

## ASPECTOS GEOTÉCNICOS DO PROLONGAMENTO DO CAIS DE GRANÉIS SÓLIDOS DO PORTO DA FIGUEIRA DA FOZ

A.M.G. Santos Ferreira

IPTM, Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos  
Rua General Gomes Araújo, Ed. Vasco da Gama. Alcântara-Mar, 1399-005 Lisboa  
[asf1954@netcabo.pt](mailto:asf1954@netcabo.pt)

J. Leal

IPTM, Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos  
Rua General Gomes Araújo, Ed. Vasco da Gama. Alcântara-Mar, 1399-005 Lisboa  
[jose.leal@imarpor.pt](mailto:jose.leal@imarpor.pt)

C. Santos

USCP, Lda  
Rua Manuel Marques, 7, RC-Esq, 1750 Lisboa  
[csns.mail@gmail.com](mailto:csns.mail@gmail.com)

E. Dias

IPTM, Instituto Portuário e dos Transportes Marítimos  
Rua General Gomes Araújo, Ed. Vasco da Gama. Alcântara-Mar, 1399-005 Lisboa  
[elisabete.dias@imarpor.pt](mailto:elisabete.dias@imarpor.pt)

**RESUMO:** A geologia ocorrente na área do porto da Figueira da Foz caracteriza-se pela existência de camadas calcárias sub-horizontais, ligeiramente mergulhantes para sul, subjacentes a um estrato arenoso de espessura variável.

A solução estrutural adoptada para o prolongamento do Cais de Granéis Sólidos, estrutura porticada fundada em estacaria de betão armado, poderia ser afectada na real execução do seu encastramento no maciço de fundação, pela existência conhecida de carsificação nos calcários.

No presente artigo apresenta-se o estudo geotécnico efectuado e a interpretação dos elementos existentes que basearam a estimativa do comprimento de encastramento a considerar. Compara-se o valor previsto com o comprimento real em obra, e afere-se da adequação dos pressupostos considerados.

## 1 INTRODUÇÃO

Os trabalhos de ampliação do Terminal de Granéis Sólidos do Porto de Figueira da Foz visaram a criação de mais um troço acostável de cerca de 240m de extensão. Este troço permitirá a exploração deste cais como complemento do Cais de Carga Geral, racionalizando e rentabilizando a exploração futura do acesso ferroviário.

Esta estrutura integra-se no Plano de Arranjo e Expansão do Porto da Figueira da Foz, situando-se na margem direita do rio Mondego, imediatamente a jusante da ponte rodoviária e do Cais de Granéis Sólidos, e a montante do Cais Comercial, tal como representado na Figura 1 abaixo.



Figura 1 – Porto da Figueira da Foz. Zona de construção do prolongamento do Cais de Granéis

Na Tabela 1 resumem-se as principais características deste novo cais, e das intervenções a que obrigou.

Tabela 1 - Principais características do Cais de Granéis Sólidos.

<b>Trabalhos realizados – prolongamento do Cais de Granéis Sólidos</b>	
Plataforma acostável – estrutura executada com 7 módulos de 30m (210,0 m)	
Dragagens de manutenção na frente da Plataforma	Cota -8,00 Z.H. (12600 m <sup>2</sup> )
	Cota -6,00 Z.H. (5880 m <sup>2</sup> )
Plataforma acostável com 1 módulo especial para fecho da nova estrutura com o antigo Cais Comercial, na zona da ribeira (30,7 m)	

A solução adoptada foi fortemente condicionada pela necessidade de a compatibilizar com a estrutura existente no Cais de Granéis Sólidos, de que este é o prolongamento natural, e com o qual a sua exploração poderá ser interligada, Figura 2.

De acordo com o conhecimento obtido na construção da 1ª fase, em que ocorreu algum aumento de custos devido à carsificação do maciço calcário, pretendeu-se, nesta nova fase, interpretar mais aprofundadamente a informação disponível, de modo a minimizar os eventuais acréscimos de comprimento das estacas, em consequência da necessidade de, considerando aquela realidade, garantir o seu encastramento, no comprimento definido, em maciço são.



Figura 2 – Porto da Figueira da Foz. Zona de construção do prolongamento do Cais de Granéis Sólidos. Em primeiro plano vê-se o Cais de Granéis Sólidos; ao fundo o Cais Comercial.

## 2 ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO LOCAL

O Porto da Figueira da Foz é bem conhecido do ponto de vista geotécnico, devido aos estudos geológico-geotécnicos realizados no âmbito da execução das várias estruturas e obras locais.

Com base em conhecimentos prévios, em termos geológicos, tem-se que a zona do Cais de Granéis Sólidos está localizada num maciço relativamente homogéneo. Contudo, todas as formações apresentam variabilidade lateral e vertical, pelo que, além da recolha e análise de elementos bibliográficos e cartográficos, foi desenvolvida uma campanha de prospecção geotécnica para suportar o projecto.

