Metodologia e recomendações associadas à caracterização e controlo de obras no âmbito da geotecnia

1. INTRODUÇÃO

A execução de obras com **forte componente geotécnica** teve um grande desenvolvimento nas últimas quatro décadas, em consequência do crescente desenvolvimento do ambiente urbano e aumento da utilização do espaço subterrâneo e da ocupação de locais outrora julgados como economicamente inviáveis devido a desfavoráveis condições geológicas.

Estas obras levantam, importantes desafios em termos de planeamento, projeto e construção, bem como na proteção dos edifícios existentes.

Segundo a norma EC7-1 “**os estudos de caracterização geotécnica** devem fornecer todos os dados relativos ao **terreno** e à **água subterrânea**, no local da obra e na sua vizinhança, que sejam necessários para uma descrição apropriada das principais propriedades do terreno e para uma avaliação fiável dos valores característicos dos parâmetros a usar nos cálculos de dimensionamento”. VID-20210218-WA0004.mp4

2. CATEGORIA GEOTÉCNICA

Os Requisitos do Projeto Geotécnico são estabelecidos em função das Categorias geotécnicas:

- Categoria geotécnica 1: Estruturas pequenas e relativamente simples
- Categoria geotécnica 2: Tipos convencionais de estruturas e fundações
- Categoria geotécnica 3: Estruturas de grande dimensão ou pouco comuns

2.2. CATEGORIA GEOTÉCNICA

<u>Categoria geotécnica 1</u> - Estruturas pequenas e relativamente simples:

- Para as quais se possa assegurar que são satisfeitos os requisitos fundamentais apenas com **base na experiência** e em estudos de **caracterização geotécnica de natureza qualitativa**;
- Com riscos desprezáveis para bens e vidas;
- Existir experiência comparável que comprove que as condições do terreno são suficientemente simples para que seja possível usar métodos de rotina no projeto.

Exemplos:

- Edificações simples de 1 e 2 andares; carga máxima de cálculo de 250kN nos pilares e 100kN/m nas paredes; tipos habituais de sapatas e estacas;
- Muros de suporte de terras e contenções para desníveis até 2m;
- Pequenas escavações para trabalhos de drenagem, tubagens ...

Categoria geotécnica 2 - Tipos convencionais de estruturas e fundações

Que não envolvam riscos fora do comum ou condições do terreno e de carregamento invulgares ou particularmente difíceis.

Requer a **quantificação** e **análise dos dados geotécnicos** e uma análise quantitativa que assegurem que são satisfeitos os requisitos fundamentais;

Exemplos:

- fundações superficiais, ensoleiramentos e fundações em estacas;
- muros, estruturas de contenção e escavações;
- pilares e encontros de pontes;
- aterros e movimentos de terras;
- ancoragens;
- túneis em rocha resistente e não fraturada.

Categoria geotécnica 3 - Estruturas de grande dimensão ou pouco comuns

Estruturas não abrangidas pelas categorias geotécnicas 1 e 2:

- Estruturas de grande dimensão ou pouco comuns;
- Riscos fora do comum;
- Condições do terreno e de carregamento invulgares e estruturas em áreas de sismicidade elevada.

Deve verificar-se que não é excedido nenhum estado limite relevante através de:

- uso de cálculos;
- adoção de medidas prescritivas;
- uso de modelos experimentais e ensaios de carga;
- uso de um método observacional.

3. ESTUDOS DE RECONHECIMENTO

O dimensionamento duma obra geotécnica baseia-se no reconhecimento do local do através de estudos geológicos, sondagens, ensaios de campo, colheita de amostras e ensaios de laboratório e mesmo ensaios, quer em protótipos quer em modelos físicos.

3.1. AVALIAÇÃO PRELIMINAR

A análise preliminar do local afetado pela estrutura (ou parte da estrutura) a projetar deverá incluir o seguinte:

- Avaliar a adequabilidade do local, incluindo a eventual comparação com locais alternativos;
- Estimar o impacte ambiental da intervenção, incluindo a identificação dos locais de vazadouro e empréstimo;

3.1. AVALIAÇÃO PRELIMINAR

- O reconhecimento preliminar já deverá conter informação sobre a topografia, hidrogeologia e características de estruturas e escavação vizinhas, que influam com o desenvolvimento do projeto.

- Este estudo deverá recolher a informação aplicável de cartas geológicas e geotécnicas disponíveis, bem como, se possível, de estudos de caracterização geológica e geotécnica (sondagens, etc.) anteriores e experiência de construções na vizinhança.

3.2. CARACTERIZAÇÃO E PARAMETRIZAÇÃO

Os estudos de caraterização geotécnica deverão garantir a informação necessária:

