



SUBSTITUIÇÃO DE MACIÇO DE CONDUTA
Santo André - Sines

PROJECTO DE FUNDAÇÕES E ESTRUTURAS

PROJECTO DE EXECUÇÃO

MEMÓRIA DESCRITIVA E JUSTIFICATIVA

fundações e estruturas /projecto de execução
Memória descritiva e justificativa

Índice

1	Introdução.....	1
2	Solução estrutural adoptada	3
3	Dimensionamento	4

1 Introdução

A presente memória refere-se ao projecto de execução de estabilidade relativo à substituição do maciço de apoio da conduta de abastecimento de água à zona industrial de Sines, localizada junto da povoação de Ermidas do Sado, no ponto de coordenadas (M,P) = (-23522, -185340), cujo Dono de Obra é a empresa Águas de Santo André, do grupo Águas de Portugal.

A zona de intervenção localiza-se junto ao maciço que dá apoio a uma conduta com 2m de diâmetro. Esta encontra-se apoiada em berços de betão armado com afastamentos de 12 m e em maciços de fundação a cada 300m (aproximadamente).

O maciço em estudo está implantado na margem de uma pequena linha de água, utilizada para escoamento de esgoto proveniente de uma ETAR localizada na sua vizinhança. A zona tem acentuado declive e apresenta uma espessa camada de aterro provavelmente para materialização de um caminho/circulação a montante do maciço, como comprova o relatório geotécnico que faz parte integrante deste projecto



Figura 1 – Localização do maciço e da ETAR

A implantação, que se crê à posteriori, de elementos de betão de grandes dimensões por baixo da base do maciço da conduta e que se prolongam até ao leito da linha de água indiciam alguma instabilidade do terreno. Esta é certamente potenciada pela existência da linha de água, que neste local apresenta uma queda de aproximadamente 2m, a qual em período de maior caudal terá vindo a causar erosão nos terrenos de jusante.

fundações e estruturas /projecto de execução
Memória descritiva e justificativa

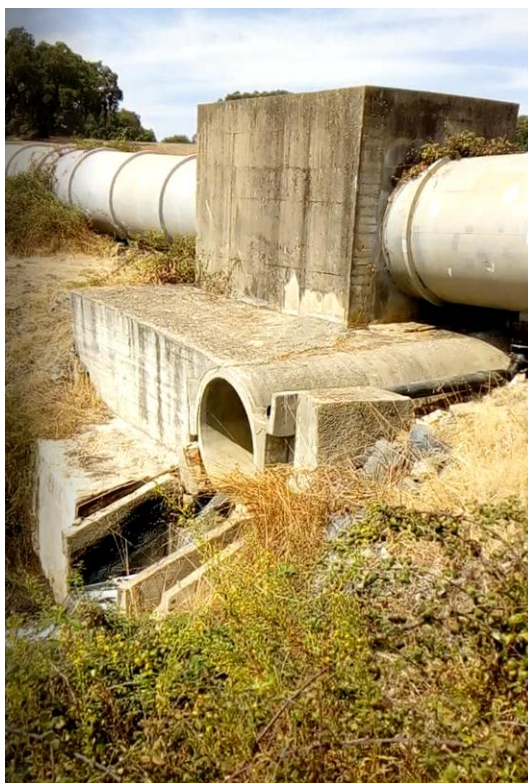


Figura 2 – Conduto, maciço de fundação e elementos anexos de betão da linha de água



Figura 3 – Anomalias nos elementos de betão subjacentes à fundação do maciço

2 Solução estrutural adoptada

O estado de deterioração do maciço existente e das suas condições de apoio inviabilizaram qualquer solução de reabilitação do mesmo. A solução estrutural adoptada passa pela construção de dois novos maciços a jusante e a montante do maciço existente. O apoio destes novos maciços será executado através de microestacas definitivas. Segundo os dados do relatório geotécnico não seria viável a execução de fundações directas pois o terreno adequado à sua implantação estará a profundidade não compatível com este tipo de fundações. Estes novos maciços estarão ligados por vigas de fundação que garantirão o equilíbrio do conjunto às acções horizontais. Sobre estes maciços serão executadas paredes que darão apoio à conduta existente.