### 2.1 GEOLOGIA

Na área em estudo, de acordo com a Carta Geológica de Portugal, Folha 19-C - Figueira da Foz, na escala 1:50.000 (Manuppella et al, 1976), e da respectiva Notícia Explicativa (Rocha et al, 1981), são reconhecidas duas unidades: aluviões (a) do Moderno e Calcários do Turoniano ( $C^{2-3}$ ) datados do Cretácico.

As unidades aluvionares (a) correspondem a formações fluvio-marinhas, de espessura variável, constituídas por areias de grão médio a grosseiro, cinzentas ou amareladas, com conchas, areão e calhaus. Nas camadas de base ocorrem areias finas a médias, lodosas, cinzentas, às vezes acastanhadas ou amareladas, com conchas e areão. Subjacentemente, identificam-se as unidades cretácicas ( $C^{2-3}$ ), constituídas por calcários maciçosossilíferos, cristalinos e semi-cristalinos, por vezes, siliciosos brancos ou rosados mas, também, amarelados. De referir que os calcários apresentam, em geral, fracturas vertical e carsificação com preenchimento argiloso, Figura 3.

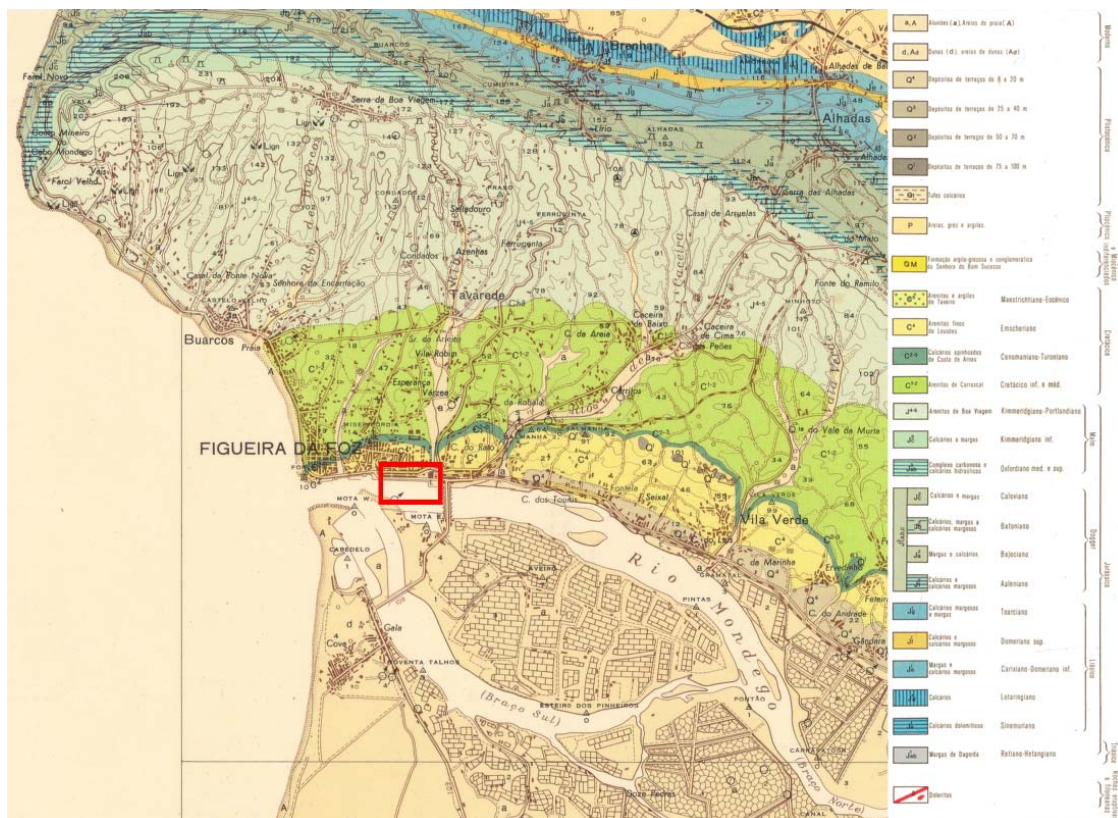


Figura 3 – Infografia com o excerto da Carta Geológica de Portugal - Folha 19-C - Figueira da Foz, dos Serviços Geológicos de Portugal.

## 2.2 GEOTECNIA

A caracterização geotécnica da zona em estudo foi realizada com base em estudos geológico-geotécnicos de obras anteriores, desenvolvidas na envolvente do Cais de Granéis Sólidos, bem como, nos estudos para a construção das plataformas dos terraplenos.

O reconhecimento geológico-geotécnico teve como objectivo a identificação das características mecânicas das formações interessadas, assim como a definição da cota do "firme" geotécnico ou "bed-rock", visando o dimensionamento da solução estrutural projectada, nomeadamente, de fundações indirectas tipo "estaca" encastradas no maciço calcário. De acordo com os resultados foi, assim, aferida a profundidade expectável das estacas e, conseqüentemente, o comprimento total das estacas e o comprimento mínimo de encastramento no maciço rochoso das estacas a executar.

