracterizada pela lavagem dofuro)
- 12, 00	12		10	12		mediamente compacta**	
							Furo paralizadopor risco de perda de equipamento

Fonte: Técnica (2020)

Figura 44- Sondagem SP-03 para PC2 Ed.You

Interessado:	**Fama Empreendimentos**	**Furo:**	**SP 03**
Obra:	**Fama YOU**	**Folha:**	**06**
Local obra:	**Av. Orla, Lote 01, QI 35, Graciosa Palmas-TO**	**Data do Laudo:**	**24/02/20**

Descrições do amostrador: Diâmetro externo = 2 1/2" Diâmetro interno =1 3/8" Peso batente= 65 Kg Altura da queda = 75 cm Diâmetro do Revestimento = 2 1/2" Diâmetro da Haste = 1"

Profundidade	Nº da Amostra	N.A. 24 h	1º+2º 15	2º+3º 15	1º e 2º penetração / 2º e 3º penetração (10 20 30 40 50)	*Consistência / **Compacidade	Descrição do Solo
- 1, 00	01						Areia fina, coloração marrom
- 2, 00	02		8	8		pouco compacta**	
- 3, 00	03		4	3		fofa**	Areia siltosa fina, coloração amarela
- 4, 00	04		3	5		pouco compacta**	
- 5, 00	05		6	6		pouco compacta**	
- 6, 00	06		6	7		pouco compacta**	Areia média com pedregulho de quartzo, coloração variegado
- 7, 00	07		12	15		mediamente compacta**	
- 8, 00	08		8	9		mediamente compacta**	
- 9, 00	09		7	10		mediamente compacta**	
- 10, 00	10		12	14		mediamente compacta**	
							Lavagem de 30 min para avanço de 0 cm (seixo rolado grosso) revestido e com bentonia

Fonte: Técnica (2020)

Figura 45- Sondagem SP-02 para PC3 Ed.You

Interessado:	**Fama Empreendimentos**	**Furo:**	**SP 02**
Obra:	**Fama YOU**	**Folha:**	**05**
Local obra:	**Av. Orla, Lote 01, QI 35, Graciosa Palmas-TO**	**Data do Laudo:**	**24/02/20**

Descrições do amostrador: Diâmetro externo = 2 1/2" Peso batente= 65 Kg Diâmetro do Revestimento = 2 1/2"
Diâmetro interno =1 3/8" Altura da queda = 75 cm Diâmetro da Haste = 1"

Profundidade	Nº da Amostra	N.A. 24 h	1º+2º 15	2º+3º 15	1ª e 2ª penetração / 2ª e 3ª penetração (10 20 30 40 50)	*Consistência / **Compacidade	Descrição do Solo
- 1, 00	01						Areia fina, coloração marrom
- 2, 00	02		10	12		mediamente compacta**	Areia siltosa média com pedregulho de quartzo, coloração variegado
- 3, 00	03		4	5		pouco compacta**	Areia fina, coloração amarela
- 4, 00	04		5	7		pouco compacta**	
- 5, 00	05		5	6		pouco compacta**	Areia média com pedregulho de quartzo, coloração variegado
- 6, 00	06		7	9		mediamente compacta**	
- 7, 00	07		9	10		mediamente compacta**	
- 8, 00	08		7	8		pouco compacta**	
- 9, 00	09		8	11		mediamente compacta**	
- 10, 00	10		11	10		mediamente compacta**	Areia siltosa fina, coloração amarela
- 11, 00	11		16	20		compacta**	
- 12, 00	12		26	29		compacta**	Areia siltosa grossa com pedregulho de quartzo, coloração variegado
- 13, 00	13		5	19		compacta**	
- 14, 00	14		50/23	29/08		dura*	Silte argiloso com pedregulho de quartzo, coloração variegado
- 15, 00	15		17	23		compacta**	Areia fina, coloração preto e rosa
- 16, 00	16		29	35		compacta**	Areia grossa com pedregulho de quartzo grosso, coloração rosa
- 17, 00	17		50/12			muito compacta**	
							Lavagem de 10 min para avanço de 3 cm
							Lavagem de 10 min para avanço de 2 cm
							Lavagem de 10 min para avanço de 2 cm