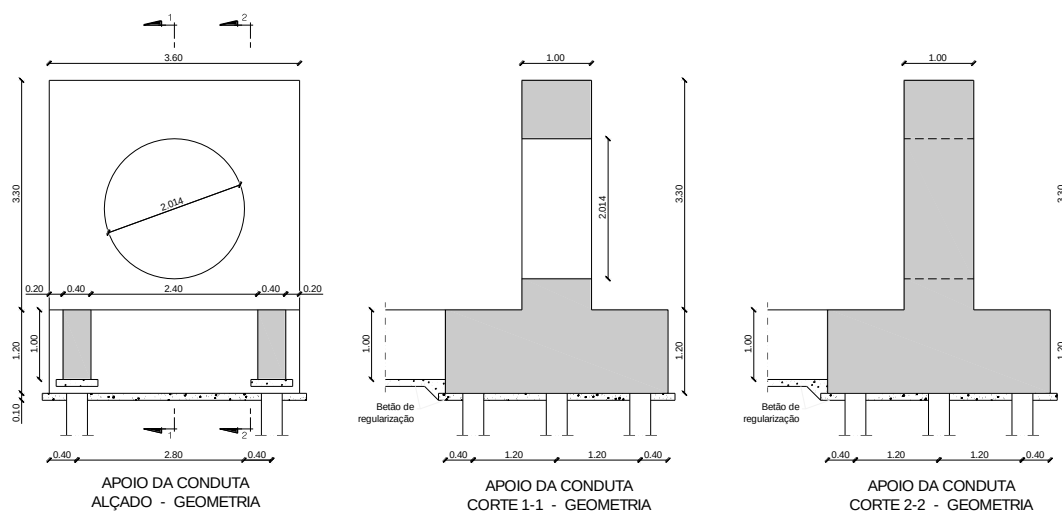


Figura 4 – Estrutura a construir para substituição do apoio da conduta em maciço existente

O empreiteiro deverá fazer um levantamento cuidadoso das condições existentes de forma a planear adequadamente o faseamento da obra. Chama-se a atenção de que a conduta que apoia no maciço a substituir constitui por si só um obstáculo à circulação e aos trabalhos a executar. Estes, nomeadamente os trabalhos de demolição, deverão ser realizados com as precauções necessárias para assegurar em qualquer caso a segurança da construção existente e dos trabalhadores.

O faseamento construtivo deverá garantir em qualquer momento a segurança das estruturas existentes e desenvolver-se-á pelas seguintes etapas.

- Preparação das plataformas de trabalho.
- Instalação das microestacas.

- Execução dos maciços onde deverão estar inseridas as armaduras de espera para as paredes que possibilitam o apoio da conduta e para as vigas de fundação.
- Soldadura a eixo da parede de apoio de cantoneira 80x80x8 para reforço da conduta. Execução de ancoragens materializadas por perfil L 80x80x8 soldadas à cantoneira anterior
- Demolição parcial do maciço existente para execução das vigas de fundação
- Execução das vigas de fundação
- Execução das paredes de apoio da conduta.
- Demolição do maciço existente até dessolidarização da conduta (deverá proceder-se ao corte das ancoragens existentes).
- Acabamentos

Este faseamento poderá necessitar de algumas adaptações em função das condições observadas in situ.

Deverão ser observadas as normas associadas à gestão ambiental.

3 Dimensionamento

O betão a aplicar na obra está de acordo com a norma NP EN 206-1 e a sua definição variará, consoante o elemento a que se refere, de acordo com o especificado nas peças desenhadas. Nestas peças caracterizam-se também o aço dos perfis laminados, das microestacas e das armaduras a utilizar nas peças de betão armado,

A solução estrutural, caracterizada no ponto 1.2, foi calculada tendo em conta a legislação Portuguesa em vigor (REBAP e RSAEEP) e Europeia (EC1, EC2, EC3 e EC7). Nos anexos que se seguem apresentam-se esses cálculos assim como o relatório geotécnico.

