

IMPORTÂNCIA DA UTILIZAÇÃO DE UMA CAMPANHA DE CARACTERIZAÇÃO COMPLEMENTAR NO PROJETO GEOTÉCNICO

IMPORTANCE OF USING AN ADDITIONAL CHARACTERIZATION CAMPAIGN IN GEOTECHNICAL DESIGN

Machado, António; *Geosonda-Sondagens Geotécnicas e Geofísicas Lda., Portugal, geosonda@geosonda.net*

Rodrigues, Carlos; *Instituto Politécnico da Guarda, Portugal, crod@ipg.pt*

RESUMO

A realização de campanhas de prospeção geotécnica complementares, que contemplem ensaios mais evoluídos, nomeadamente os ensaios com Dilatómetro de Marchetti (DMT), permite a definição rigorosa das condições geotécnicas *in situ*, e, em última análise, na otimização dos processos construtivos e na redução do custo final da obra. Neste trabalho apresenta-se um caso de obra, correspondente à Unidade de Cuidados Continuados e à Residência para Pessoas Idosas de Aveiro (Edifício BellaVida Aveiro, ESTIALIVING – Residência de Aveiro S.A.) onde se releva a importância da execução de ensaios complementares (DMT) na concretização de uma solução técnica do projeto de fundações mais favorável, tanto ao nível de execução como na redução de custos com as fundações da estrutura.

ABSTRACT

Performing of complementary geotechnical characterization campaigns that include more advanced tests, for example tests with Dilatometer Marchetti (DMT), allows more precise definition of the *in situ* geotechnical conditions, and, ultimately, the optimization of construction processes and reducing the final cost of the work. This paper presents a case of study, corresponding to the Care Unit Home of Aveiro (BellaVida Aveiro Building, ESTIALIVING – Residência de Aveiro SA) where he stresses the importance of undertaking further testing (DMT) in delivering a solution technical more favourable design foundations, both in terms of execution and reduce costs.

1 - INTRODUÇÃO

O edifício BellaVida Aveiro será uma unidade com duas valências independentes que pretende, por um lado, servir a população sénior do concelho de Aveiro e áreas limítrofes, através da sua Residência Assistida e, por outro lado, dar resposta à necessidade da população em geral, propondo uma Unidade de Cuidados Continuados Integrados (Figura 1).

O BellaVida Aveiro, de 4 pisos – cave (3.304,90 m²), piso 0 (3.065,00 m²), piso 1 (2.515,00 m²) e piso 2 (1.513,75 m²) – e volumetria de cerca de 4.350,00 m³, insere-se numa área de proteção especial dada a sua envolvente histórica pelo que existiu a preocupação, durante a sua conceção, de enquadrá-lo com as edificações envolventes.

No piso -1, onde existe um pátio central exterior, temos o parque de estacionamento, uma sala polivalente, ginásio, piscina, instalações sanitárias, vestiários, balneários do pessoal, armazéns, lavandaria, zona técnica, sala de cadáveres e capela. As duas entradas principais do edifício estão no piso 0 com os respetivos átrios e receção, salas de espera e atividades, áreas administrativas, gabinetes médicos e enfermagem, instalações sanitárias, cozinha e refeitório principal. Nos pisos restantes estão localizados os quartos (duplos e simples) e espaços de apoio como salas de atividades, banhos assistidos, salas de estar/copas, etc. No piso 2 localizar-se-á um terraço acessível com zonas de lazer e a possibilidade de realização de eventos ao ar livre. Na cobertura, não acessível, estão instalados os equipamentos de ar condicionado, ventilação e painéis solares térmicos.



Figura 1 – Aspeto do futuro edifício BellaVida Aveiro

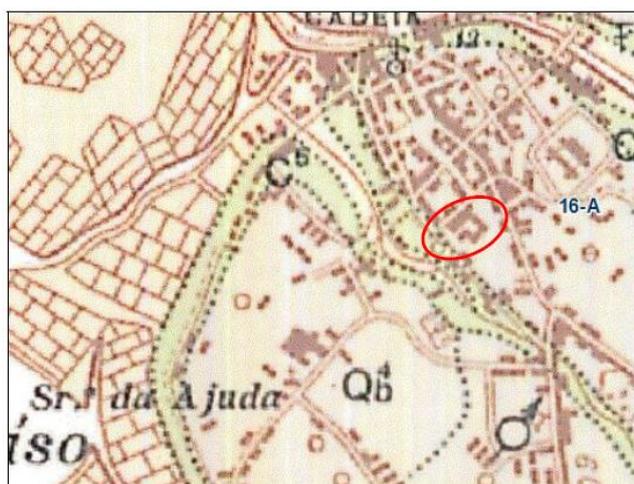
Com vista à implantação do edifício foram desenvolvidas duas campanhas de caracterização geotécnica. Na primeira campanha de caracterização geotécnica foi efetuado o levantamento da situação geológica do local de implantação, através da recolha de informação constante da carta geológica de Portugal, designadamente a sua Folha 16-A (Aveiro) e o levantamento de superfície das ocorrências geológicas. Nesta mesma campanha foram realizadas cinco sondagens mecânicas a trado oco com ensaios SPT e instalados dois piezómetros hidráulicos. Foram efetuadas análises químicas às águas recolhidas num dos tubos piezométricos.