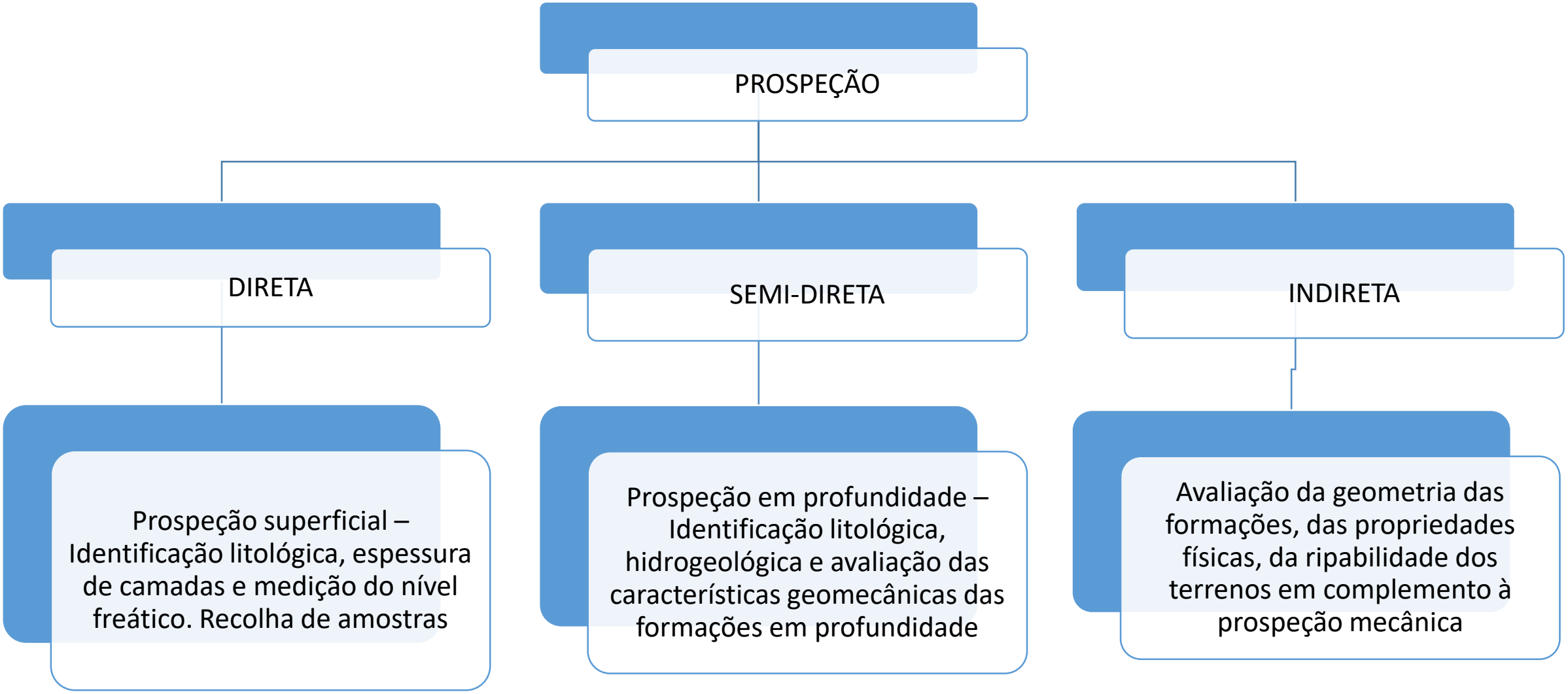
- quer para o dimensionamento adequado, em termos técnicos e económicos, tanto das obras temporárias (como são exemplo as escavações para execução de caves de edifícios urbanos) como das definitivas,
- quer para avaliar todas as implicações na definição correta do método construtivo e dificuldades que possam surgir durante a construção.

3.2. CARACTERIZAÇÃO E PARAMETRIZAÇÃO

A caracterização geotécnica dos terrenos deve ser realizada por combinação de métodos de reconhecimento consagrados, realizados segundo normas reconhecidas.

A definição lito-estratigráfica e hidrogeológica dos maciços, os estudos devem permitir definir com o desejado rigor as propriedades de resistência e de deformabilidade desses terrenos.

Os estudos devem indicar a possibilidade de ocorrência de cavidades, as rochas alteradas, os solos e aterros de fracas características, condições hidrogeológicas adversas, falhas, diáclases ou descontinuidades, maciços de elevada fluência, colapsáveis.

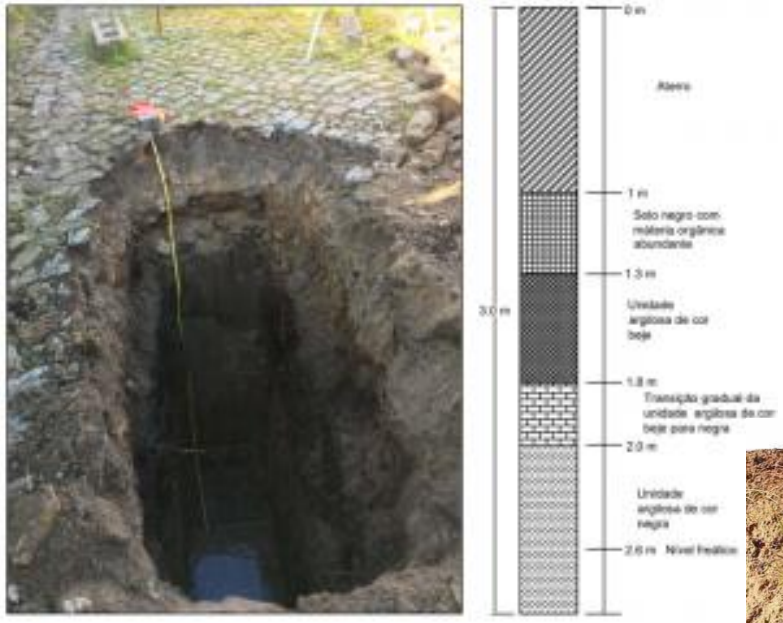

PROSPEÇÃO
DIRETA
SEMI-DIRETA
INDIRETA
Prospeção superficial – Identificação litológica, espessura de camadas e medição do nível freático. Recolha de amostras
Prospeção em profundidade – Identificação litológica, hidrogeológica e avaliação das características geomecânicas das formações em profundidade
Avaliação da geometria das formações, das propriedades físicas, da ripabilidade dos terrenos em complemento à prospeção mecânica