Porto, 8 de Dezembro de 2019

fundações e estruturas /projecto de execução
Memória descritiva e justificativa

ANEXO 1 - Cálculo da parede de apoio

Quantificação de acções

Apesar da nossa solicitação e dada a ausência de informação por parte do dono de obra, considerou-se que as estruturas de substituição do maciço deveriam ter a mesma capacidade resistente daquele, seja no que diz respeito às solicitações verticais, seja no que diz respeito às solicitações horizontais.

Assim foram quantificadas as seguintes acções actuantes no maciço existente:

$$\text{Peso de 12m de extensão da conduta: } \left(\frac{\pi \times 2,014^2}{4} - \frac{\pi \times 2^2}{4} \right) \times 78 \times 12 = 41,3 \text{ kN}$$

$$\text{Peso da água (secção cheia) em 12 m de extensão: } \frac{\pi \times 2^2}{4} \times 10 \times 12 = 377 \text{ kN}$$

$$\text{Peso do maciço existente: } \left[(3 \times 4,5 \times 4,5) - \frac{\pi \times 2,014^2}{4} \times 4,5 \right] \times 24 = 1114 \text{ kN}$$

$$\text{Carga vertical total a descarregar no maciço existente: } 41 + 377 + 1114 = 1532 \text{ kN}$$

$$M_{K,\text{total}} = 415 \times 1,5 = 622,5 \text{ kNm}$$

1,5 m – braço da força

$$M_{Ed,\text{total}} = 622,5 \times 1,5 = 933,75 \text{ kNm}$$

1,5 – factor de majoração

$$M_{Ed/m} = \frac{933,75}{3,6} = 260 \text{ kNm/m}$$

$$V_{K,\text{total}} = 415 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,\text{total}} = 415 \times 1,5 = 622,5 \text{ kN}$$

1,5 – factor de majoração

$$\text{Na secção lateral da conduta: } V_{Ed/m} = \frac{622,5}{1,6} = 390 \text{ kN/m}$$

fundações e estruturas /projecto de execução
Memória descritiva e justificativa

ANEXO 2 - Cálculo da fundação (maciço e micro-estacas)

Considerando um ângulo de atrito na base (δ) igual ao ângulo de atrito (ϕ) do solo ocorrente à cota de assentamento, ou seja, $\delta=\phi=27^\circ$, temos que a força máxima de resistência ao deslizamento do maciço atual é de: $1532 \times \tan(27^\circ) = 781 \text{ kN}$.

Admitindo esta força como sendo a força atuante de cálculo aplicada ao conjunto das microestacas/maciços/vigas de fundação de reforço, temos que a força de cálculo atuante por microestacas é de $V_{Ed} = 781 / 12 = 65 \text{ kN}$.

Com recurso a folhas de cálculo elaboradas pelo gabinete e devidamente testadas em situações similares, simulamos as microestacas como elementos em leito elástico, com apoio de encastramento (roletes) à cabeça, dotadas de molas elásto-plásticas que simulam a interação solo estrutura.

0 – 3m $\Rightarrow c' = 0 \text{ kPa}; \phi' = 25^\circ; \gamma = 16 \text{ kN/m}^3; E = 5 \text{ MPa}$

3 – 6m $\Rightarrow c' = 0 \text{ kPa}; \phi' = 15^\circ; \gamma = 16 \text{ kN/m}^3; E = 3 \text{ MPa}$

6 – 9m $\Rightarrow c' = 2,5 \text{ kPa}; \phi' = 33^\circ; \gamma = 19 \text{ kN/m}^3; E = 35 \text{ MPa}$

Prof. > 9m $\Rightarrow c' = 40 \text{ kPa}; \phi' = 27^\circ; \gamma = 20 \text{ kN/m}^3; E = 60 \text{ MPa}$

Considerou-se o nível freático estabelecido a 3m de profundidade.

De modo a ter em conta o período de vida útil de 100 anos e a presença de aterros não compactados não agressivos, admitiu-se uma espessura de sacrifício das microestacas de 2,2 mm, de acordo com a EN14199.

