

# WORK 3

## RELATÓRIO GEOTÉCNICO

para a implantação do Vila Nova Retail Park na  
Urbanização Vale da Arrancada em Chão das  
Donas - Portimão



Dezembro de 2021

*Responsabilidade técnica*  
*Prof. Doutor Fernando L. Ladeira*



**DeltaTau – Sondagens e Estudos Geotécnicos, Lda**  
Rua da Indústria 12, Armazém 8  
3810-011 Aveiro  
Telef: 234 724 957/917 611 588  
Email: [deltatau.lda@gmail.com](mailto:deltatau.lda@gmail.com)

## **Estudo geotécnico para a implantação do Vila Nova Retail Park na Urbanização Vale da Arrancada em Chão das Donas - Portimão**

### **Equipa técnica que desenvolveu este estudo geotécnico**

**Carminda Teixeira Sardo**

Geóloga, Pós-Graduada em Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica

**Elísio Pereira dos Santos**

Eng. de Minas, Técnico Superior de Higiene e Segurança no Trabalho, Eng. Sondador

**Fernando Lage Ladeira**

Geólogo, Doutorado pelo Imperial College (Univ. Londres) Especialista em Geotecnia,  
Ex-Professor das Universidades de Aveiro e Coimbra

## ÍNDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUÇÃO.....  | 1  |
| 2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E TECTONO-SÍSMICO .....  | 5  |
| 2.1 GEOLOGIA REGIONAL.....  | 5  |
| 2.2 TECTÓNICA .....   | 6  |
| 2.3 SISMICIDADE.....  | 7  |
| 3. RESULTADOS.....  | 13 |
| 3.1 LOCALIZAÇÃO DAS SONDAGENS.....  | 13 |
| 3.2 SONDAGENS DPSH.....   | 14 |
| 3.3 NÍVEL FREÁTICO.....   | 30 |
| 3.4 PARÂMETROS GEOTÉCNICOS .....  | 31 |
| 3.5 PERFIS LITO-GEOTÉCNICOS INTERPRETATIVOS .....   | 32 |
| 4. FUNDAÇÕES.....   | 37 |
| 4.1 FUNDAÇÕES DIRETAS POR SAPATAS CONTÍNUAS ASSENTES NUMA CAMADA DE SUBSTITUIÇÃO COM CERCA DE 2,0 M DE PEDRA RACHÃO (SOLUÇÃO INVIÁVEL, COMO SE DEMONSTRA A SEGUIR)..... | 38 |
| 4.2 FUNDAÇÕES POR ENSOLEIRAMENTO GERAL ASSENTE SOBRE UMA CAMADA DE SUBSTITUIÇÃO COM CERCA DE 2,0 M DE PEDRA RACHÃO (SOLUÇÃO INVIÁVEL, COMO SE DEMONSTRA A SEGUIR).....  | 39 |
| 4.3 FUNDAÇÕES INDIRETAS POR ESTACAS DE BETÃO MOLDADAS NO TERRENO.....   | 40 |
| 4.4 FUNDAÇÕES DIRETAS POR SAPATAS OU ENSOLEIRAMENTO GERAL ASSENTES EM COLUNAS DE BRITA OU SOLOS MELHORADOS COM "JET-GROUTING" .....                                     | 41 |
| 6. PAVIMENTOS RÍGIDOS.....  | 42 |
| 7. CONCLUSÕES .....   | 42 |
| ANEXOS  |    |

## 1. INTRODUÇÃO

Por adjudicação da WORK 3, procedeu-se ao reconhecimento e estudo geotécnico do terreno na Rua dos Custódios na Urbanização Vale da Arrancada no sítio de Chão das Donas em Portimão para a implantação do “Vila Nova Retail Park”. No terreno em estudo já existiu uma unidade comercial do tipo Retail Park por isso ainda se encontram no local os pavimentos flexíveis e rígidos das antigas estruturas.

Para o estudo geotécnico foram realizados os seguintes trabalhos de campo nos dias 02 e 03 de dezembro de 2021:

- 9 sondagens penetrométricas dinâmicas super-pesadas (DPSH);
- recolha de 3 amostras de solos para análise de contaminantes (\*).



Figura 1 – Localização do terreno em estudo em Portimão onde existem os pavimentos do antigo Retail Park (imagem Google).

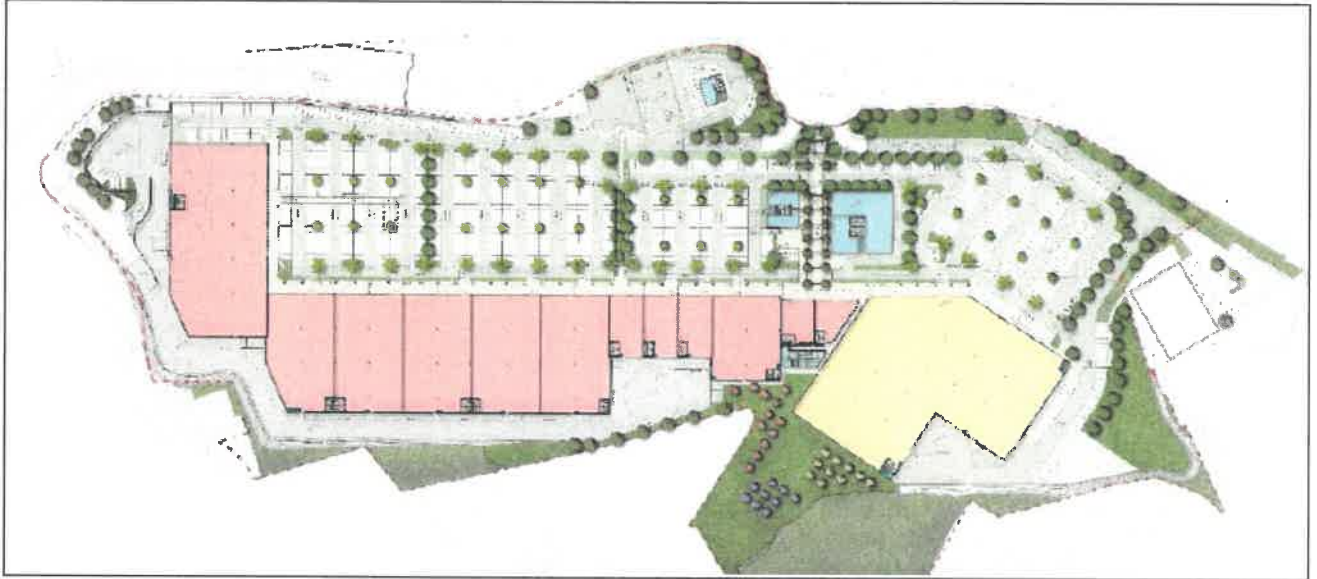
\* O relatório relativo à contaminação de solos será elaborado à parte devido ao tempo de execução das análises.