### 2.2.1 Tipos e quantidades de trabalhos realizados

Com base na análise de elementos relativos às características geológicas e geotécnicas da região, enquadrada num reconhecimento de campo preliminar, foi planeada uma campanha de prospecção geológico-geotécnica específica do Cais de Granéis Sólidos, que incluiu a realização dos seguintes tipos e quantidades de trabalho (IPTM, 2004):

- 14 sondagens mecânicas à percussão-rotação, realizadas em plataforma flutuante, atingindo profundidades, referenciadas ao Z.H. - Zero hidrográfico, entre os 13,5 e os 20,5m;
- 14 ensaios de penetração dinâmica, versão super-pesada (DPSH), realizados nos locais das sondagens acima referidos, em plataforma flutuante;

- 16 sondagens mecânicas, à rotação com amostragem contínua, realizadas sobre aterro hidráulico, que atingiram profundidades referidas à cota da boca do furo no topo do aterro da ordem dos 16,5m aos 20,0m;
- 16 ensaios de penetração dinâmica, versão super-pesada (DPSH), realizados sobre aterro hidráulico nos locais acima referidos;
- 272 ensaios de penetração dinâmica tipo SPT, realizados em todas as sondagens executadas, em intervalos de 1,5 metros.

### 2.2.2 Zonas Geotécnicas

O dispositivo geológico-geotécnico interessado pela campanha de sondagens permitiu identificar três Zonas Geotécnicas, individualizadas pela caracterização macroscópica da amostragem, pelos ensaios de penetração dinâmica tipo SPT e pela medição das percentagens de recuperação e RQD.

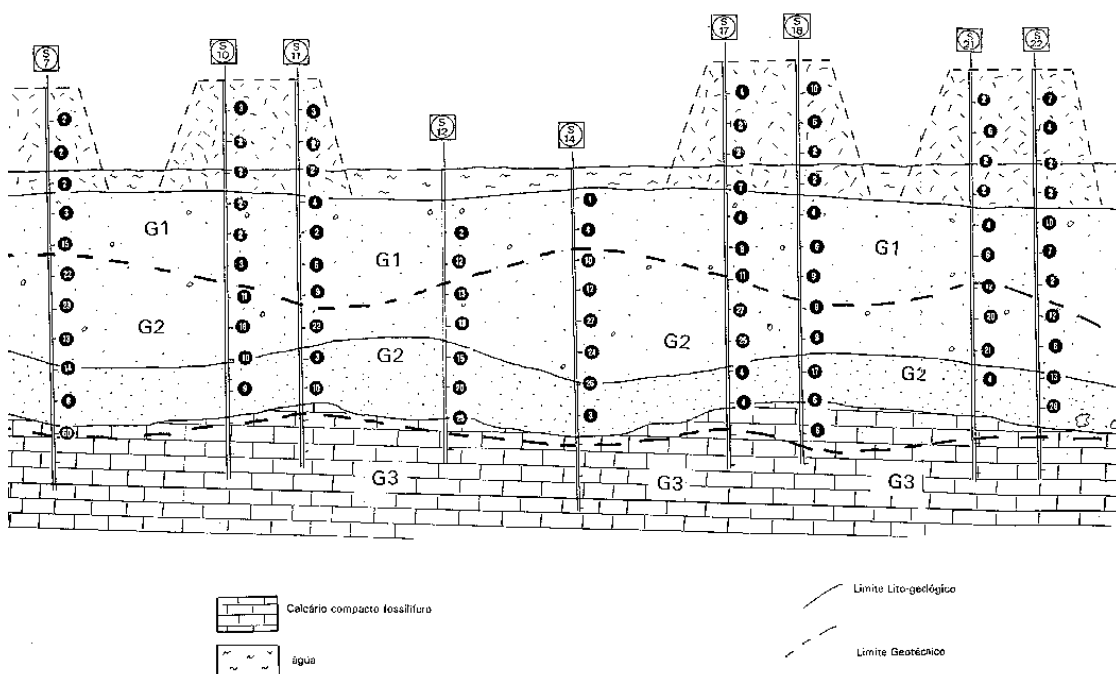


Figura 4 – Perfil geotécnico definido no estudo do Cais de Granéis Sólidos.

Descrevem-se, de seguida, as características das Zonas Geotécnicas definidas em função da qualidade do maciço, correspondendo a zona de índice mais baixo à menor qualidade geomecânica:

#### Zona Geotécnica G1

Esta zona geotécnica interessa as areias superficiais dos depósitos fluvio-marinhos que se apresentam, geralmente, soltas e muito soltas. Atinge valores de  $N_{SPT}$  da ordem das 10 pancadas ou inferior e estima-se para esta zona uma capacidade de carga de ordem de  $150 \text{ kN/m}^2$  ou inferior, a que corresponde um módulo de deformabilidade estático de  $15.000 \text{ kN/m}^2$  e uma resistência de ponta de cerca de  $4.000 \text{ kN/m}^2$ . O ângulo atrito interno atribuível será da ordem dos  $28^\circ$  aos  $32^\circ$ , para um peso específico aparente de  $18 \text{ kN/m}^3$ .