Foi efetuada uma segunda campanha de caracterização geotécnica, que serviu para precisar o zonamento geotécnico estabelecido na primeira campanha e refinar a parametrização geotécnica das várias unidades geotécnicas estabelecidas. Esta campanha integrou a realização de seis ensaios com penetrómetro dinâmico superpesado (DPSH) e três ensaios com dilatómetro de Marchetti (DMT).

2 - CARACTERIZAÇÃO GEOLÓGICA DO LOCAL

A zona em intervenção enquadra-se na Carta Geológica de Portugal, Folha 16 – A (Aveiro) (Teixeira e Zbyszewski, 1976) e é caracterizada pela presença de depósitos de praias antigas e terraços fluviais do Plio-Plistocénico (Q^4_a), surgindo, em profundidade, as Argilas de Aveiro (C_5) do Cretácico (Figura 2).

Neste local a litoestratigrafia é representada por uma unidade superficial de silte ligeiramente arenoso do Holocénico, a que se seguem os depósitos do Plio-Plistocénico, constituídos, essencialmente, por areias finas ou grosseiras e cascalheiras com calhaus rolados. Esta unidade assenta sobre a formação Cretácica denominada “Argilas de Aveiro”, que compreende argilas maciças de cores esverdeadas e acinzentadas.



Legenda:

Q^4_a – Depósitos de praias antigas e terraços fluviais (Plio-Plistocénico).

C_5 – Argilas cinzentas e esverdeadas (Argilas de Aveiro) (Maestrichtiano – Senoniano (Cretácico)).

Figura 2 – Extrato da folha 16-A (Aveiro) da carta geológica de Portugal; escala 1:50000

3 - PRIMEIRA FASE DA CAMPANHA DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

A primeira campanha de caracterização geotécnica baseou-se fundamentalmente na execução de 5 sondagens mecânicas, cuja disposição é apresentada na Figura 3.

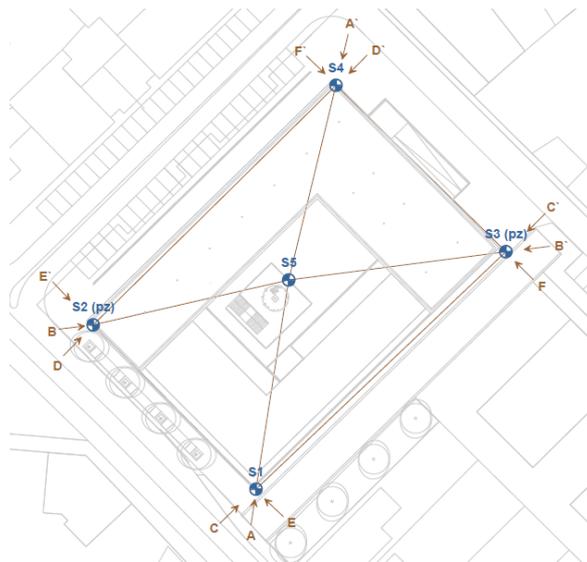


Figura 3 – Localização no terreno das sondagens mecânicas efetuadas

3.1. SONDAGENS MECÂNICAS A TRADO OCO COM ENSAIOS SPT

Os trabalhos de prospeção foram realizados com uma sonda da marca FLOWTEX FRANCE, equipada com trados ocios de 200 mm de diâmetro externo e 86 mm de diâmetro interno, por onde trabalha o amostrador de Terzaghi normalizado (Figura 4). Os ensaios SPT foram executados de acordo com a norma ASTM D1586-11 (2011), na execução teve-se ainda em consideração a norma EN ISO 22476-3 (2005).



Figura 4 – i) Equipamento utilizado nas sondagens mecânicas; ii) amostra recolhida no amostrador Terzaghi

No Quadro 1 é indicado, para cada sondagem, a referência, cotas de boca, profundidade e número de ensaios SPT.

Quadro 1 – Referência, cotas da boca, profundidade e número de ensaios SPT

Referência	Cota da boca (m)	Profundidade atingida (m)	Número de ensaios SPT
S1	12,9	7,5	5
S2 (pz)	12,8	7,5	5
S3 (pz)	12,8	7,5	5
S4	12,9	7,5	5
S5	12,9	10,5	7
TOTAL		40,5	27

3.2. INSTALAÇÃO DE PIEZÓMETROS E MEDIÇÃO DOS NÍVEIS FREÁTICOS

Nas sondagens S2(pz) e S3(pz), foram instalados piezômetros hidráulicos em PVC com diâmetro externo de 56,0 mm e interno de 47,2 mm. Os tubos foram roscados em segmentos de 2,0 m. Na zona filtrante o tubo foi crepinado de fábrica com ranhuras de 1,0 mm de espessura. A zona filtrante foi envolvida em

geotextil de 150 gr/m² para evitar a colmatagem das ranhuras. A boca dos piezômetros foi selada com tampa metálica para evitar infiltrações de águas superficiais.