Foto 1 – Terreno em estudo onde se encontram os pavimentos flexíveis e rígidos da unidade comercial existente anteriormente.



Foto 2 – O terreno foi alvo de terraplenagem na altura de implantação da unidade comercial existente anteriormente, em partes do terreno são visíveis os taludes de escavação protegidos com gunitagem sobre malhasol, com vários metros de altura.



**Figura 2 – Desenho com pormenor da intervenção a realizar no terreno em Portimão para o “Vila Nova Retail Park” (desenho facultado pela WORK 3; S/E)**

No presente relatório, apresentam-se e comentam-se os resultados obtidos dos trabalhos de campo efetuados e tecem-se as considerações emergentes na perspetiva da implantação da obra em causa.

As sondagens penetrométricas dinâmicas super-pesadas (DPSH), foram realizadas com um equipamento da marca Pagani TG63-100; segundo a Norma Europeia EN ISO 22476-2, este penetrómetro é do tipo DPSH-B. Estas sondagens DPSH consistem na penetração de uma série de varas no terreno, no início das quais existe um cone com 50,5 mm de diâmetro e 90º de ângulo apical. A penetração ocorre pela acção da queda de um peso de 63,5 Kg, da altura de 0,75 m, de acordo com as normas do ISSMFE (Sociedade Internacional de Mecânica dos Solos e Engenharia de Fundações). O peso de cada vara é de 6 Kg. Para a apresentação do relatório seguiu-se a Norma Europeia EN ISO 22476-2.



Foto 3 – Máquina Pagani TG63-100 utilizada nas sondagens DPSH.

## 2. ENQUADRAMENTO GEOLÓGICO E TECTONO-SÍSMICO

### 2.1 Geologia regional

Na zona de Portimão, do ponto de vista geológico, encontra-se predominantemente a “Formação Carbonatada de Lagos-Portimão” datada do Miocénico ( $M^{1-2}$ ) representada por depósitos marinhos de biocalcarenitos fossilíferos, calcários com seixos mas também por arenitos e conglomerados com cimento calcário associados a episódios regressivos, com espessuras de 40 a 45 m. Estas rochas carbonatadas apresentam intensa carsificação tendo dado origem a siltitos margosos e argilas-siltosas com clastos calcários.

Também se encontram dispersas na região formações mais recentes datadas do Plio-Plistocénico (PQ) representadas por areias ferruginosas, cascalheiras e algumas argilas correspondendo a depósitos de terraços marinhos.

No local propriamente dito, as sondagens realizadas mostram grande heterogeneidade no terreno a nível dos perfis de resistência dos materiais litológicos devido à existência de níveis intercalares de arenitos, conglomerados e biocalcarenitos .

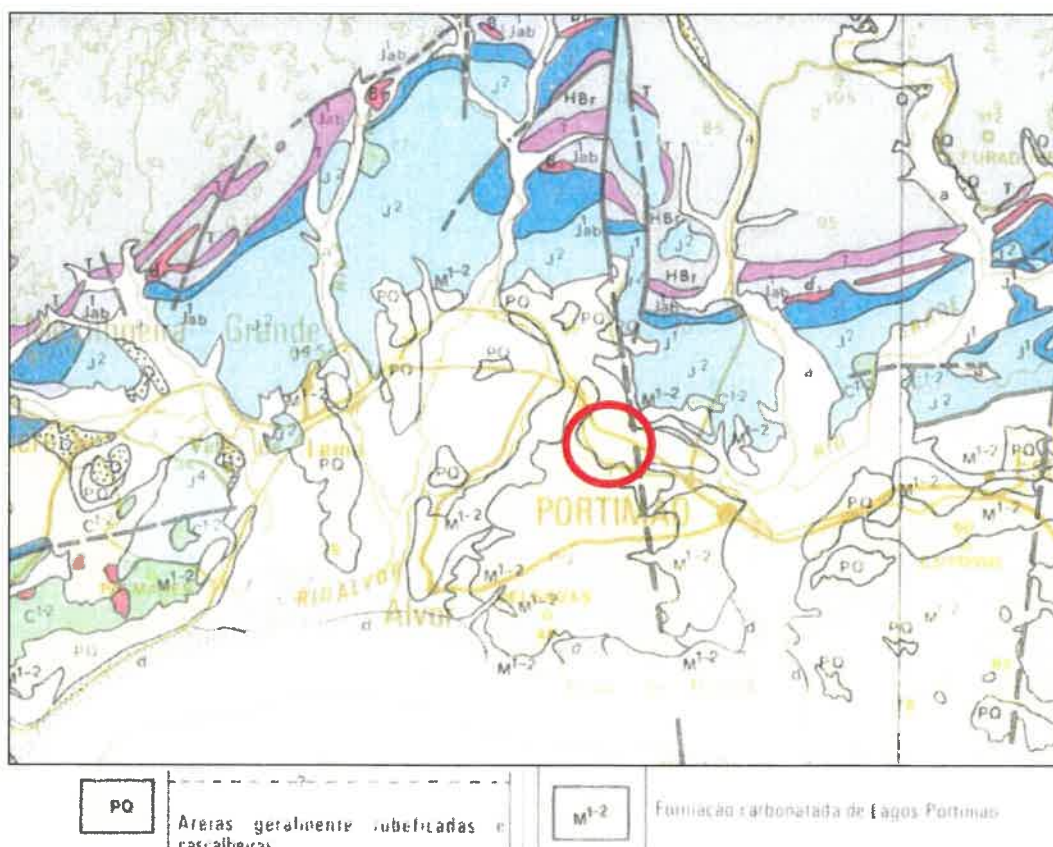


Figura 3 – Extrato da Folha 7 da Carta geológica de Portugal à escala 1/200000 com localização da zona em estudo em Chão das Donas – Portimão (S/E).