## Zona Geotécnica G2

Corresponde a uma zona mais profunda dos depósitos fluvio-marinhos, que se apresentam numa maneira geral mais resistentes. Com valores do ensaio SPT entre as 10 e as 30 pancadas, estimam-se tensões de segurança à rotura da ordem dos 150 a 250 kN/m<sup>2</sup> a que correspondem valores da ordem dos 15 000 a 30 000 kN/m<sup>2</sup> para o módulo de deformabilidade, e 4 000 a 12 000 kN/m<sup>2</sup> de resistência de ponta. Em formações desta natureza serão de esperar ângulos de atrito interno da ordem dos 30° a 35° e baridades da ordem dos 19 kN/m<sup>3</sup>.

## Zona Geotécnica G3

Esta zona interessa o maciço calcário furado à rotação, com percentagens de RQD superiores a 50%, a que corresponde a classificação de maciço rochoso de qualidade razoável a excelente. De acordo com as características observadas, estes terrenos deverão apresentar uma baridade da ordem dos 24 a 25 kN/m<sup>3</sup> e um ângulo de atrito interno da ordem dos 42° a 45°. Consideram-se, para esta zona geotécnica, tensões de segurança à rotura superiores a 1 000 kN/m<sup>2</sup>, com um módulo de deformabilidade superior a 150 000 kN/m<sup>2</sup>.

Com base no zonamento realizado apresenta-se um conjunto de parâmetros geotécnicos que possibilitam definir o tipo e a cota das fundações e ainda a capacidade de carga admissível para os terrenos de fundação se, eventualmente, fossem consideradas fundações directas.

A Tabela 2 sintetiza os valores das características e parâmetros geotécnicos que qualificam estas zonas geotécnicas.

Tabela 2 - Características das zonas geotécnicas.

Zonas geot.	Formações interessadas	Intervalos NSPT/RQD (%)	Compacidade/Consistência	Tensão de segurança à rotura (KN/m <sup>2</sup> )	E <sub>d</sub> (*) (kN/m <sup>2</sup> )	R <sub>p</sub> (*) (kN/m <sup>2</sup> ) (**)	φ (°)	γ (kN/m <sup>3</sup> )
G1	Areias médias a grosseiras de depósitos fluvio-marinhos	<10	Muito solto a solto	<150	<15000	<4000	28-32	18
G2	Zona mais profunda dos depósitos fluvio-marinhos	10-30	Medianamente compacto	150-250	15000 30000	4000 12000	30-34	19
G3	Maciços rochosos pouco alterados com passagens med. alteradas (W1-2 a W3)	Furação à rotação com RQD superior a 50%	Maciço rochoso compacto	>1000	>150000	...	42-45	24-25

(\*) Valores estimados empiricamente a partir das correlações dos ensaios SPT.

(\*\*) Resistência de ponta admissível para o ensaio CPT.

## 2.3 FUNDAÇÕES

Como referido, a prospecção geológico-geotécnica realizada permitiu aferir a cota do maciço rochoso bem como, adquirir informações quanto à sua qualidade e à existência e características da carsificação.

Dos resultados obtidos, concluiu-se que embora o maciço calcário apresente um índice de RQD relativamente elevado, entre 60% e 90%, o que permite classificá-lo de razoável a bom,

verificou-se que este apresenta fracturação vertical com preenchimento argiloso, o que é um factor francamente negativo. Em termos da carsificação, verificou-se que, em algumas sondagens, esta é residual e que, noutros casos, se prolonga para além do término da furação executada, tal como se apresenta, no ponto 4, na Tabela 3.

Assim, a par dos conhecimentos prévios decorrentes dos estudos realizados em obras na envolvente da área em questão e face aos resultados obtidos das sondagens e ensaios realizados, considerou-se que as estacas preconizadas para a solução estrutural do projecto penetrariam sempre 3,0m no maciço rochoso, nomeadamente, na Zona Geotécnica G3. Desta forma, por um lado, visou-se ultrapassar a zona carsificada e, por outro lado, garantir as características de resistência e deformabilidade exigidas para terreno de fundação, bem como o encastramento necessário para a compatibilização com os cálculos estruturais efectuados.

### 3 SOLUÇÃO ESTRUTURAL

#### 3.1 CONCEPÇÃO GERAL

A concepção adoptada no projecto posto a concurso (IPTM, 2004) consiste na execução de sete módulos de 30m cada (este módulo geral está representado nas Figura 5 e 6), fundados em estacas; longitudinalmente as consolas extremas têm três metros. Estes módulos executaram-se em módulos alternados. Para o fecho da estrutura com o Cais Comercial foi executado um módulo especial de fecho, com uma extensão total de 30,7m, tal como representado em planta na Figura 7.