No piezômetro da sondagem S2(pz), foi recolhida uma amostra de água para a caracterização química à agressividade ao betão. O Quadro 2 regista a profundidade e cota do nível freático, verificados, no final da instalação dos piezômetros e após 24 horas.

Quadro 2 – Profundidade e cota do nível freático nos piezômetros

Sondagem	Cota da boca (m)	Profundidade do NF (m)		Cota do NF (m)	
		Após conclusão	Após 24h	Após conclusão	Após 24 h
S2 (pz)	12,8	3,80	3,00	9,00	9,80
S3 (pz)	12,8	4,00	3,15	8,80	9,65

3.3. ANÁLISE QUÍMICA DE ÁGUA SUBTERRÂNEA

Com vista à caracterização da agressividade da água ao betão, efectuou-se a recolha de uma amostra de água no piezômetro instalado na sondagem S2 (pz). A análise química foi efectuada de acordo com a norma NP EN 206-1 (2007). O resumo dos resultados é apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Profundidade e cota do nível freático nos piezômetros

Parâmetro	Resultado
CO ₂ (mg/l)	5,0
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	83,5
Mg ²⁺ (mg/l)	43,0
NH ⁴⁺ (mg/l)	< 2,6
pH	7,65

Os resultados mostraram que a água analisada não apresenta qualquer agressividade ao betão.

3.4. ZONAMENTO E PARAMETRIZAÇÃO GEOTÉCNICA DA 1ª CAMPANHA

Da interpretação integrada dos ensaios SPT, conjuntamente com o levantamento geológico efectuado, foram consideradas 6 zonas geotécnicas cujo perfil tipo se apresenta na Figura 5.

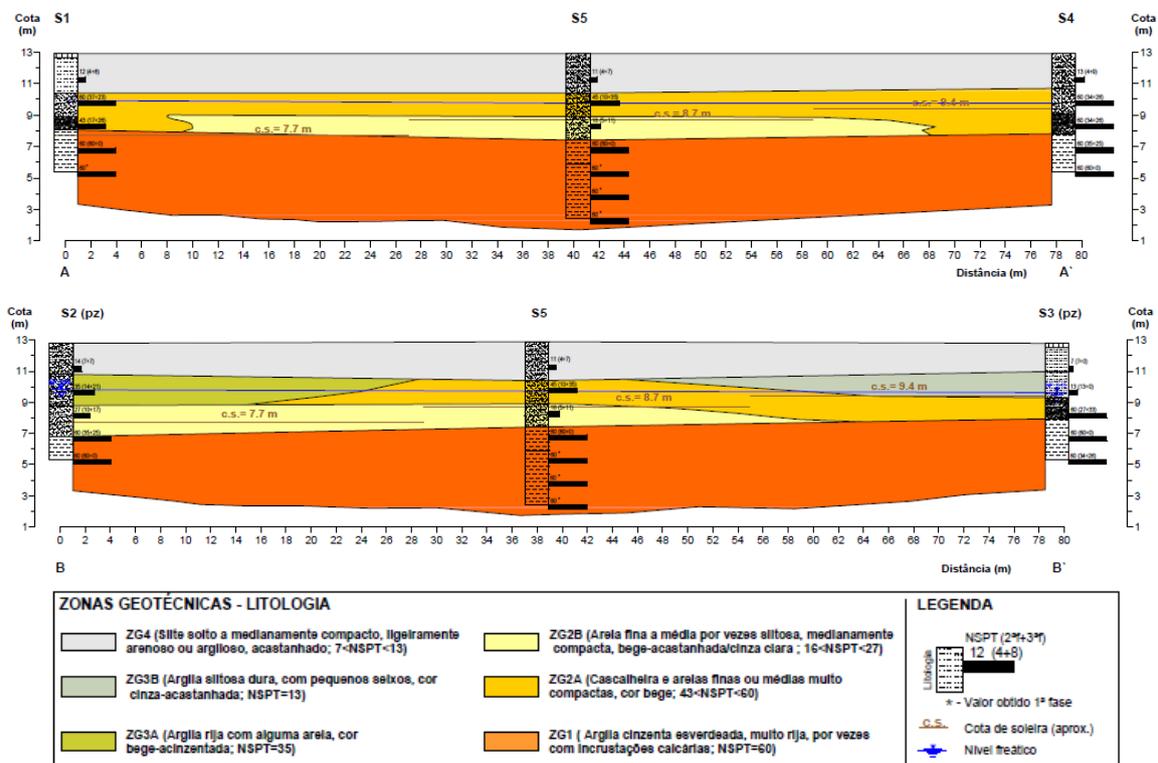


Figura 5 – Perfis geológico-geotécnicos do terreno de fundação, AA' e BB'

Recorrendo a correlações consagradas na bibliografia (Bowles, Schmertmann, Vesic), procedeu-se à parametrização geotécnica das diferentes zonas geotécnicas consideradas, cujos valores representativos constam do Quadro 4.