## 2.2 TECTÓNICA

A unidade Hercínica da Península Ibérica é caracterizada pela existência de várias Zonas Geotectónicas, com características paleogeográficas, tectónicas e lito-estratigráficas distintas, dispostas paralelamente às linhas estruturais da Cadeia (Julivert & col. 1974).

A área em estudo situa-se na denominada Orla Algarvia.

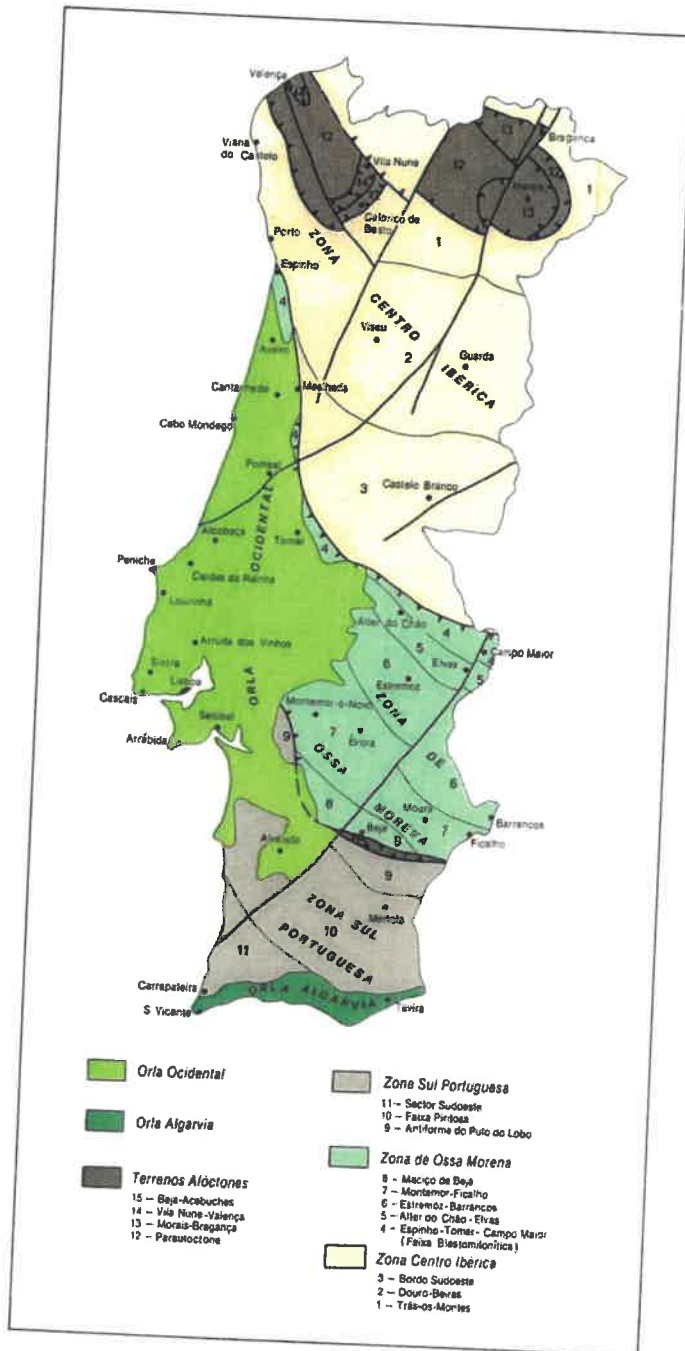


Figura 4 - Esquema tectono-estratigráfico.

## 2.3 SISMICIDADE

Tendo em conta o “Regulamento de Segurança e Acções para Estruturas de Edifícios e Pontes” (RSA), o terreno em estudo enquadra-se na segunda zona de maior risco sísmico do território nacional, a designada Zona A.

*Segundo o Eurocódigo 8, o local em estudo insere-se na zona 1.2 para o sismo afastado e 2.3 para o sismo próximo.*

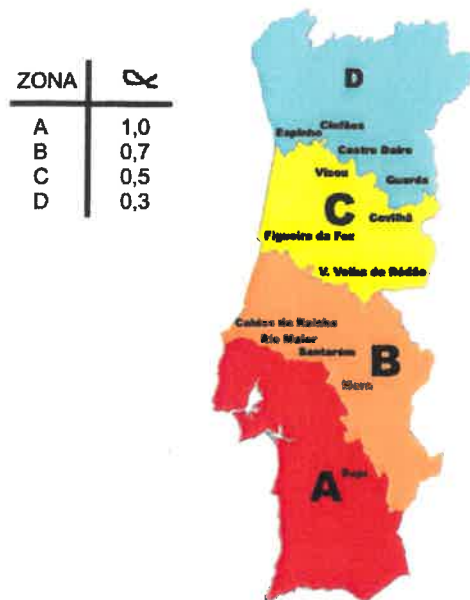


Figura 5 - Carta de zonamento do risco sísmico (RSA)