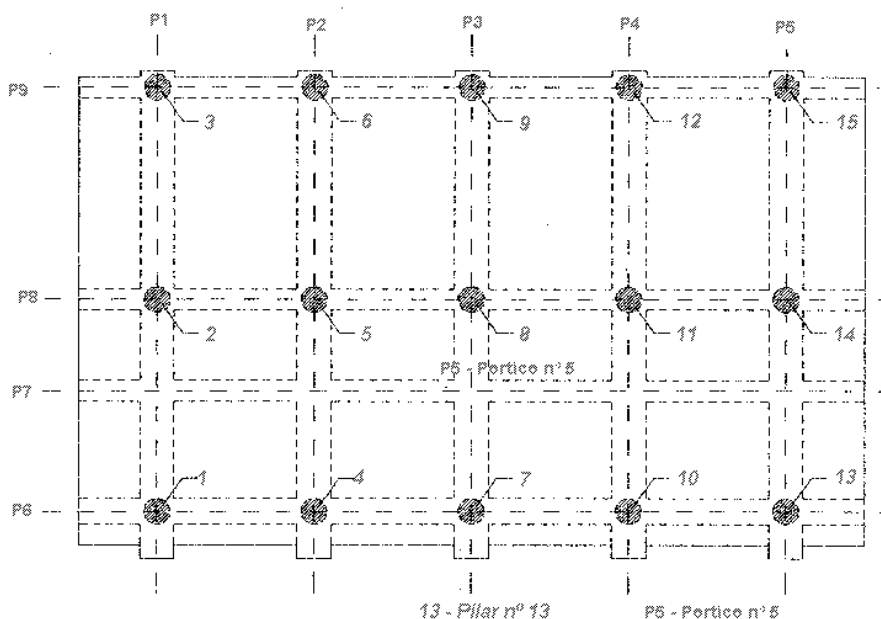


Figura 5 – Módulo estrutural com 30m de extensão, segundo o projecto inicial.

Criou-se deste modo um cais contínuo de 240,7m, que adicionado ao cais existente dos granéis sólidos, dá um comprimento total acostável de 420,7m. A estrutura, tal como projectada, apresenta pórticos iguais transversalmente à linha de água. A concepção é idêntica à da 1ª fase do Cais de Granéis Sólidos, de forma a compatibilizar esteticamente as estruturas das duas fases, apesar de as dimensões das vigas não serem exactamente iguais.

Este projecto foi alterado em fase de obra, em função de um projecto variante proposto pelo adjudicatário e que, no que interessa a este trabalho, apenas alterou o espaçamento das estacas, desaparecendo as consolas; a fiada exterior de estacas sofreu alteração de diâmetro, bem como o módulo de fecho (OFM, 2008).

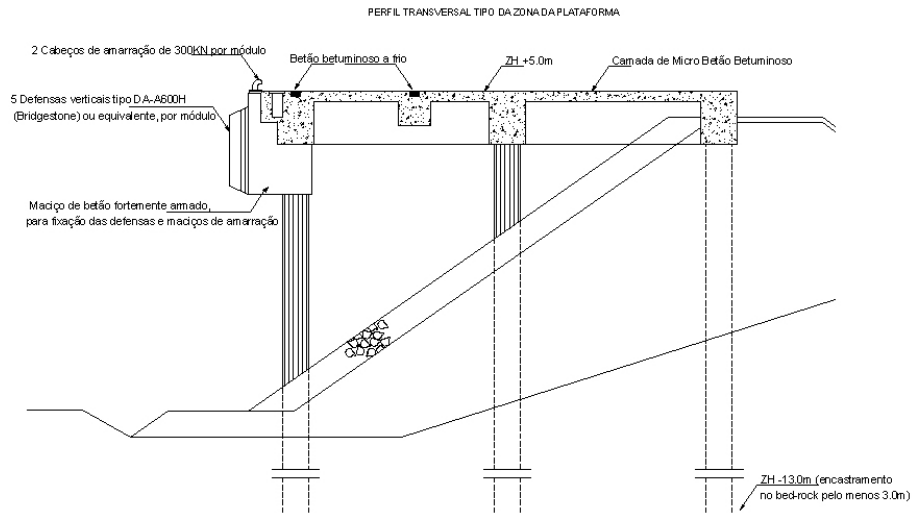


Figura 6 – Perfil esquemático transversal da estrutura proposta.

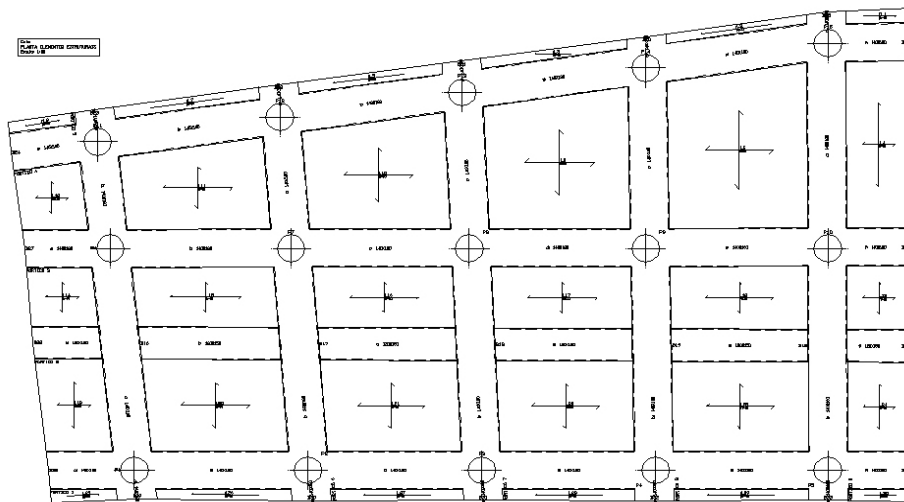


Figura 7 – Módulo especial de fecho com 30,7m de extensão, segundo o projecto inicial.