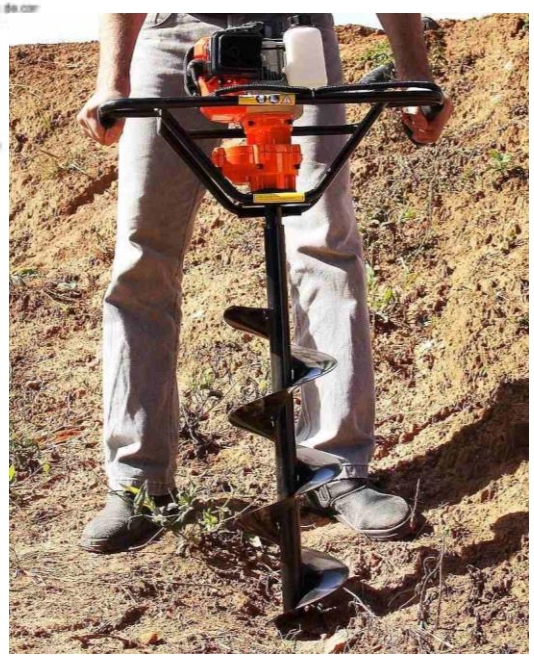
PROSPEÇÃO

Direta

Poços/Valas/Trincheiras

Trados





PROSPEÇÃO

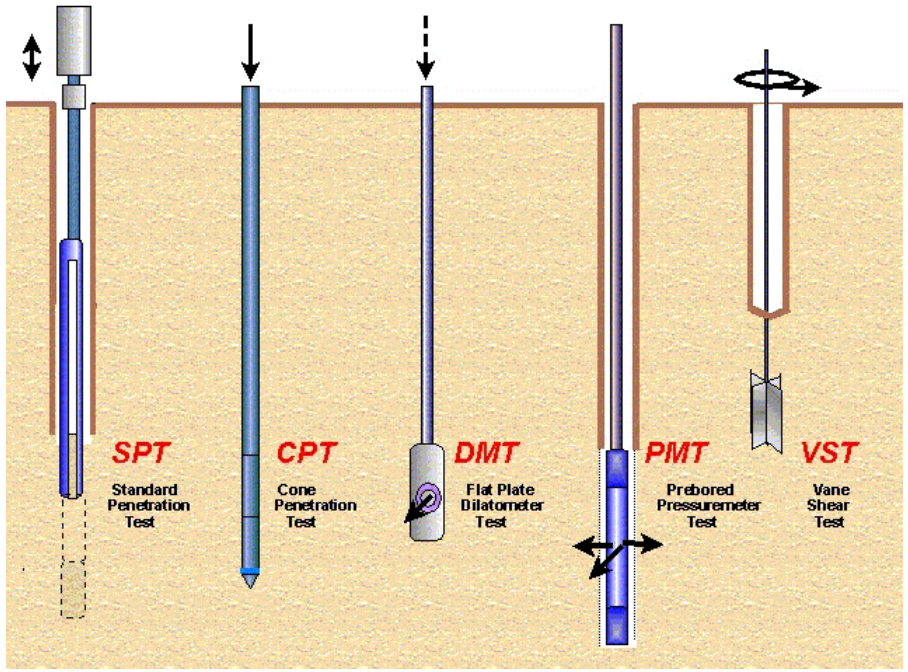
SEMI-DIRETA

Sondagens

- Rotação em rocha (amostragem continua)
- Percussão, trado, ou rotação em solo
- Instalação de piezómetros
- Colheita de amostras remexidas e intactas

Ensaios “in situ”

- SPT, PDL, PDM e DPSH
- CPT, CPTu, DMT e PMT
- Vane test, Pressiómetro
- Ensaio de permeabilidade, bombagem

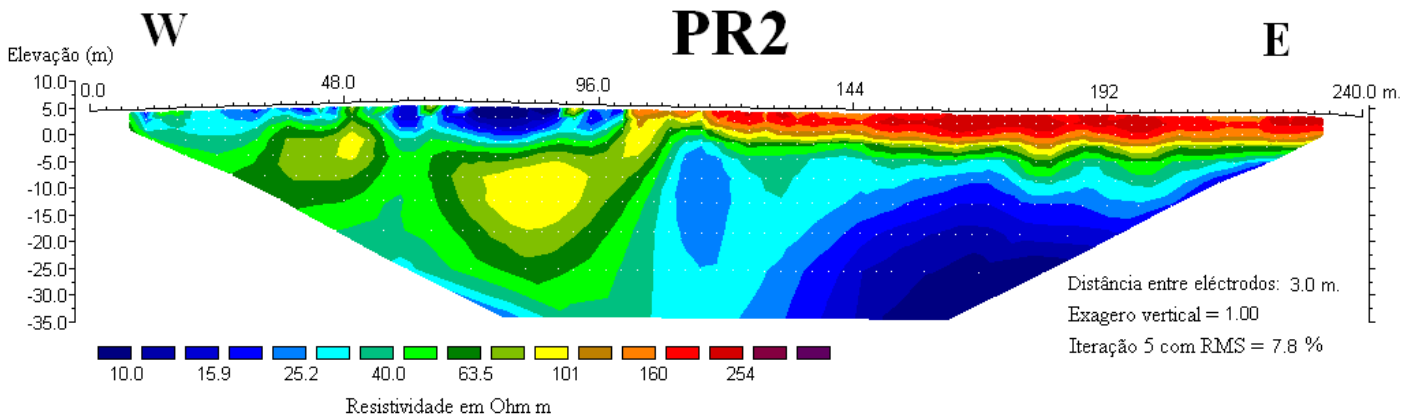


PROSPEÇÃO

Indireta

Geofísica

Sísmica, Resistividade elétrica, Geo-radar, eletromagnético, gravimetria



Fotografias e imagem: Recomendações na área da geotecnia (OE Jan. 2020

4. NÚMERO E LOCALIZAÇÃO DAS OPERAÇÕES DE PROSPEÇÃO (SONDAGENS E POÇOS)

De acordo com a antiga norma LNEC: E217-1968(*), a "*disposição e o espaçamento de poços e sondagens, ou outras operações de prospeção, devem ser tais que permitam revelar qualquer modificação importante na espessura, profundidade, estrutura ou propriedades das formações interessadas. O número e o tipo das operações de prospeção necessárias variarão com as dimensões e a natureza da estrutura a fundar, as características do terreno e a existência ou não de adequados registos geológicos.* ***É geralmente difícil dar indicações definitivas sobre a prospeção a realizar, e por isso o plano de trabalhos deve ser flexível e permitir modificações à medida que se forem colhendo informações****...*".