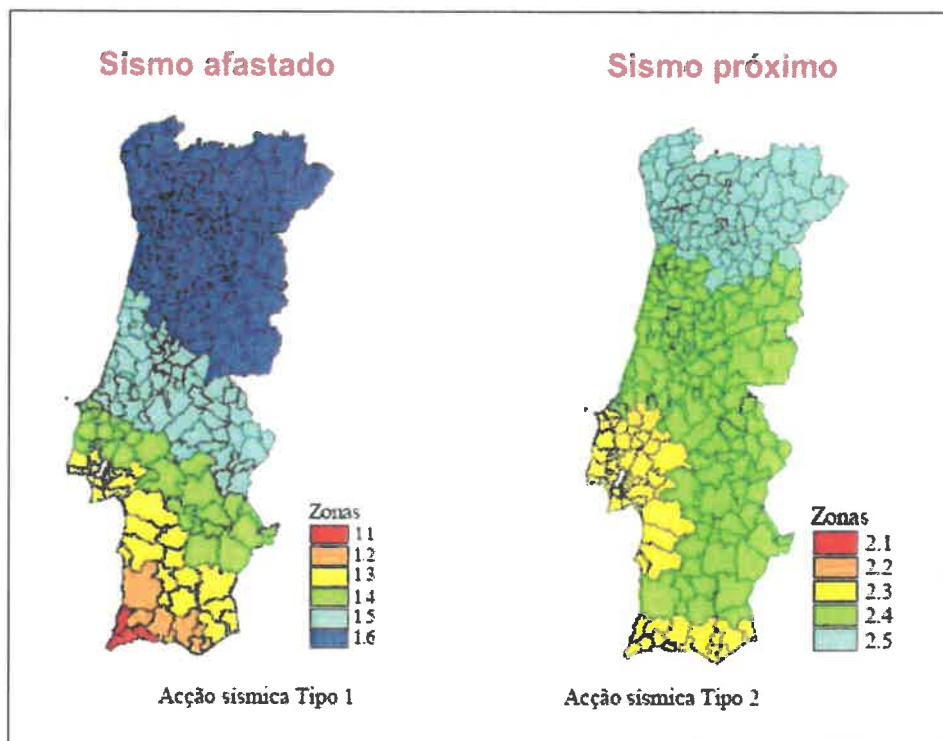


Figura 6 - Carta de zonamento do risco sísmico (EC8 - EN1998)

### Aceleração máxima de referência

| Zona | AS Tipo 1<br>$a_{gR}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) | AS Tipo 2<br>$a_{gR}$<br>(m/s <sup>2</sup> ) |
|------|--|--|
| x.1  | 2,50   | 2,50   |
| x.2  | 2,00   | 2,00   |
| x.3  | 1,50   | 1,70   |
| x.4  | 1,00   | 1,10   |
| x.5  | 0,60   | 0,80   |
| x.6  | 0,35   | -  |

Valores para a aceleração máxima de referência ( $a_{gR}$ ) em m/s<sup>2</sup>.

**Os valores da  $a_{gR}$  em Portimão no sismo afastado (Tipo 1) é 2,0 m/s<sup>2</sup> e para o sismo próximo (Tipo 2) é 1,7 m/s<sup>2</sup>.**

No quadro seguinte apresenta-se a classificação dos tipos de terreno de acordo com o EC8.

| Tipo de terreno | Descrição do perfil estratigráfico  | Parâmetros            |                              |             |
|-----------------|---|-----------------------|------------------------------|-------------|
|                 |   | $v_{s,30}$ (m/s)      | $N_{SPT}$<br>(pacadas/30 cm) | $c_u$ (kPa) |
| A               | Rocha ou outra formação geológica de tipo rochoso, que inclua, no máximo, 5 m de material mais fraco à superfície   | > 800                 | -                            | -           |
| B               | Depósitos de areia muito compacta, de seixo (cascalho) ou de argila muito rija, com uma espessura de, pelo menos, várias dezenas de metros, caracterizados por um aumento gradual das propriedades mecânicas com a profundidade | 360 – 800             | > 50                         | > 250       |
| C               | Depósitos profundos de areia compacta ou medianamente compacta, de seixo (cascalho) ou de argila rija com uma espessura entre várias dezenas e muitas centenas de metros  | 180 – 360             | 15 - 50                      | 70 - 250    |
| D               | Depósitos de solos não coesivos de compactidade baixa a média (com ou sem alguns estratos de solos coesivos moles), ou de solos predominantemente coesivos de consistência mole a dura  | < 180                 | < 15                         | < 70        |
| E               | Perfil de solo com um estrato aluvionar superficial com valores de $v_s$ do tipo C ou D e uma espessura entre cerca de 5 m e 20 m, situado sobre um estrato mais rígido com $v_s > 800$ m/s                                     |                       |                              |             |
| $S_1$           | Depósitos constituídos ou contendo um estrato com pelo menos 10 m de espessura de argilas ou siltes moles com um elevado índice de plasticidade ( $PI > 40$ ) e um elevado teor em água   | < 100<br>(indicativo) | -                            | 10 - 20     |
| $S_2$           | Depósitos de solos com potencial de liquefação, de argilas sensíveis ou qualquer outro perfil de terreno não incluído nos tipos A – E ou $S_1$  |                       |                              |             |

No local ocorrem terrenos do Tipo D.

A aceleração sísmica (horizontal ou superficial) num terreno do Tipo D é:

$$a_g = a_{gR} \cdot \gamma_1$$

sendo  $\gamma_1$  o coeficiente de importância, cujo valor é obtido em função da classe de importância da classe de importância e do tipo de ação sísmica.

A classe de importância deverá ser do tipo III, o que significa que no caso das ações sísmicas do Tipo 1 é igual 1,6 e do Tipo 2 é igual a 1,3.

A relação entre as acelerações sísmicas vertical ( $a_{vg}$ ) e horizontal ( $a_g$ ) será:

| Ação sísmica | $a_{vg}/a_g$ |
|--------------|--------------|
| Tipo 1       | 0,75         |
| Tipo 2       | 0,95         |

A **aceleração sísmica superficial ou horizontal ( $a_g$ )** pode ser obtida a partir da aceleração sísmica no terreno do Tipo D através da aplicação de um fator S que tem em conta a amplificação das acelerações dado por:

**Valor do fator S do solo de fundação**

| Tipo terreno | Zona sísmica 1.1 | Zona sísmica 1.2 | Zona sísmica 1.3 | Zona sísmica 1.4 a 1.6 | Zona sísmica 2.1 a 2.3 | Zona sísmica 2.4 a 2.5 |
|--------------|------------------|------------------|------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| A            | 1,0              | 1,0              | 1,0              | 1,0                    | 1,0                    | 1,0                    |
| B            | 1,2              | 1,2              | 1,2              | 1,3                    | 1,35                   | 1,35                   |
| C            | 1,3              | 1,4              | 1,5              | 1,6                    | 1,5                    | 1,6                    |
| D            | 1,4              | 1,6              | 1,8              | 2,0                    | 1,8                    | 2,0                    |
| E            | 1,4              | 1,5              | 1,7              | 1,8                    | 1,6                    | 1,8                    |