### 3.1.1 Estacas

Adoptou-se para estas plataformas uma estrutura em tabuleiro de betão armado fundado sobre estacas à semelhança das fundações do Cais de Granéis Sólidos. Conhecidas as dificuldades que houve na execução das estacas da referida obra, devido à existência de obstruções nas camadas suprajacentes ao "bed-rock" de calcário compacto, procurou-se reduzir o número de estacas a um mínimo à custa de um maior diâmetro e de uma optimização da utilização das consolas. Cada módulo será, assim, fundado num conjunto de quinze estacas de 1,0m de



diâmetro, dispostas em alinhamentos de três estacas com uma modelação de 6,0m na direcção longitudinal da frente de acostagem e 8,0m na direcção transversal (IPTM, 2004).

As estacas são em betão armado, tendo sido executadas por meios marítimos os dois alinhamentos exteriores; o alinhamento mais interior foi executado a partir dos aterros existentes.



Figura 8 – Aspecto da execução das estacas das fiadas A, interior, e B, intermédia.

### 3.1.2 Super estrutura

Os elementos principais resistentes do tabuleiro são as vigas transversais as quais, além de suportarem a laje do tabuleiro, servem de encabeçamento e travamento das estacas. Nas estacas do alinhamento exterior foram previstos maciços que nascem à cota (+ 1,00m)ZH, e que permitem a instalação das defensas, os quais se salientam 1,80m em relação ao eixo das estacas.

Na direcção longitudinal também existem quatro vigas a formar pórticos com as estacas; a estrutura ficou preparada para receber um guindaste de cais sobre carris, pelo que se previu esta quarta viga longitudinal apoiada nas vigas transversais. A bitola considerada por este guindaste foi a mesma dos guindastes existentes no Cais Comercial, isto é, 4,60m. Existe ainda uma viga de bordadura do lado da frente de acostagem com 0,40m x 0,80m a qual define uma caleira com 0,40m de largura e 0,60m de profundidade.

A laje do tabuleiro apresenta 0,40m de espessura total.

## 4 **CARSIFICAÇÃO E A INFLUÊNCIA NO COMPRIMENTO DAS ESTACAS**

Na concepção da estrutura definiu-se o encastramento das estacas, no maciço rochoso de boa qualidade, como não inferior a 3,00m (IPTM, 2004).

No entanto o fenómeno da carsificação ocorrente nos calcários podia alterar substancialmente as condições de encastramento das estacas no maciço. Na zona desta obra a carsificação, apesar de não muito marcante, apresenta um desenvolvimento vertical, o que é gravoso para as condições de encastramento das estacas. Tornava-se necessário, portanto, aumentar o comprimento de encastramento definido de 3,00m do valor da carsificação ocorrente.

Para estimar o aumento necessário do comprimento das estacas, tal como referido atrás, foram analisadas as informações constantes da prospecção utilizada na caracterização geotécnica do

prolongamento do Cais de Granéis Sólidos. A análise efectuada encontra-se esquematizada na Tabela 3.

Avaliou-se o comprimento médio previsível de carsificação, em cada estaca, em valores entre 1,60 e 1,80m, atendendo não só aos valores apresentados na Tabela 3, como nos valores do RQD determinados para o maciço. Refira-se que a estimativa feita da carsificação se baseou na informação obtida das sondagens; em obra, a carsificação interessada pelas estacas, com diâmetro de 1,00m, poderia apresentar um comprimento médio superior ao estimado, já que o volume de maciço envolvido é mais significativo.

Tabela 3 – Comprimentos de carsificação aferidos dos resultados das sondagens.

Sond. nº	Compr. de carsificação	Notas	Sond. nº	Compr. de carsificação	Notas	Sond. nº	Compr. de carsificação	Notas
S01	3,2	Possível prolong. em prof.	S11	0		S21	0	
S02	3,8		S12	3,5	Possível prolong. em prof.	S22	0	
S03	3,2	Possível prolong. em prof.	S13	3,45	Possível prolong. em prof.	S23	3,5	
S04	0		S14	1,4		S24	2	Possível prolong. em prof.
S05	2,9	reduzida	S15	0		S25	1,5	
S06	2,9	reduzida	S16	2,9	Possível prolong. em prof.	S26	1,5	
S07	2,8	reduzida	S17	0		S27	0	
S08	0		S18	0		S28	1,5	
S09	2,85		S19	0		S29	5	Possível prolong. em prof.
S10	0		S20	0		S30	1,5	
Média dos comprimentos da carsificação -							1,65 m	

## 5 COMPRIMENTOS EXECUTADOS EM OBRA

Em obra foi apresentada uma variante, em que a fiada exterior de estacas passou a ter um diâmetro de 0,80m, tendo sido executada por meios marítimos. As duas fiadas interiores, mantendo o diâmetro de projecto de 1,00m, foram executadas por meios terrestres, recorrendo à execução de uma plataforma em aterro (ver Figura 8).