(*) Documento anulado

NÚMERO MÍNIMO DE SONDAGENS			
PROJECÇÃO HORIZONTAL DA ÁREA DE CONSTRUÇÃO			
Até 200m^2	De 200 a 400 m^2	De 400 a 2400 m^2	Acima de 2400 m^2
2 furos de sondagem	3 furos de sondagem	3 furos de sondagem mais um furo adicional por cada 400m^2 excedendo os 400m^2	A definir para cada caso em particular
PROFUNDIDADE DAS SONDAGENS			
Até à obtenção de 3-4 ensaios consecutivos com N (SPT) ≥ 50 a 60 pancadas e no mínimo 4 a 5 metros abaixo da cota da última cave no caso de projeto de escavação e contenção periférica.			

Fonte: Recomendações na área da geotecnia (OE Jan. 2020)

[1]O seguinte afastamento entre pontos de investigação deve ser usado como orientação:

- Para edifícios altos e estruturas industriais, uma malha com pontos a uma distância de 15 m a 40 m;
- Para estruturas de grande área, uma malha com pontos a uma distância não superior a 60 m;
- Para estruturas lineares (estradas, caminhos-de-ferro, canais, oleodutos, diques, túneis, muros de contenção), um espaçamento de 20 m a 200 m;
- Para estruturas especiais (por exemplo: pontes, pilhas, fundações de máquinas), dois a seis pontos de investigação por fundação;
- Para barragens e represas/açudes, 25 m a 75 m de distância, ao longo de seções verticais.

[1] Recomendações na área da geotecnia – Especialização em Geotecnia (OE) – Janeiro 2020

EC7 - Eurocódigo 7 - estabelece que “para os estudos de caracterização geotécnica de obras da Categoria Geotécnica 2 aplica-se o seguinte:

Obras que cobrem uma grande área

Os pontos de prospeção podem ser dispostos segundo uma malha. A distância entre pontos deve normalmente situar-se entre os 20 e os 40 m.

Em terrenos uniformes os furos ou poços de sondagem podem ser parcialmente substituídos por ensaios de penetração ou sondagens geofísicas.

5. PROFUNDIDADE DA INVESTIGAÇÃO

A profundidade da prospeção é comandada pela zona do maciço que pode vir a ser afetada pela obra em termos de estado de tensão-deformação e de condições hidrogeológicas.

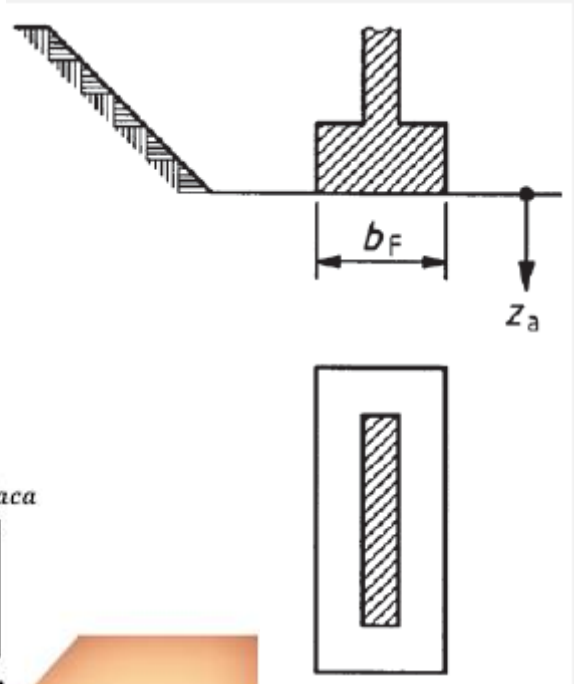
As sondagens deveriam ser conduzidas até profundidades onde o solo não seja significativamente solicitado pelas cargas estruturais, fixando-se como critério a profundidade para a qual o acréscimo de tensão no solo, devido às cargas estruturais aplicadas, seja inferior a 10% da tensão geostática efetiva.