Quadro 4 – Zonamento e parametrização geotécnica proveniente da 1ª fase da campanha de prospeção geotécnica

ZONA	COMPLEXO	LITOLOGIA	N _{SPT}	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c _u (kPa)	E (MPa)
ZG4	Holocénico	Silte solto a medianamente compacto, ligeiramente arenoso ou argiloso, acastanhado	7-13	15-16	27-30	-	7-11
ZG3B	Plio-Plistocénico	Argila siltosa dura, com pequenos seixos, cor cinza acastanhada	13	18-19	-	70-80	10-12
ZG3A		Argila rija com alguma areia, cor bege acinzentada	35	19-20	-	200-220	20-25
ZG2B		Areia fina a média por vezes siltosa, medianamente compacta, cor bege acastanhada ou cinza clara	16-27	18-20	33-35	-	20-25
ZG2A		Cascalheira e areias finas ou médias muito compactas, cor bege	43-60	20-21	40-42	-	50-60
ZG1	Cretácico	Argila cinzenta esverdeada, muito rija, por vezes com incrustações calcárias	60	20-22	-	400-600	100-150

Refira-se que o projecto inicial contemplava três cotas de soleira (c.s.) diferentes para os vários patamares do edifício, as quais estão projectadas nos perfis geotécnicos da Figura 5, designadamente c.s.=7,7m, c.s.=8,7m e c.s.=9,4m. Nestas circunstâncias as zonas geotécnicas com as designações de ZG4, ZG3B e ZG3A, encontravam-se acima das cotas de implantação, ou no seu limite, pelo que não seriam solicitadas pelos elementos de fundação. Por outro lado, ocorria uma exigência por parte do cálculo estrutural de capacidade de carga da ordem dos 400 kN/m², a qual era perfeitamente atendida já que as zonas geotécnicas ZG2A e ZG1, surgiam, no máximo, a 1,5 m abaixo das cotas de implantação previstas, o que permitia a execução de fundações directas por sapatas, desde que se rebaixasse o nível freático.

Contudo, devido a alterações da arquitectura a cota de soleira passou para os 10,4m. Neste caso, os elementos de fundação passavam a interceptar as zonas geotécnicas ZG3B, ZG3A e ZG2A, para além de ficarem acima da ZG2B. A influencia da ZG2B no valor final da capacidade de carga criaria condicionantes ao nível de assentamentos não compatíveis com as condições de serviço dos elementos de fundação. Por esta razão foi considerada a hipótese de recorrer a poços de fundações com dois metros e meio de profundidade de modo a contornar o efeito das condições geotécnicas desfavoráveis das zonas ZG3B, ZG3A e ZG2B.

Foi efetuado um estudo de custo dos elementos de fundação, recorrendo como se disse à solução de poços de fundação, tendo-se chegado a um acréscimo de 49% relativamente ao valor inicialmente previsto para as fundações. Perante os factos foi decidido pelo dono da obra, projetista e equipa que elaborou o estudo de caracterização geotécnica, executar uma segunda campanha de caracterização geotécnica. Esta campanha teve por objectivos principais confirmar o modelo de zonamento geotécnico criado e avaliar a eventual ocorrência de heterogeneidade lateral e vertical nas zonas geotécnicas consideradas, o que deveria ser conseguido com a execução de ensaios DPSH, a distribuir pela área de intervenção. Para além disso, considerou-se a execução de ensaios DMT de modo a melhorar a qualidade da parametrização geotécnica, em especial em zonas geotécnicas de maior sensibilidade.

4 - SEGUNDA FASE DA CAMPANHA DE CARACTERIZAÇÃO GEOTÉCNICA

No zonamento geotécnico elaborado na primeira campanha de prospeção geotécnica foram definidas 6 zonas geotécnicas, determinadas segundo critérios litológicos e nos resultados dos ensaios SPT. A necessidade de se obter mais informação sobre o comportamento geotécnico das unidades anteriores, conduziu à proposta de execução de ensaios geotécnicos complementares, nomeadamente 6 ensaios de penetração dinâmica contínua (DPSH) e 3 ensaios com Dilatómetro de Marchetti (DMT). A localização destes pontos de ensaio encontra-se representada na Figura 6.

De referir que as profundidades dos ensaios desta segunda fase da campanha de caracterização geotécnica se referem à plataforma existente após escavação, e que estava sensivelmente à mesma cota da soleira do edifício (10,4m).