Assim para calcular os coeficientes sísmicos horizontal ( $K_h$ ) e vertical ( $K_v$ ) utilizam-se as expressões:

$K_h = (a_g/g) \cdot S/r$  sendo "r" um fator que depende do deslocamento admissível para as fundações e é dado por 2,0, se o deslocamento admissível for  $dr = 300 a_g \cdot S/g$  (mm), ou 1,5 se o deslocamento admissível for:  $dr = 200 a_g \cdot S/g$  (mm);

$$K_v = \pm 0,5 \cdot K_h \text{ se } a_{vg}/a_g > 0,6$$

$$K_v = \pm 0,33 \cdot K_h \text{ se } a_{vg}/a_g = 0,6$$

De acordo com a Carta de Intensidades máximas observadas em Portugal, entre 1901 e 1972 e a Carta de Magnitudes máximas expectáveis para um período de retorno de 100 anos, espera-se que estes valores sejam da ordem de VII na escala de Mercalli e 7 a 8 na escala de Richter.

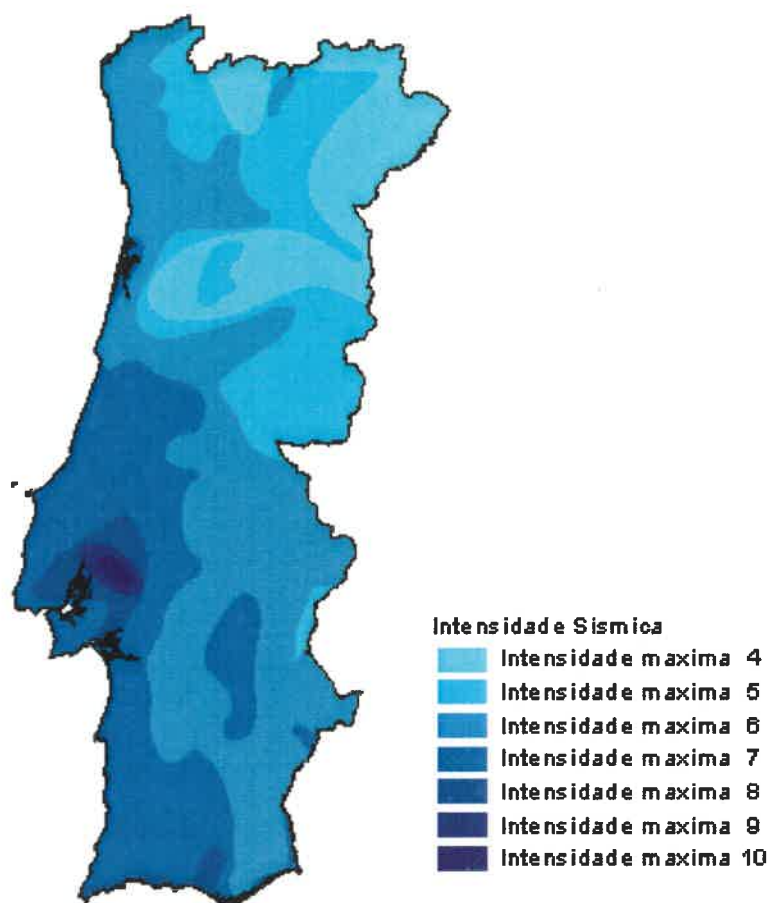


Figura 7 - Carta de intensidades sísmicas máximas, observadas em Portugal entre 1901 e 1972

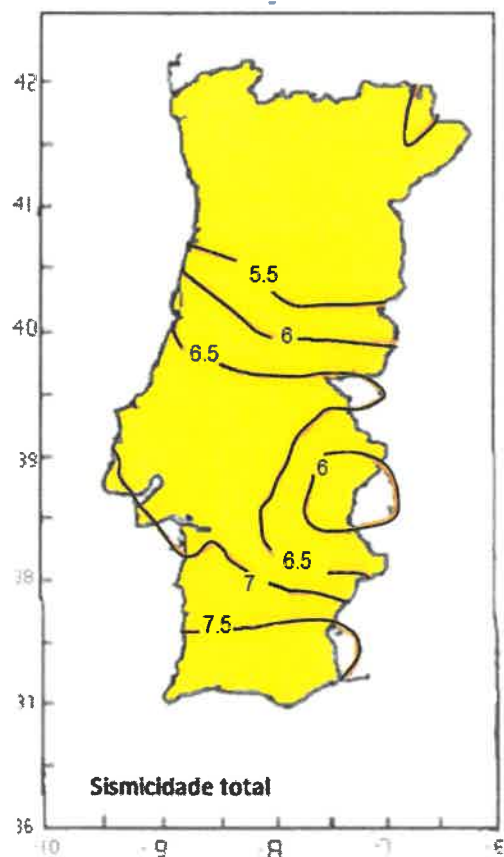
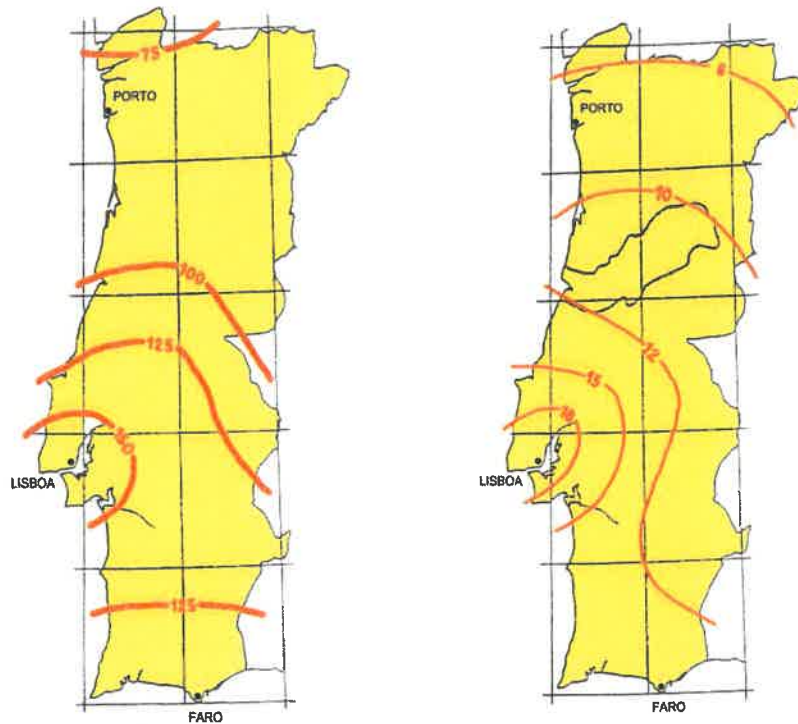