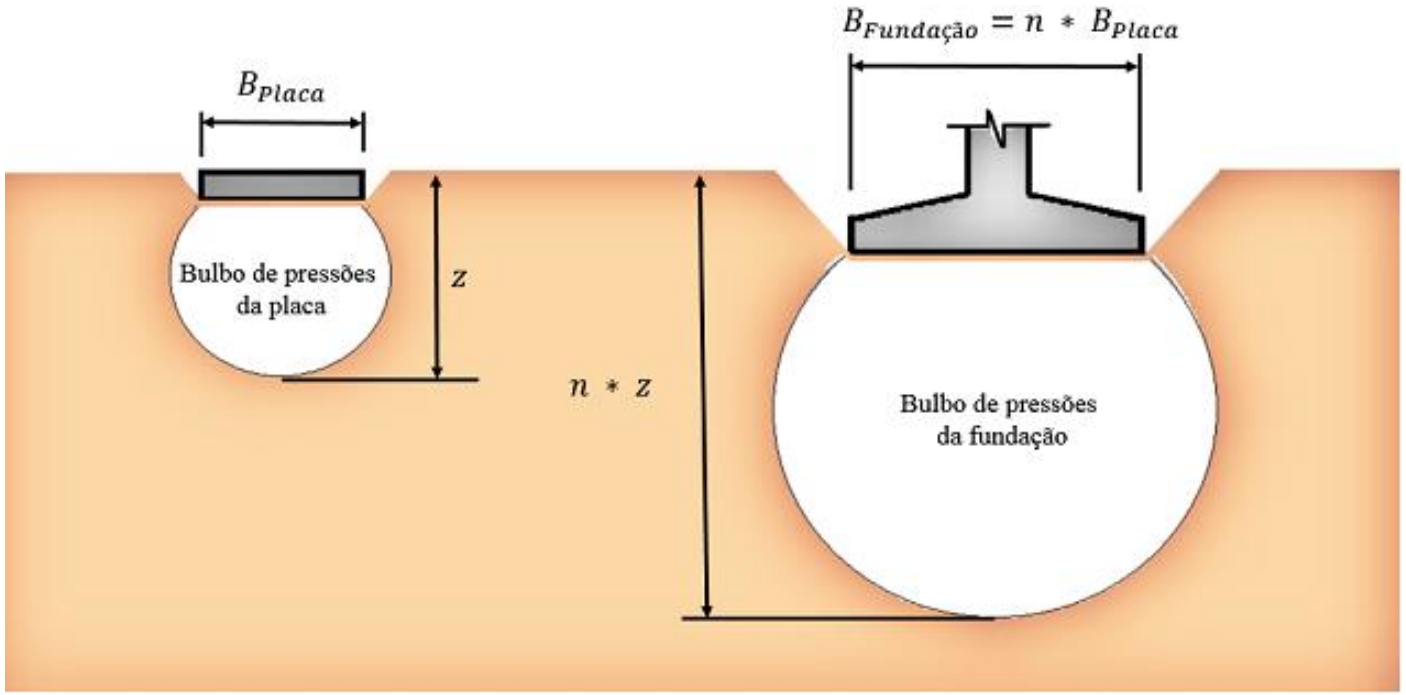
Para estruturas de grande altura e projetos de engenharia civil, deve ser aplicado o maior valor das seguintes condições:

$Z_a \geq 6$ m

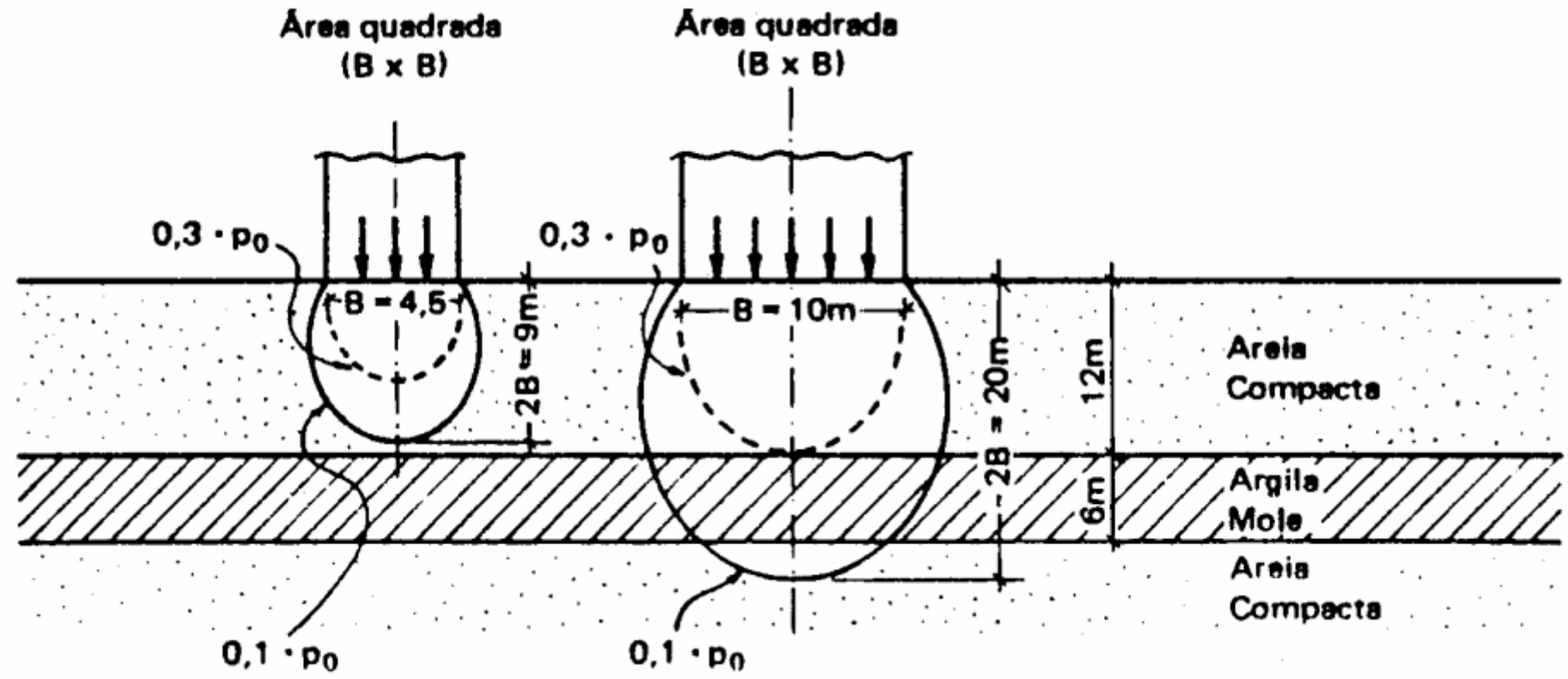
$Z_a \geq 3\ b_F$

onde b_F é o comprimento do menor lado da fundação.