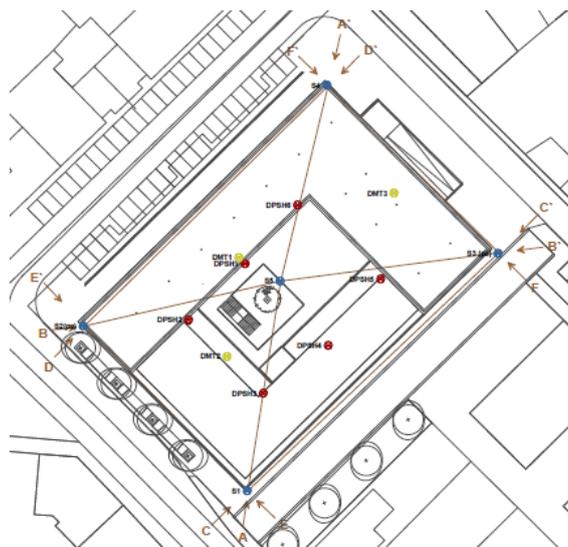


Figura 6 – Localização no terreno dos ensaios DPH e DMT efetuados

4.1. ENSAIOS COM PENETRÓMETRO DINÂMICO SUPER-PESADO (DPH)

Os resultados destes ensaios foram fundamentalmente utilizados para a avaliação qualitativa dos perfis do terreno e para comparação relativa com outros sondagens/ensaios in situ. Neste estudo utilizou-se um equipamento da marca TECOINSA, modelo PDP 3.13 G/N, mecanizado e de mobilização autónoma sobre rastos de borracha, contador electrónico de pancadas e sistema automático de queda do martelo (Figura 7). Os ensaios foram realizados de acordo com os procedimentos descritos pela International Organization for Standardization, nomeadamente a EN ISO 22476-2 (2002).



Figura 7 – Equipamento utilizado na realização dos ensaios DPH

Os ensaios DPH confirmaram o modelo geológico-geotécnico proposto na primeira campanha de prospeção geotécnica, o que permitiu elaborar blocos-diagrama, como o que se representa na Figura 8, relativo à variação espacial da resistência dinâmica de ponta (q_d).

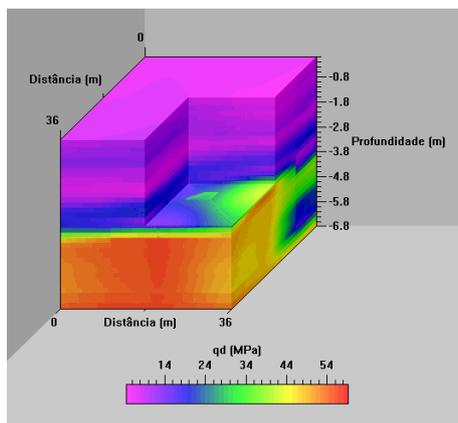


Figura 8 – Bloco-diagrama da variação espacial da resistência dinâmica de ponta

4.2. ENSAIOS COM DILATÓMETRO DE MARCHETTI (DMT)

Na área de estudo realizaram-se 3 ensaios DMT. Os ensaios foram efetuados em conformidade com o regulado no Eurocódigo 7, Parte 3 a que lhe corresponde a norma ISO/TS 22476-11 (2005), Geotechnical Investigation and Testing — Field testing — Part 11: Flat Dilatometer Test; foi ainda tida em consideração a norma ASTM -D18.02.10 (1986); (Figura 9).



Figura 9 – Equipamento utilizado na execução dos ensaios DMT

Os ensaios DMT1 e DMT2 iniciaram-se pela interseção de uma camada arenosa com seixos de grande dimensão, correspondente aos depósitos de praias antigas e terraços fluviais do Plio-Plistocénico, o que condicionou o decorrer dos trabalhos. No ensaio DMT3 não ocorreram problemas de cravação da lâmina DMT.

No ensaio DMT1 foi executada uma primeira medição a 0,4 m de profundidade, nas areias Plio-Quaternárias, tendo-se observado a impossibilidade de continuar a penetrar a lâmina DMT por esta interseção de seixos de grande dimensão. Por esse facto, foi decidido retirar o dilatómetro e efetuar uma pré-furação com trado helicoidal de 100 mm de diâmetro até se ultrapassar esta camada, o que foi conseguido aos 1,2 m de profundidade. De seguida foi retirado o trem de trados e preenchida a cavidade com material granular fino, de forma a minimizar a encurvadura das varas na cravação subsequente da lâmina DMT. Foram contudo efetuadas medições, sempre que possível, até se atingir a profundidade de 1,4 m correspondente ao material intacto, e daí até ao final do ensaio que aconteceu aos 2,4 m de profundidade, onde foram interseccionadas as argilas sobreconsolidadas de Aveiro.