Figura 8 - Carta de isolinhas expectáveis de magnitudes sísmicas, para um período de retorno de 100 anos

Atendendo ao estudo levado a cabo por OLIVEIRA (1977) e para um período de retorno de 1000 anos, esperam-se aproximadamente os seguintes valores máximos, para os diversos parâmetros sísmicos:

- Velocidade de propagação, 12 a 15 cm/s
- Aceleração sísmica,  $>125 \text{ cm/s}^2$
- Deslocamento, 7 cm



Figuras 9 e 10– Acelerações máximas para um período de retorno de 1000 anos (unidades em  $\text{cm.s}^{-2}$ ) e velocidades máximas para um período de retorno de 1000 anos (unidades em  $\text{cm/s}$ )

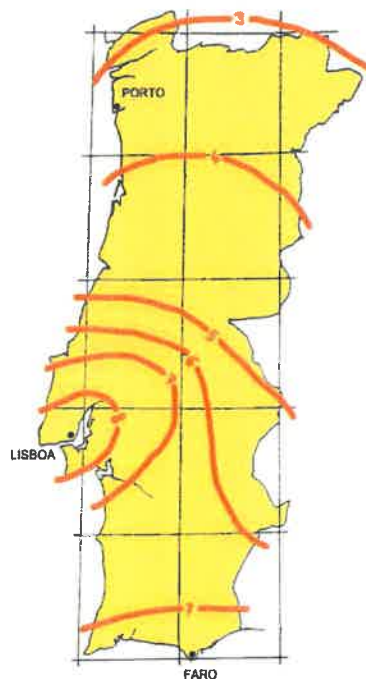


Figura 11 – Deslocamentos máximos para um período de retorno de 1000 anos (unidades em  $\text{cm}$ )

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Localização das sondagens

Foram realizadas 9 sondagens DPSH no terreno de acordo com a figura seguinte.

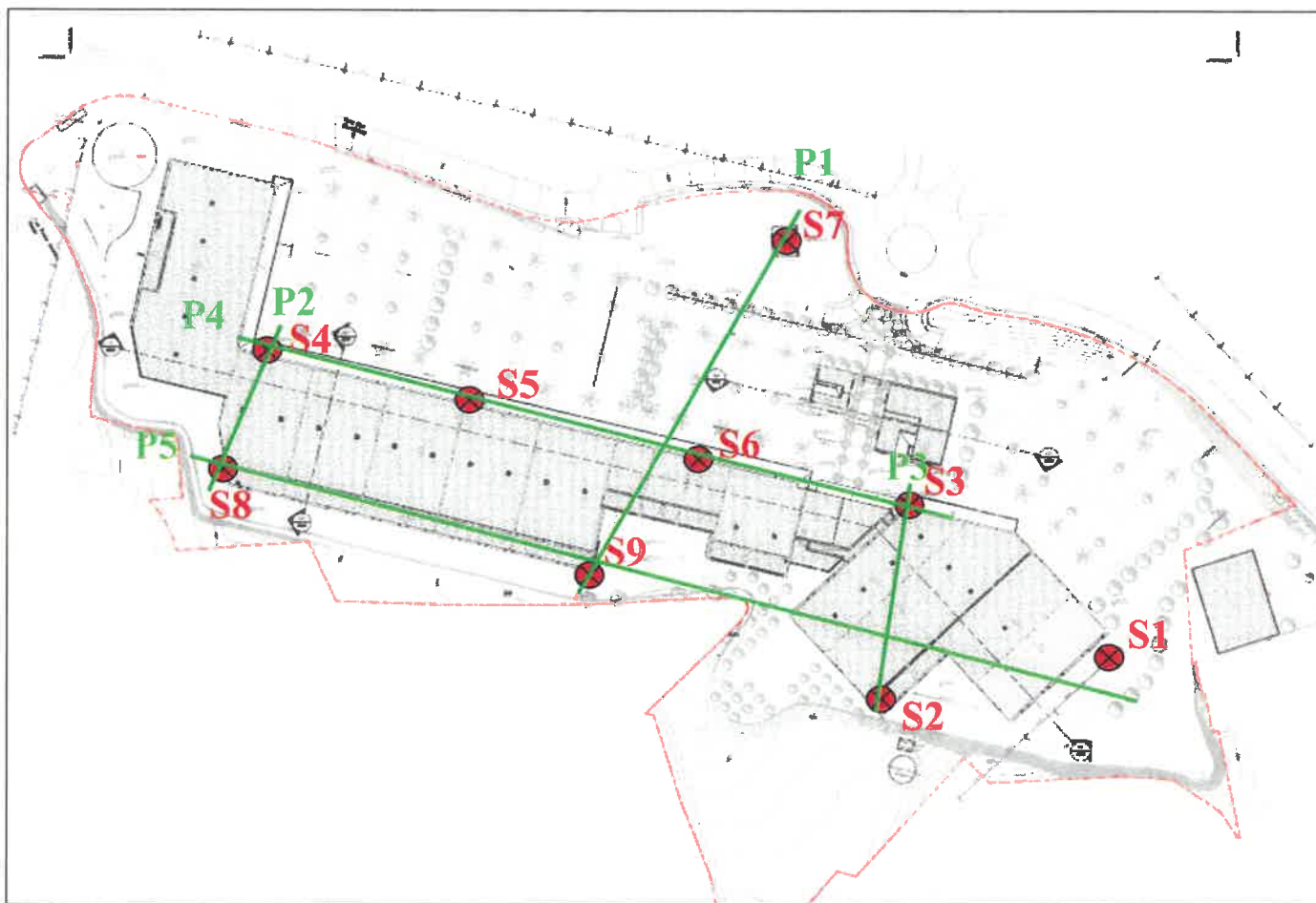


Figura 12 – Localização das sondagens DPSH (S1 a S9) no terreno e dos perfis lito-geotécnicos interpretativos (P1 a P5) (S/E).