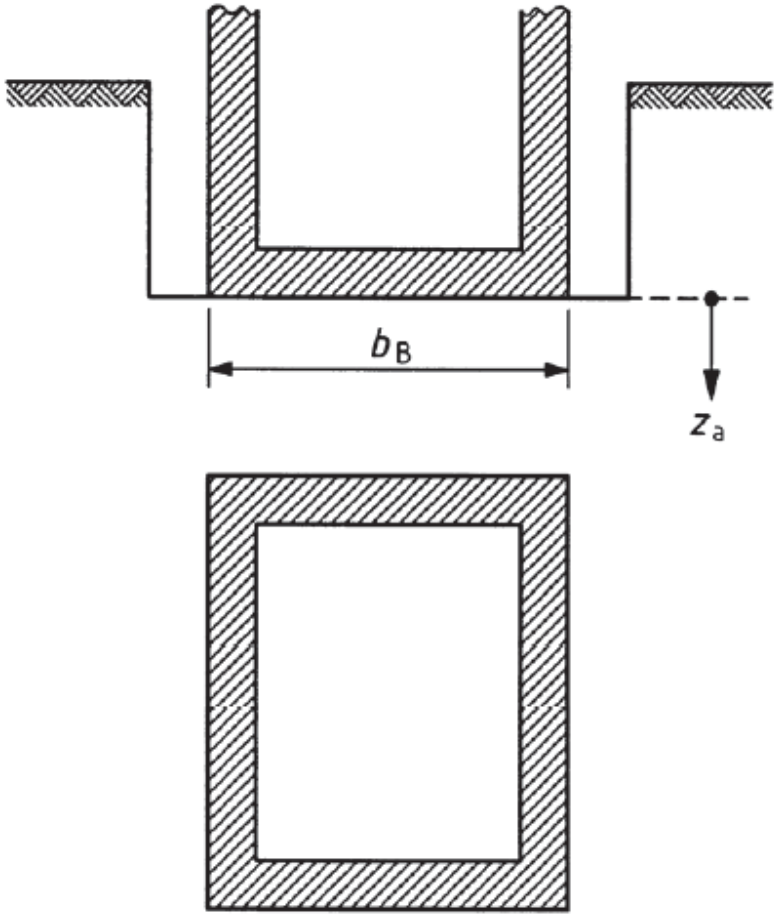
Fonte: Recomendações na área da geotecnia (OE Jan. 2020)


Área quadrada
(B x B)
Área quadrada
(B x B)
0,3 · p0
0,3 · p0
B = 4,5
B = 10m
2B = 9m
2B = 20m
12m
6m
Areia
Compacta
Argila
Mole
Areia
Compacta
0,1 · p0
0,1 · p0

Para fundações de ensoleiramento e estruturas com vários elementos de fundação cujos efeitos em camadas mais profundas são sobrepostos uns aos outros:

$Z_a \geq 1{,}5\ b_B$

onde b_B é o menor lado da fundação.



Fonte: Recomendações na área da geotecnia (OE Jan. 2020)

Aterros e Cortes

Terraplenos e cortes, deve ser utilizado o maior valor das seguintes condições:

Para Terraplenos:

$0{,}8\ h < Z_a < 1{,}2\ h$

$Z_a \geq 6$ m

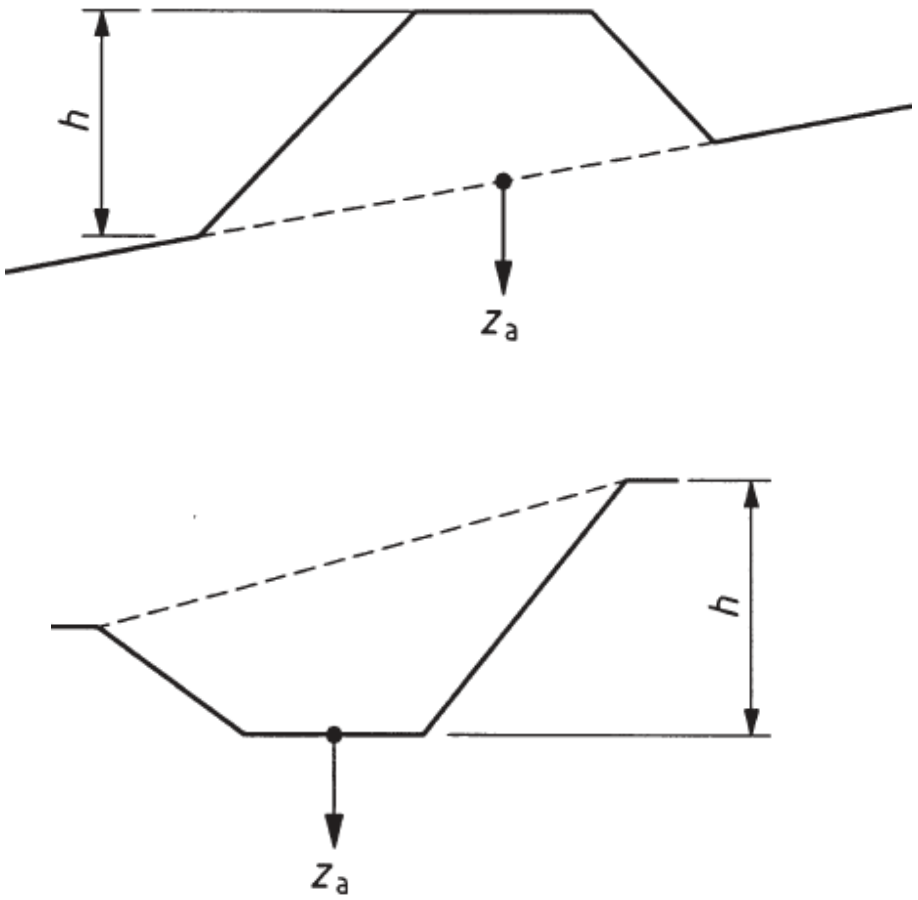
onde h é a altura do terrapleno.