Nas Tabelas 4 e 5 apresentam-se, respectivamente, os dados obtidos em obra para as fiadas A, mais interior, e B, intermédia, de estacas. Contêm essas Tabelas a informação que foi possível identificar, nomeadamente a cota da ponta da estaca, a cota do maciço calcário, a cota do topo da estaca, o comprimento da estaca, o comprimento de encastramento no maciço, e o comprimento de carsificação. Como se pode observar, garantiu-se sempre, após a passagem da zona carsificada, um encastramento de cada estaca de 3,00m, tal como definido em projecto.

Como se pode observar dos dados daquelas duas tabelas, na fiada A o valor médio da carsificação foi de 2,95m; na fiada B aquele valor atingiu 3,38m. A cota do topo do estrato calcário coincide bem com o perfil estimado em projecto. Tal como previsto, o topo das camadas calcárias apresenta uma ligeira inclinação em direcção ao eixo do Mondego,

apresentando a fiada B um comprimento médio das estacas ligeiramente superior ao do alinhamento A.

No conjunto das duas fiadas o aumento total do comprimento das estacas, devido à carsificação, representa cerca de 5% do comprimento total previsto. Este valor é um valor aceitável para este tipo de trabalhos, e poderemos mesmo considerar um valor baixo, tendo em consideração a ocorrência de carsificação vertical.

Tabela 4 – Comprimentos de carsificação determinados na execução da fiada de estacas mais interior, fiada A.

Estacas	Cota inferior da estaca	Cota do maciço	Cota superior da estaca	Comprimento da estaca	Compr. do encastramento no maciço	Altura de carsificação
A1	-15,20	-9,25	3,30	18,50	5,95	2,95
A2	-13,40	-9,50	3,30	16,70	3,90	0,90
A3	-13,10	-9,00	3,30	16,40	4,10	1,10
A4	-13,00	-9,20	3,30	16,30	3,80	0,80
A5	-23,45	-19,00	3,30	26,75	4,45	1,45
A6	-13,12	-9,00	3,30	16,42	4,12	1,12
A7	-22,70	-9,00	3,30	26,00	13,70	10,70
A8	-17,07	-8,80	3,30	20,37	8,27	5,27
A9	-17,43	-8,30	3,30	20,73	9,13	6,13
A10	-14,07	-9,00	3,30	17,37	5,07	2,07
A12	-20,34	-8,50	3,30	23,64	11,84	8,84
A13	-10,77	-7,40	3,30	14,07	3,37	0,37
A14	-11,44	-7,50	3,30	14,74	3,94	0,94
A15	-12,46	-7,50	3,30	15,76	4,96	1,96
A16	-12,82	-9,00	3,30	16,12	3,82	0,82
A17	-11,60	-7,80	3,30	14,90	3,80	0,80
A18	-13,79	-8,30	3,30	17,09	5,49	2,49
A19	-12,73	-7,50	3,30	16,03	5,23	2,23
A20	-14,80	-9,00	3,30	18,10	5,80	2,80
A21	-12,50	-7,90	3,30	15,80	4,60	1,60
A22	-17,52	-8,00	3,30	20,82	9,52	6,52
A23	-12,49	-8,20	3,30	15,79	4,29	1,29
A24	-13,20	-7,70	3,30	16,50	5,50	2,50
A25	-18,40	-9,50	3,30	21,70	8,90	5,90
A26	-17,77	-9,60	3,30	21,07	8,17	5,17
A27	-19,86	-15,50	3,30	23,16	4,36	1,36
A28	-20,68	-16,50	3,30	23,98	4,18	1,18
A29	-22,22	-18,00	3,30	25,52	4,22	1,22
A30	-25,44	-20,50	3,30	28,74	4,94	1,94
A31	-28,37	-21,00	3,30	31,67	7,37	4,37
A32	-29,58	-24,00	3,30	32,88	5,58	2,58
A33	-29,30	-24,50	3,30	32,60	4,80	1,80
A34	-29,75	-19,00	3,30	33,05	10,75	7,75
A35	-30,05	-22,50	3,30	33,35	7,55	4,55
A36	-27,04	-19,50	3,30	30,34	7,54	4,54
A37	-21,23	-16,50	3,30	24,53	4,73	1,73
A38	-17,63	-10,43	3,30	20,93	7,20	4,20
A39	-13,17	-8,00	3,30	16,47	5,17	2,17
A40	-12,90	-7,80	3,30	16,20	5,10	2,10
MÉDIA				20,78	5,88	2,95

Tabela 5 – Comprimentos de carsificação determinados na execução da fiada de estacas intermédia, fiada B.