Fonte: Técnica (2020)

F.6 - Edifício Horizonte

1. Relatórios de provas de carga

Tabela 149- Características das estacas ensaiadas Ed. Horizonte

Prova de Carga	Tipo	Diâmetro (m)	Comprimento executado (m)	Data do Ensaio
PC1	Hélice	0,60	17,12	23/03/2023
PC2	Hélice	0,60	17,12	22/03/2023

Fonte: SCCAP Engenharia (2023)

Tabela 150- Cargas aplicadas aos ensaios Ed.Horizonte

Prova de Carga	Carga Final do Ensaio (tf)	Tipo	Diâmetro (m)	Carga de Projeto (tf) [1]	FM [2]
PC1	270	Hélice	0,60	150	1,80
PC2	240	Hélice	0,60	150	1,60

Fonte: SCCAP Engenharia (2023)

2. Tabelas de deslocamentos medidos nos ensaios

Tabela 151- Estaca PC1

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média
(tf)	(kN)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	294,30	-0,31	-0,58	-0,81	-0,78	-0,62
60,00	588,60	-0,91	-1,13	-1,67	-1,81	-1,38
90,00	882,90	-1,86	-2,02	-2,71	-2,97	-2,39
120,00	1177,20	-3,08	-3,03	-3,55	-4,13	-3,45
150,00	1471,50	-4,38	-4,25	-4,48	-5,49	-4,65
180,00	1765,80	-5,69	-5,26	-5,31	-6,65	-5,73
210,00	2060,10	-7,21	-6,51	-6,59	-8,05	-7,09
240,00	2354,40	-9,38	-8,94	-8,13	-9,63	-9,02
270,00	2648,70	-11,95	-11,18	-9,73	-12,10	-11,24
200,00	1962,00	-11,74	-11,00	-9,73	-11,91	-11,09
130,00	1275,30	-10,25	-9,65	-8,69	-10,48	-9,77
75,00	735,75	-9,47	-9,00	-8,10	-10,48	-9,26
0,00	0,00	-6,81	-6,79	-4,42	-5,52	-5,88

Fonte: SCCAP Engenharia (2023)

Tabela 152- Estaca PC2

Carga	Carga	Deslocamento Vertical				
		E1	E2	E3	E4	Média (mm)
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,00	294,30	-0,26	-0,30	-0,34	-0,26	-0,29
60,00	588,60	-0,81	-0,98	-1,10	-1,01	-0,98
90,00	882,90	-1,74	-1,81	-1,97	-1,74	-1,82
120,00	1177,20	-2,92	-3,02	-3,15	-3,01	-3,03
150,00	1471,50	-4,20	-4,28	-4,36	-4,06	-4,23
180,00	1765,80	-5,75	-5,82	-5,78	-5,52	-5,72
210,00	2060,10	-7,15	-9,17	-7,05	-6,78	-7,54
240,00	2354,40	-9,90	-9,86	-9,19	-9,56	-9,63
225,00	2207,25	-9,90	-9,86	-9,19	-9,56	-9,63
150,00	1471,50	-9,90	-9,86	-9,19	-9,56	-9,63
75,00	735,75	-9,90	-9,86	-9,19	-9,56	-9,63
0,00	0,00	-9,90	-9,86	-9,19	-9,56	-9,63

Fonte: SCCAP Engenharia (2023)

3. Laudos de sondagem

Figura 46- Sondagem SM 02 para PC1 Ed.Horizonte

Interessado:	**Urban Incorporadora**	**Furo:**	**SM 02**
Obra:	**Residencial Horizonte**	**Folha:**	**03**
Local obra:	**Orla Graciosa - Palmas-TP**	**Data do Laudo:**	**18/03/22**

Descrições do amostrador: Diâmetro externo = 2 1/2" Diâmetro interno =1 3/8" Diâmetro do Revestimento = 2 1/2" Peso batente= 65 Kg