Micro 177.8x11 $\Rightarrow 173.4 \times 8.8$ (com uniões exteriores)

$E_{aço} = 200 \text{ GPa}$

$A_{aço} = 45.5 \text{ cm}^2$

$I_{aço} = 1545.5 \text{ cm}^4$

Calda $\phi 300$

$E_{calda} = 20 \text{ GPa}$

$A_{calda} = 661.3 \text{ cm}^2$

$I_{calda} = 38215.3 \text{ cm}^4$

Homogeneizando em aço, temos:

$E = 200 \text{ GPa}$

$A = 111.6 \text{ cm}^2$

$I = 5367.0 \text{ cm}^4$

De acordo com o cálculo efetuado, obteve-se um deslocamento à cabeça de 26 mm (Estado Limite Último), que se afigura aceitável, tendo-se efetuado as seguintes verificações de segurança:

$V_{Ed} = 65 \text{ kN} < 0.5 \times V_{pl,Rd}$, pelo que não é necessário ter em conta a interação corte/flexão.

$$M_{Ed} = 93,1 \text{ kNm} \Rightarrow \sigma_{Ed} = 522 \text{ MPa}$$

Considerando que no maciço mais solicitado teremos como cargas verticais atuantes:

p.p. de 9m de conduta cheia de água = 313 kN

p.p. novo maciço e berço de apoio = 563 kN

p.p. de 10.8m de vigas de fundação = 162 kN

Então, o valor de cálculo do esforço axial atuante em cada microestacas é de:

$$N_{Ed} = 1.35 \times (313 + 563 + 162) / 6 = 234 \text{ kN} \Rightarrow \sigma_{Ed} = 51 \text{ MPa}$$

Assim, considerando o dimensionamento à flexão composta das microestacas, temos que o valor de cálculo da tensão atuante é de $522 + 51 = 573 \text{ MPa} \cong 552 \text{ MPa}$, pelo que se pode considerar verificada a segurança da solução concebida.