No ensaio DMT2 foram executadas medições até 1,2 m de profundidade, na camada arenosa do Plio-Plistocénico. Contudo, a 1,4 m de profundidade a presença de seixos de grande dimensão ocasionaram a rotura da membrana. Por esse facto foi decidido retirar o equipamento dilatométrico para substituir a membrana e efetuar uma pré-furação com trado helicoidal de 100 mm de diâmetro até se ultrapassar esta camada, o que foi conseguido aos 1,6 m de profundidade. De seguida foi retirado o trem de trados e preenchida a cavidade com material granular fino, de forma a impedir a minimizar posteriormente a encurvadura das varas na cravação da lâmina DMT. Foi o dilatómetro cravado diretamente até aos 1,6 m de profundidade dando então continuidade ao ensaio até à sua conclusão, por volta dos 2,6 m de profundidade, já no interior da camada correspondente às argilas sobreconsolidadas de Aveiro.

O ensaio DMT3 decorreu normalmente até se atingir uma profundidade de 2,6 m. Neste ponto a elevada rigidez das argilas de Aveiro, impediu a penetrabilidade da lâmina DMT, o que determinou conclusão do ensaio.

Os valores das pressões P_0 e P_1 , bem como os índices dilatométricos foram determinados de acordo com Marchetti (1980) e Marchetti et al. (2001). Os resultados obtidos dos ensaios DMT, são apresentados sob a forma de perfis na Figura 10, onde se mostra a variação em profundidade das pressões de ensaio (p_0 e p_1). Na Figura 11 ilustra-se a evolução dos índices dilatométricos (I_D , E_D e K_D) dos três ensaios DMT1, DMT 2 e DMT3.