Para Cortes:

$Z_a \geq 2$ m

$Z_a \geq 0{,}4\ h$

onde h é a altura do talude ou a profundidade do corte.



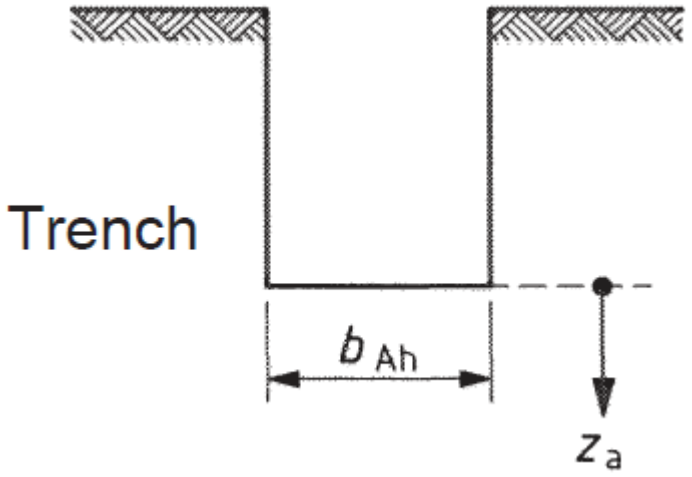
Fonte: Recomendações na área da geotecnia (OE Jan. 2020)

Estruturas lineares, do tipo vala, deve ser utilizado o maior valor das seguintes condições:

$Z_a \geq 2$ m abaixo do nível invertido

$Z_a \geq 1{,}5\ _{bAh}$

onde b_{Ah} é a largura da escavação.



Fonte: Recomendações na área da geotecnia (OE Jan. 2020)

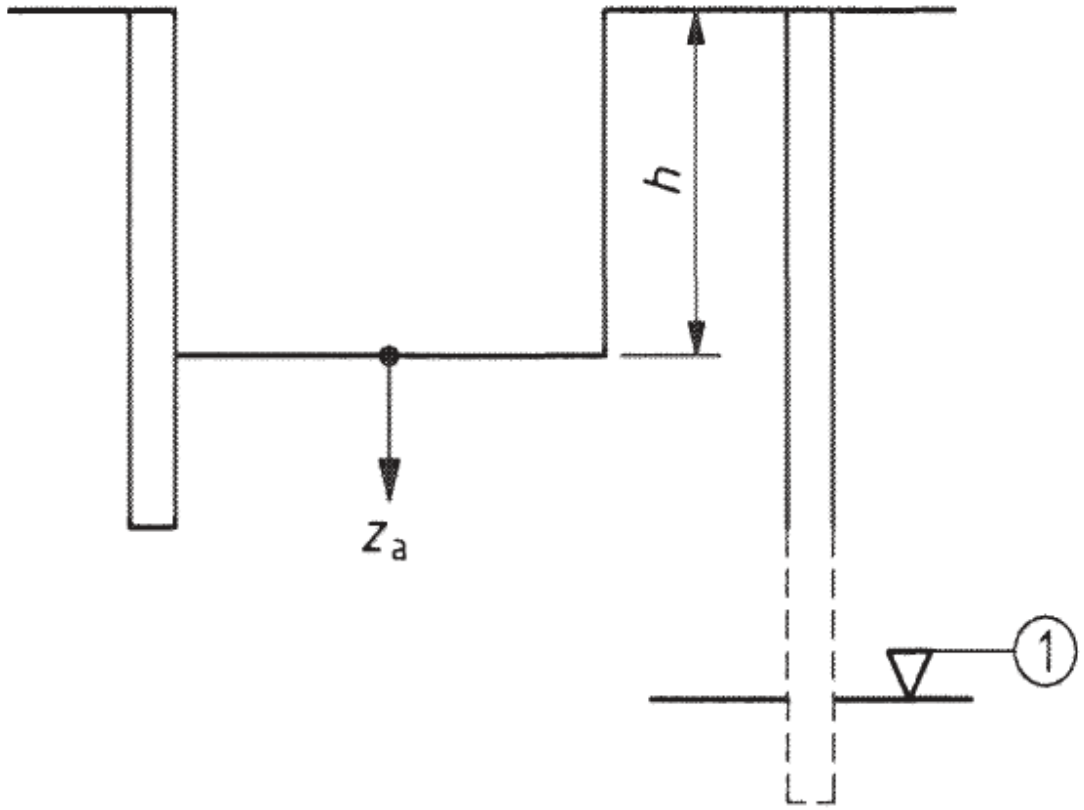
ESCAVAÇÕES

a) onde a superfície piezométrica e os níveis freáticos estão abaixo da base de escavação, deve ser atendido o maior valor das seguintes condições:

$Z_a \geq 0{,}4\ h$

$Z_a \geq (t + 2)\ m$

onde t é o comprimento de encastramento do suporte e h é a profundidade de escavação.