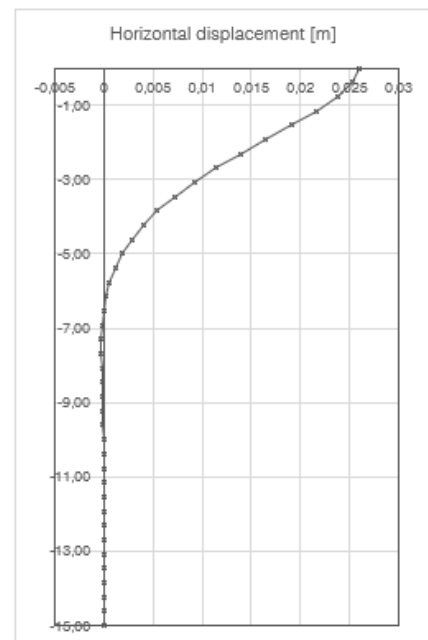
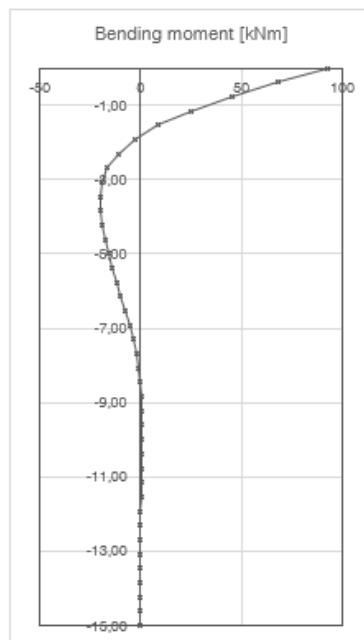
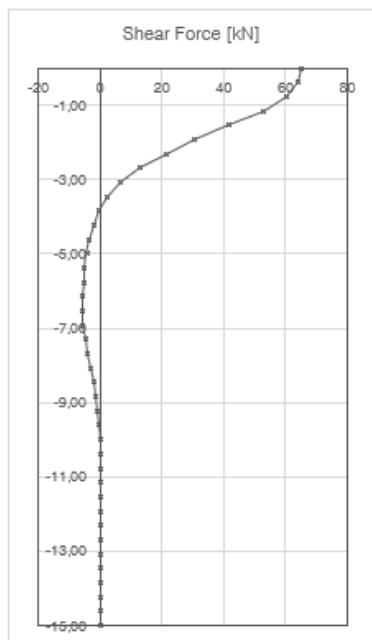
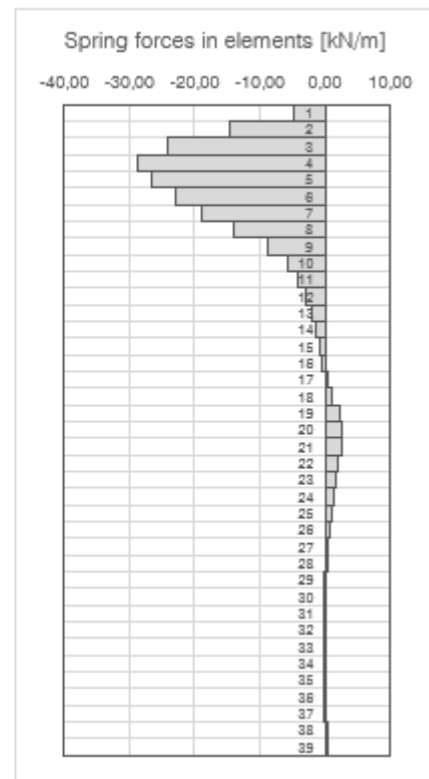
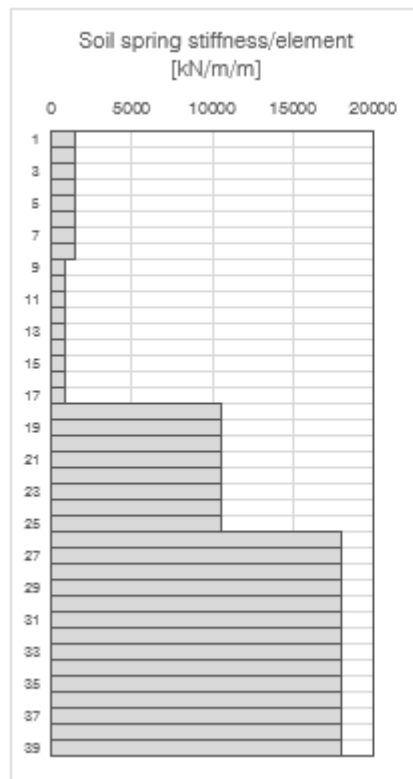
Note-se que apesar de se exceder ligeiramente o valor máximo da tensão de cedência do aço N80 (552 MPa), o cálculo supra efetuado é manifestamente conservativo, já que assume que o maciço atual foi dimensionado com um fator de segurança unitário ao deslize, situação que não se afigura como verosímil. Ou seja, existirá certamente um fator de segurança ao deslize no maciço existente, pelo que o valor de cálculo da força horizontal atuante à cabeça das microestacas será inferior ao considerado.

No que à resistência geotécnica diz respeito, considerando a abordagem de Bustamante e Doix, com uma abordagem conservativa, nomeadamente:

- expansão do bolbo, α , de 1,1;
- tensão última de contacto, em estratos com $SPT > 60$, τ , de 250 kPa,
e aplicando o fator de segurança regulamentar de 2, temos que o comprimento do bolbo de selagem das microestacas a ser efetuado com recurso a obturador duplo (I.R.S.) seria francamente reduzido, pelo que se adota o valor mínimo recomendável para este tipo de intervenções, ou seja, **6 metros**.

Apresentam-se de seguida os resultados obtidos sob a forma gráfica.

fundações e estruturas /projecto de execução
 Memória descritiva e justificativa



fundações e estruturas /projecto de execução
Memória descritiva e justificativa

fundações e estruturas /projecto de execução
Memória descritiva e justificativa

ANEXO 3 – Relatório geotécnico