### 3.2 Sondagens DPSH

Na **Tabela I**, apresentam-se as cotas aproximadas das bocas dos furos das sondagens e as profundidades atingidas pelas sondagens DPSH. Algumas sondagens foram realizadas em zonas pavimentadas por isso apresentam elevado número de pancadas nos primeiros 0,4 a 0,6 m

As sondagens terminaram quando se atingiu um número de pancadas superior a 60, o que em alguns locais corresponderá a níveis carbonatados correspondentes a camadas com pouca espessura e arenitos, conglomerados com cimento calcário e biocalcarenitos (com muitas conchas).

Verifica-se na tabela seguinte que existe muita heterogeneidade relativamente à profundidade a que se atingiu a nega (NP>60) pois em algumas sondagens conseguiram-se ultrapassar os níveis carbonatados.

**Tabela I**  
- Sondagens DPSH -

| DPSH | Cota aproximada da boca da sondagem (m) | Profundidade atingida (m) |
|------|---|---------------------------|
| 1    | 38,5                                    | 2,4                       |
| 2    | 38,5                                    | 2,0                       |
| 3    | 38,5                                    | 12,6                      |
| 4    | 38,5                                    | 27,8                      |
| 5    | 38,5                                    | 20,6                      |
| 6    | 38,5                                    | 8,0                       |
| 7    | 38,0                                    | 4,2                       |
| 8    | 38,5                                    | 10,0                      |
| 9    | 38,5                                    | 14,8                      |

Os resultados das sondagens são apresentados sob a forma gráfica em **Anexo I** (gráficos  $N_{20}$ ,  $r_d$  e  $q_d$ ).

No gráfico  $N_{20}$  plotou-se o número de pancadas (NP) para penetrar cada 20 cm (em abcissas) *versus* profundidade (em ordenadas), assim como a litologia provável ao longo dos respectivos perfis.

Apresenta-se em seguida um acervo fotográfico dos trabalhos de campo realizados.



Local de realização da sondagem S1



Local de realização da sondagem S2



Local de realização da sondagem S3



Local de realização da sondagem S4



Local de realização da sondagem S5



Local de realização da sondagem S6



**Local de realização da sondagem S7**



**Local de realização da sondagem S8**



**Local de realização da sondagem S9**

Nas tabelas seguintes (II a X) apresenta-se o número de pancadas, que deu origem ao primeiro gráfico, a Resistência Unitária de Ponta ( $r_d$ ), a Resistência Dinâmica de Ponta ( $q_d$ ) em cada 20 cm e a tensão média por cada metro ( $\text{KN/m}^2$ ).

A vermelho/amarelo assinalam-se as camadas superficiais muito deformável (com número de pancadas inferior a 10) e com baixa capacidade de carga.

**Tabela II**

-  $N_{20}$ ,  $r_d$ ,  $q_d$  na sondagem DPSH 1-

| Profundidade (m) | N20 | $r_d$ (MPa) | $q_d$ (MPa) | Média $q_d$ (MPa) | Tensão média ( $\text{KN/m}^2$ ) |
|------------------|-----|-------------|-------------|-------------------|----------------------------------|
| 0                |     |             |             | 3,3               | 66                               |
| 0,2              | 1   | 1,17        | 1,07        |                   |                                  |
| 0,4              | 7   | 8,17        | 7,47        |                   |                                  |
| 0,6              | 4   | 4,67        | 3,93        |                   |                                  |
| 0,8              | 4   | 4,67        | 3,93        |                   |                                  |
| 1                | 3   | 3,50        | 2,95        | 3,1               | 63                               |
| 1,2              | 3   | 3,50        | 2,95        |                   |                                  |
| 1,4              | 2   | 2,34        | 1,96        |                   |                                  |
| 1,6              | 4   | 4,67        | 3,64        |                   |                                  |
| 1,8              | 3   | 3,50        | 2,73        |                   |                                  |
| 2                | 5   | 5,84        | 4,55        |                   |                                  |
| 2,2              | 55  | 64,22       | 50,04       | 52,3              | 1046                             |
| 2,4              | 60  | 70,06       | 54,58       |                   |                                  |

**Tabela III**

-  $N_{20}$ ,  $r_d$ ,  $q_d$  na sondagem DPSH 2-

| Profundidade (m) | N20 | $r_d$ (MPa) | $q_d$ (MPa) | Média $q_d$ (MPa) | Tensão média ( $\text{KN/m}^2$ ) |
|------------------|-----|-------------|-------------|-------------------|----------------------------------|
| 0                |     |             |             | 31,7              | 634                              |
| 0,2              | 60  | 70,06       | 64,01       |                   |                                  |
| 0,4              | 60  | 70,06       | 64,01       |                   |                                  |
| 0,6              | 23  | 26,85       | 22,59       |                   |                                  |
| 0,8              | 8   | 9,34        | 7,86        |                   |                                  |
| 1                | 3   | 3,50        | 2,95        | 17,4              | 349                              |
| 1,2              | 8   | 9,34        | 7,86        |                   |                                  |
| 1,4              | 12  | 14,01       | 11,78       |                   |                                  |
| 1,6              | 20  | 23,35       | 18,19       |                   |                                  |
| 1,8              | 51  | 59,55       | 46,40       |                   |                                  |
| 2                | 60  | 70,06       | 54,58       | 54,6              | 1092                             |