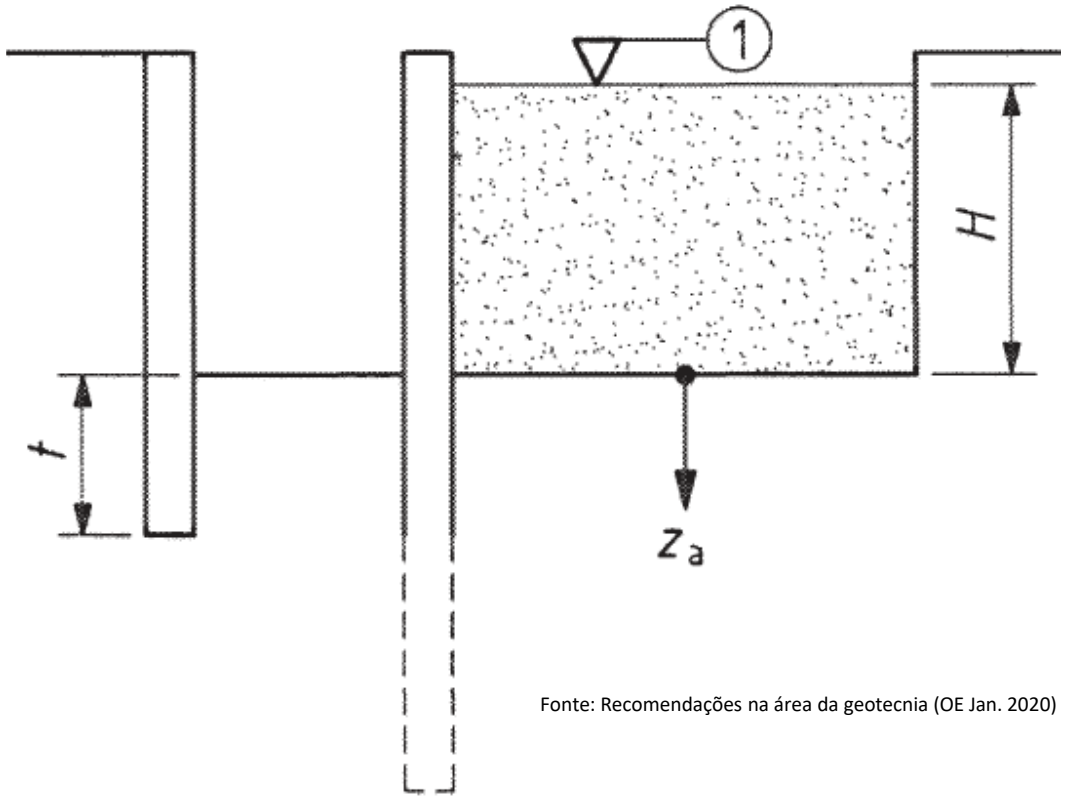
Fonte: Recomendações na área da geotecnia (OE Jan. 2020)

b) onde a superfície piezométrica e os níveis freáticos estão acima da base de escavação, deve ser atendido o maior valor das seguintes condições:

$Z_a \geq (H + 2)$ m

$Z_a \geq (t + 2)$ m

onde H é a altura do nível freático acima da base da escavação e t é o comprimento de encastramento do suporte.



Fonte: Recomendações na área da geotecnia (OE Jan. 2020)

ESTACAS

Devem ser atendidas as três condições seguintes:

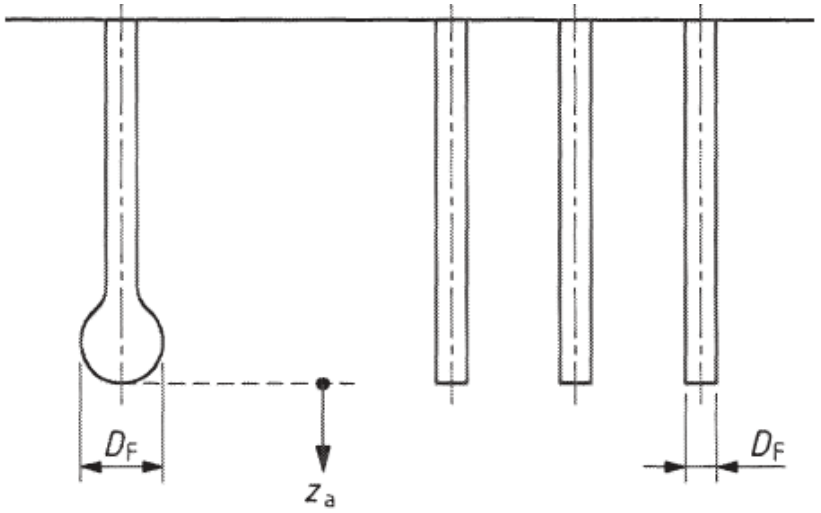
$Z_a \geq 1b_g$

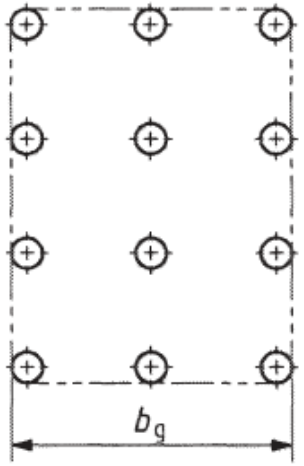
$Z_a \geq 5$ m

$Z_a \geq 3\ D_F$

D_F é o diâmetro da base da estaca;

b_g é o menor lado do retângulo circunscrevendo o grupo de estacas que forma a fundação ao nível da base da estaca.





Fonte: Recomendações na área da geotecnia (OE Jan. 2020)

Regulamentos Municipais

Funcionam como diretrizes dos requisitos necessários:

- para a aprovação de um PECP pelas entidades licenciadoras;
- para instalação de gruas;

https://portaldomunicipe.cm-porto.pt/pt/-/grua

https://portaldomunicipe.cm-porto.pt/pt/-/ocupa%C3%A7%C3%A3o-de-espa%C3%A7o-p%C3%BAblico-com-grua-ou-com-lan%C3%A7a-de-grua-1

Comunicação de início dos trabalhos de operações urbanísticas - Portal do Munícipe (cm-porto.pt)

MUITO OBRIGADO PELA ATENÇÃO

ciccopn formação profissional

LGMC Laboratório de Geotecnia e Materiais de Construção