Descrições do Barrilete: BWM duplo móvel Diâmetro do furo = 2,37" Diâmetro do testemunho = 1 11/16" Manobra até 2,0m

Profundidade	Nº da Amostra	N.A. 24 h	1º+2º 15	2º+3º 15	1º e 2º penetração / 2º e 3º penetração 10 20 30 40 50	Nº Frag.	(%) Recup.	(%) RQD	*Consistência/ **Compacidade	Descrição do Solo
-1,00	01									Areia fina com material orgânico, cor marrom
-2,00	02		8	7					pouco compacta**	
-3,00	03		4	3					fofa**	Areia siltosa com pedregulho de quartzo fino, cor amarela
-4,00	04		5	6					pouco compacta**	
-5,00	05		5	5					pouco compacta**	
-6,00	06		7	9					mediamente compacta**	
-7,00	07		6	6					pouco compacta**	
-8,00	08		9	10					mediamente compacta**	Areia argilosa com pedregulho médio de quartzo, cor branca
-9,00	09		10	11					mediamente compacta**	
-10,00	10		40	60/25					muito compacta**	Areia grossa com pedregulho de quartzo grosso, cor amarela
-11,00	11		27	19					compacta**	
-12,00	12		22	22					compacta**	
-13,00	13		23	21					compacta**	Areia argilosa com pedregulho grosso de quartzo, cor amarela
-14,00	14		20	32					compacta**	
-15,00	15		48/25	30/10					muito compacta**	
-16,00	16		50/24	30/09					muito compacta**	
-17,00	17		60	60/28					muito compacta**	
-18,00	18		30/10						muito compacta**	Areia grossa com seixo grosso, cor amarela
-19,00	19		30/11						muito compacta**	
-19,09	20		30/10						muito compacta**	

Fonte: Técnica (2022)

Figura 47- Sondagem SM 02 para PC2 Ed.Horizonte

Interessado:	**Urbabn Incorporadora**	**Furo:**	**SM 02**
Obra:	**Residencial Horizonte**	**Folha:**	**04**
Local obra:	**Orla da Graciosa, Palmas-TO**	**Data do Laudo:**	**18/03/22**

Descrições do amostrador: Diâmetro externo = 2 1/2" Diâmetro interno =1 3/8" Diâmetro do Revestimento = 2 1/2" Peso batente= 65 Kg

Descrições do Barrilete: BWM duplo móvel Diâmetro do furo = 2,37" Diâmetro do testemunho = 1 11/16" Manobra até 2,0m

Profundidade	Nº da Amostra	N.A. 24 h	1º+2º 15	2º+3º 15	1º e 2º penetração / 2º e 3º penetração (10 20 30 40 50)	Nº Frag.	(%) Recup.	(%) RQD	*Consistência/ **Compacidade	Descrição do Solo
-1,00	01									
-2,00	02		5	7					pouco compacta**	Areia siltosa, cor preta
-3,00	03		4	4					fofa**	
-4,00	04		7	7					pouco compacta**	Areia silto-argilosa, cor amarela
-5,00	05		13	11					mediamente compacta**	
-6,00	06		9	9					mediamente compacta**	Areia pouco argilosa, cor amarela
-7,00	07		13	14					mediamente compacta**	
-8,00	08		15	13					mediamente compacta**	
-9,00	09		23	27					compacta**	Areia siltosa com pedregulho grosso de quartzo, cor amarela
-10,00	10		19	20					compacta**	
-11,00	11		53/24	30/09					muito compacta**	Areia siltosa grossa com pedregulho médio de quartzo, cor amarela
-12,00	12		60/20	31/05					muito compacta**	Areia siltosa grossa, cor amarela (amostra lavada)
-13,00	13		58/18	30/03					muito compacta**	
-14,00	14		57/19	30/04					muito compacta**	
-15,00	15		30/05						muito compacta**	
-16,00	16		30/10						muito compacta**	
-17,00	17		30/08						muito compacta**	

Fonte: Técnica (2022)