Estacas	Cota inferior da estaca	Cota do maciço	Cota superior da estaca	Comprimento da estaca	Compr. do encastramento no maciço	Altura de carsificação
B1	-13,10	-9,50	3,30	16,40	3,60	0,6
B2	-22,00	-9,50	3,30	25,30	12,50	9,50
B3	-22,14	-9,50	3,30	25,44	12,64	9,64
B4	-13,30	-9,50	3,30	16,60	3,80	0,80
B5	-13,30	-9,40	3,30	16,60	3,90	0,90
B6	-13,56	-9,60	3,30	16,86	3,96	0,96
B7	-19,30	-9,50	3,30	22,60	9,80	6,80
B8	-16,13	-9,50	3,30	19,43	4,13	3,63
B9	-15,01	-12,00	3,30	18,31	3,01	0,01
B10	-15,56	-9,50	3,30	18,86	6,06	3,06
B11	-14,10	-11,10	3,30	17,40	3,00	0,00
B12	-15,46	-8,80	3,30	18,76	6,66	3,66
B13	-13,04	-8,40	3,30	16,34	4,64	1,64
B14	-14,62	-9,50	3,30	17,92	5,12	2,12
B15	-18,78	-8,50	3,30	22,08	10,28	7,28
B16	-16,66	-8,80	3,30	19,96	7,86	4,86
B17	-12,37	9,00	3,30	15,67	21,37	0,37
B18	-13,16	-8,80	3,30	16,46	4,36	1,36
B19	-19,25	-9,00	3,30	22,55	10,25	7,25
B20	-17,00	-8,20	3,30	20,30	8,80	5,80
B21	-11,81	-8,20	3,30	15,11	3,61	0,61
B22	-12,24	-8,50	3,30	15,54	3,74	0,74
B23	-15,28	-9,00	3,30	18,58	6,28	3,28
B24	-17,10	-9,20	3,30	20,40	7,90	4,90
B25	-14,80	-9,50	3,30	18,10	5,30	2,30
B26	-15,64	-11,50	3,30	18,94	4,14	1,14
B27	-20,53	-17,50	3,30	23,83	3,03	0,33
B28	-21,65	-16,80	3,30	24,95	4,85	1,85
B29	-28,80	-20,50	3,30	32,10	8,30	5,30
B30	-29,30	-21,00	3,30	32,60	8,30	5,30
B31	-29,52	-22,50	3,30	32,82	7,02	4,02
B32	-32,04	-25,00	3,30	35,34	7,04	4,04
B33	-30,92	-24,50	3,30	34,22	6,42	3,42
B34	-30,55	-24,50	3,30	33,85	6,05	3,05
B35	-30,23	-21,00	3,30	33,53	9,23	6,23
B36	-30,06	-19,50	3,30	33,36	10,56	7,56
B37	-24,16	-15,50	3,30	27,46	8,66	5,66
B39	-12,94	-7,80	3,30	16,24	5,14	2,14
B40	-13,18	-7,00	3,30	16,48	6,18	3,18
MÉDIA				21,68	6,69	3,38

## 6 CONCLUSÕES

Do que atrás se expõe, conclui-se que seria previsível, face aos elementos de projecto, uma carsificação média, por estaca, entre 1,60 e 1,80m.

Em obra verificou-se um valor médio de carsificação de 2,95m no alinhamento A, e de 3,28m no alinhamento B. Este diferencial deve-se, essencialmente, a dois factores:

1. Variabilidade natural nas formações, e na sua carsificação, que inviabiliza uma previsão exacta da realidade;
2. Ao facto de, em projecto, a estimativa da carsificação se basear nos resultados de sondagens, logo em furação de pequeno diâmetro, e na obra a carsificação ter sido observada sobre estacas de 1000mm de diâmetro.

Em conclusão, podemos referir o seguinte:

- De um modo geral, a definição de projecto do dispositivo geotécnico mostrou-se correcto, sendo compatível o observado em obra com o previsto, desde as cotas do estrato rochoso, ao comprimento de estacas previsto.
- Quanto à carsificação, existe um diferencial entre o valor que seria previsível com base nos elementos de projecto, e a carsificação realmente verificada em obra.
- Não é seguro, face à variabilidade natural dos fenómenos causadores da carsificação, que a execução prévia de maior número de sondagens diminuisse significativamente aquele diferencial, entre o previsível e o observado.
- De qualquer modo, o comprimento total das estacas, face à estimativa feita em projecto, apenas representa um acréscimo de cerca de 5%.

## BIBLIOGRAFIA

IPTM, 2004. Projecto de Execução do Prolongamento do Cais de Granéis Sólidos do porto da Figueira da Foz. Lisboa.

Manuppella, G., Rocha R. e Ferreira Soares, A.. Colaboração de R. Mouterde e Ch. Perrot. 1976 Carta Geológica de Portugal, Folha 19-C - Figueira da Foz, escala 1:50.000, Lisboa,

OFM, SA, 2008 Projecto variante do prolongamento do cais de Granéis Sólidos do Porto da Figueira da Foz.

Rocha, R., Manuppella, G., Mouterde, R., Ruget, Ch. e Zbyszewski, G. 1981 Notícia Explicativa da Carta Geológica de Portugal, Folha 19-C - Figueira da Foz, escala 1:50.000, Lisboa,