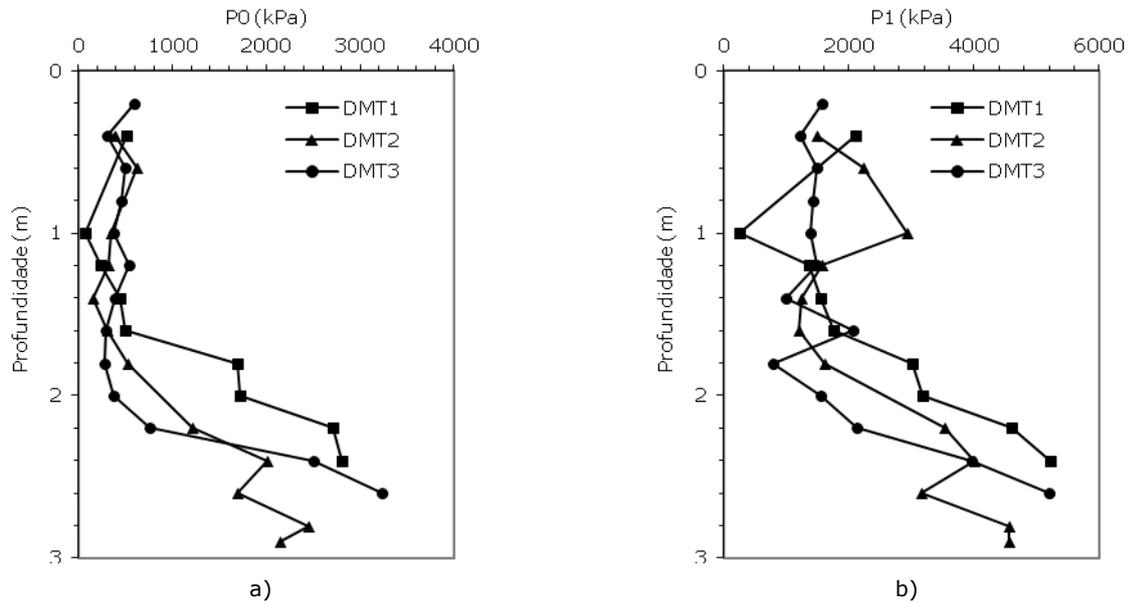


Figura 10 – Evolução dos parâmetros: a) P_0 ; b) P_1 , dos ensaios DMT

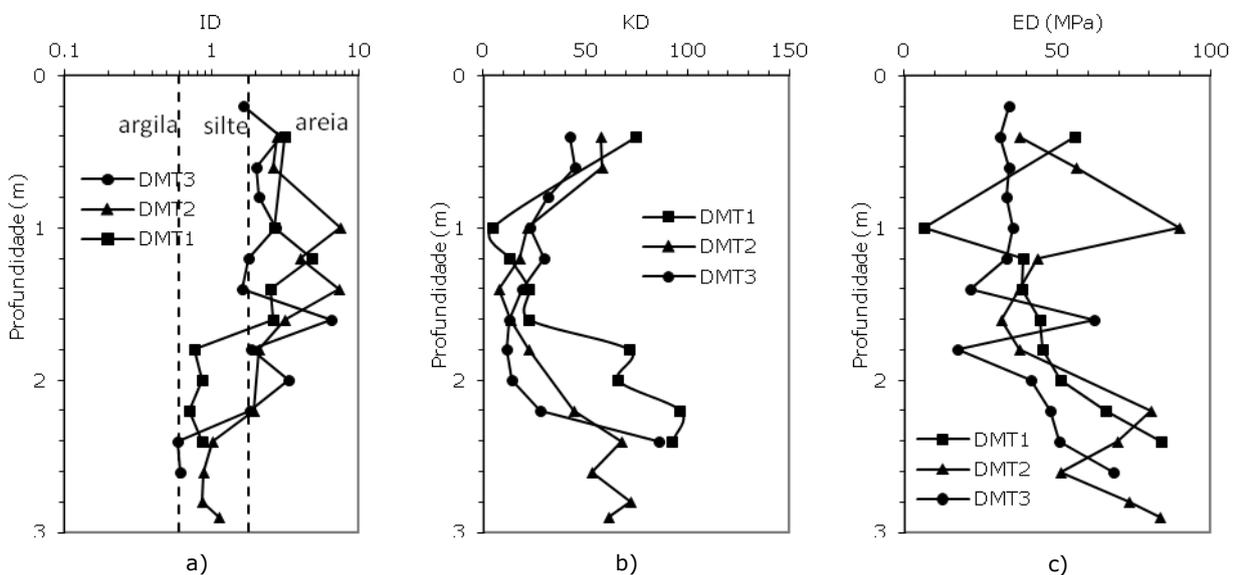


Figura 11 – Evolução dos parâmetros: a) I_D ; b) K_D ; c) E_D , dos ensaios DMT

4.3. ZONAMENTO E PARAMETRIZAÇÃO GEOTÉCNICA DA 2ª CAMPANHA

Os resultados obtidos dos ensaios executados na 2ª campanha de caracterização geotécnica permitiram reavaliar o conjunto dos parâmetros geotécnicos de cada uma das unidades consideradas. Os valores obtidos apresentam-se no Quadro 5.

Foi possível igualmente inscrever os resultados dos ensaios DPSH e DMT nos perfis geológico-geotécnicos interpretativos da estrutura geotécnica do maciço de fundação, de cuja Figura 11 é exemplo.

Quadro 5 – Zonamento e parametrização geotécnica proveniente da 2ª fase da campanha de prospeção geotécnica

ZONA	COMPLEXO	LITOLOGIA	γ (kN/m ³)	ϕ' (°)	c_u (kPa)	E (MPa)
ZG4	Holocénico	Silte solto a medianamente compacto, ligeiramente arenoso ou argiloso, acastanhado	REMOVIDA PELA ESCAVAÇÃO			
ZG3B	Plio-Plistocénico	Argila siltosa dura, com pequenos seixos, cor cinza acastanhada	REMOVIDA PELA ESCAVAÇÃO			
ZG3A		Argila rija com alguma areia, cor bege acinzentada	19-20	-	200-220	20-25
ZG2B		Areia fina a média por vezes siltosa, medianamente compacta, cor bege acastanhada ou cinza clara	18-19	40-44	-	25-30
ZG2A		Cascalheira e areias finas ou médias muito compactas, cor bege	20-21	41-44	-	40-70
ZG1	Cretácico	Argila cinzenta esverdeada, muito rija, por vezes com incrustações calcárias	20-21	-	360-580	150-200

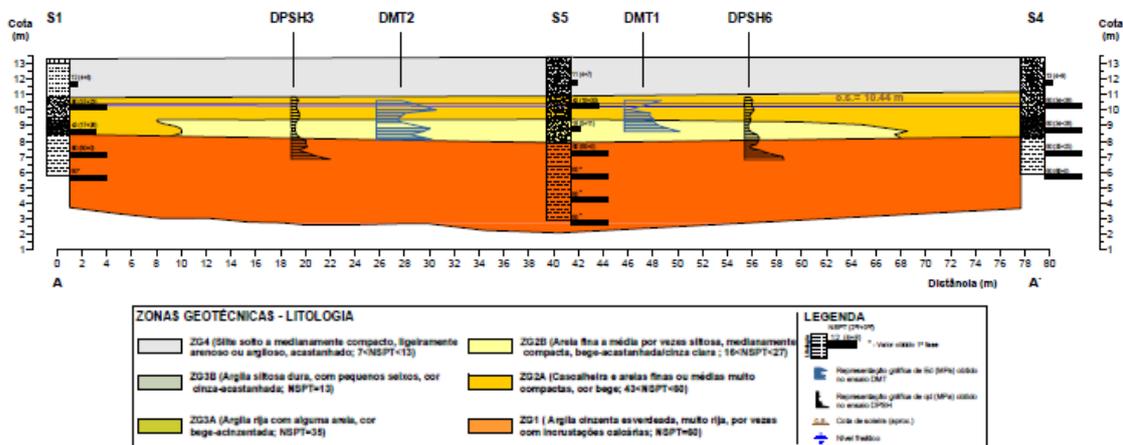


Figura 11 – Perfil geológico-geotécnico AA' interpretativo do terreno de fundação

A confirmação do zonamento efetuado e a reavaliação da correspondente parametrização, das diferentes unidades geotécnicas, permitiu efetuar uma avaliação aos estados limites últimos correspondentes à estabilidade relativamente às ações verticais, tendo-se verificado que a capacidade de carga, para os vários elementos de fundação previstos, atingia um valor de referência da ordem dos 400 kPa.

Procedeu-se igualmente à avaliação dos estados limites de utilização, tendo-se chegado a níveis de assentamento para os diferentes elementos de fundação, constantes do Quadro 6. A avaliação (estimativa), dos assentamentos foi efectuada considerando assentamentos elásticos (imediatos) nas formações de carácter essencialmente arenoso e por consolidação nas camadas argilosas.

Quadro 6 – Nível de assentamentos previstos para os diferentes elementos de fundação direta

Geometria (m)	Tensão na base da fundação (kN/m ²)	Assentamento (mm)
2,0x2,0	400	17,2
2,2x2,2	400	18,5
2,4x2,4	400	19,7
3,1x3,1	400	23,6
3,65x3,65	375	24,6
3,85x4,55	331	23,9
4,15x2,2	400	22,4
4,95x5,1	301	24,8
5,2x4,65	310	24,8

Os novos resultados encontrados permitiram propor uma alteração à tipologia de fundação estabelecida na primeira fase da campanha de prospeção geotécnica, a qual correspondia à utilização de poços de fundação de dois metros de profundidade. A segunda campanha de prospeção geotécnica mostrou que

era possível recorrer a fundação direta, por sapata isolada, a qual poderia repousar diretamente na unidade geotécnica ZG3A (Figura 12).



Figura 12 – Imagem esquemática dos elementos de fundação do Edifício BellaVida Aveiro

5 - CONCLUSÕES

A definição da tipologia de fundações do Edifício BellaVida Aveiro foi inicialmente baseada no desenvolvimento de uma primeira campanha de prospeção geotécnica, a qual integra basicamente o levantamento geológico do local e o desenvolvimento de sondagens mecânicas com ensaios SPT. Nesta primeira fase preconizava-se a fundação do edifício por poços de fundação com 2,5m de profundidade. Foi executada uma segunda campanha de caracterização geotécnica que integrou a execução de ensaios com penetrómetro dinâmico super-pesado (DPSH) para investigar a homogeneidade lateral e vertical das unidades geotécnicas consideradas e a execução de ensaios com dilatómetro de Marchetti (DMT) para melhorar a parametrização geotécnica das unidades consideradas na primeira fase. Foi efetuada uma análise de custos para a nova solução, a qual resultou da redefinição da parametrização geotécnica das unidades consideradas para o maciço de fundação, obtendo-se uma redução de 49% do custo em relação à solução de fundações por poços. Considerando que o custo com a prospeção geotécnica complementar foi de 1% do valor inicial previsto, obteve-se uma redução efetiva de 48% no do custo total envolvido na construção dos elementos de fundação.

AGRADECIMENTOS

Os autores pretendem apresentar o seu agradecimento ao dono da obra, BellaVida – Residências Assistidas e Unidades de Saúde de Aveiro a permissão da publicação dos dados apresentados, bem como ao Eng. Nuno Sá pelo contributo à elaboração do presente trabalho.

REFERÊNCIAS

- ASTM D 1586-11 (2011). "Standard Test Method for Standard Penetration Test (SPT) and Split-Barrel Sampling of Soils". The American Society for Testing and Materials.
- ASTM – Sub-Committee D18.02.10 (1986). "Suggested method for performing the Flat Dilatometer Test". Geotechnical Testing Journal, GT-JODJ, Vol. 9, Nº 2, pp. 93-101.
- EN ISO 22476-2 (2002) - Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 2: Dynamic probing.
- EN ISO 22476-3 (2005) - Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 3: Standard penetration test.
- Marchetti S. (1980). In situ Tests by Flat Dilatometer. ASCE; Jnl of GED, Vol. 106, Nº GT3, pp 299-321
- Marchetti S.; Monaco P.; Totani G. and Calabrese M. (2001). The Flat Dilatometer Test (DMT) in soil investigations. Report of the ISSMGE TC 16. 41pp. IN SITU 2001, Bali, Indonesia.
- NP EN 206-1 – Betão. Parte 1:Especificação. Desempenho, produção e conformidade. IPQ: Instituto Português da Qualidade, 2007.
- Teixeira, C., Zbyszewski, G. (1976). Carta Geológica de Portugal, na escala 1/50000. Folha 16-A (Aveiro). Serviços Geológicos de Portugal, Lisboa.