**Tabela IV**  
-  $N_{20}$ ,  $r_d$ ,  $q_d$  na sondagem DPSH 3-

| Profundidade (m) | N20 | $r_d$ (MPa) | $q_d$ (MPa) | Média $q_d$ (MPa) | Tensão média (KN/m <sup>2</sup> ) |
|------------------|-----|-------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| 0                |     |             |             | 21,4              | 428                               |
| 0,2              | 41  | 47,87       | 43,74       |                   |                                   |
| 0,4              | 40  | 46,70       | 42,67       |                   |                                   |
| 0,6              | 17  | 19,85       | 16,69       |                   |                                   |
| 0,8              | 4   | 4,67        | 3,93        |                   |                                   |
| 1                | 3   | 3,50        | 2,95        | 4,0               | 80                                |
| 1,2              | 5   | 5,84        | 4,91        |                   |                                   |
| 1,4              | 4   | 4,67        | 3,93        |                   |                                   |
| 1,6              | 4   | 4,67        | 3,64        |                   |                                   |
| 1,8              | 5   | 5,84        | 4,55        |                   |                                   |
| 2                | 9   | 10,51       | 8,19        | 7,8               | 156                               |
| 2,2              | 7   | 8,17        | 6,37        |                   |                                   |
| 2,4              | 10  | 11,68       | 9,10        |                   |                                   |
| 2,6              | 9   | 10,51       | 7,63        |                   |                                   |
| 2,8              | 9   | 10,51       | 7,63        |                   |                                   |
| 3                | 6   | 7,01        | 5,08        | 4,3               | 85                                |
| 3,2              | 3   | 3,50        | 2,54        |                   |                                   |
| 3,4              | 4   | 4,67        | 3,39        |                   |                                   |
| 3,6              | 4   | 4,67        | 3,17        |                   |                                   |
| 3,8              | 9   | 10,51       | 7,14        |                   |                                   |
| 4                | 8   | 9,34        | 6,34        | 4,5               | 90                                |
| 4,2              | 5   | 5,84        | 3,96        |                   |                                   |
| 4,4              | 4   | 4,67        | 3,17        |                   |                                   |
| 4,6              | 8   | 9,34        | 5,96        |                   |                                   |
| 4,8              | 4   | 4,67        | 2,98        |                   |                                   |
| 5                | 2   | 2,34        | 1,49        | 2,5               | 49                                |
| 5,2              | 3   | 3,50        | 2,24        |                   |                                   |
| 5,4              | 4   | 4,67        | 2,98        |                   |                                   |
| 5,6              | 3   | 3,50        | 2,11        |                   |                                   |
| 5,8              | 5   | 5,84        | 3,51        |                   |                                   |
| 6                | 5   | 5,84        | 3,51        | 6,6               | 131                               |
| 6,2              | 8   | 9,34        | 5,62        |                   |                                   |
| 6,4              | 11  | 12,84       | 7,73        |                   |                                   |
| 6,6              | 12  | 14,01       | 7,98        |                   |                                   |
| 6,8              | 12  | 14,01       | 7,98        |                   |                                   |
| 7                | 11  | 12,84       | 7,31        | 6,8               | 135                               |
| 7,2              | 9   | 10,51       | 5,98        |                   |                                   |
| 7,4              | 10  | 11,68       | 6,65        |                   |                                   |
| 7,6              | 11  | 12,84       | 6,94        |                   |                                   |
| 7,8              | 11  | 12,84       | 6,94        |                   |                                   |
| 8                | 13  | 15,18       | 8,20        | 10,2              | 205                               |
| 8,2              | 15  | 17,51       | 9,47        |                   |                                   |
| 8,4              | 16  | 18,68       | 10,10       |                   |                                   |

|      |    |       |       |      |     |
|------|----|-------|-------|------|-----|
| 8,6  | 20 | 23,35 | 12,01 |      |     |
| 8,8  | 19 | 22,18 | 11,41 |      |     |
| 9    | 20 | 23,35 | 12,01 | 12,1 | 243 |
| 9,2  | 23 | 26,85 | 13,81 |      |     |
| 9,4  | 20 | 23,35 | 12,01 |      |     |
| 9,6  | 19 | 22,18 | 10,88 |      |     |
| 9,8  | 21 | 24,52 | 12,02 |      |     |
| 10   | 25 | 29,19 | 14,31 | 13,9 | 279 |
| 10,2 | 26 | 30,36 | 14,89 |      |     |
| 10,4 | 23 | 26,85 | 13,17 |      |     |
| 10,6 | 27 | 31,53 | 14,77 |      |     |
| 10,8 | 23 | 26,85 | 12,59 |      |     |
| 11   | 15 | 17,51 | 8,21  | 6,9  | 137 |
| 11,2 | 14 | 16,35 | 7,66  |      |     |
| 11,4 | 11 | 12,84 | 6,02  |      |     |
| 11,6 | 15 | 17,51 | 8,21  |      |     |
| 11,8 | 8  | 9,34  | 4,19  |      |     |
| 12   | 50 | 58,38 | 26,20 | 27,6 | 553 |
| 12,2 | 47 | 54,88 | 24,63 |      |     |
| 12,4 | 54 | 63,05 | 28,29 |      |     |
| 12,6 | 60 | 70,06 | 31,44 |      |     |

**Tabela V**  
-  $N_{20}$ ,  $r_d$ ,  $q_d$  na sondagem DPSH 4-

| Profundidade (m) | N20 | $r_d$ (MPa) | $q_d$ (MPa) | Média $q_d$ (MPa) | Tensão média (KN/m <sup>2</sup> ) |
|------------------|-----|-------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| 0                |     |             |             | 3,8               | 77                                |
| 0,2              | 3   | 3,50        | 3,20        |                   |                                   |
| 0,4              | 3   | 3,50        | 3,20        |                   |                                   |
| 0,6              | 5   | 5,84        | 4,91        |                   |                                   |
| 0,8              | 8   | 9,34        | 7,86        |                   |                                   |
| 1                | 25  | 29,19       | 24,55       | 25,2              | 505                               |
| 1,2              | 25  | 29,19       | 24,55       |                   |                                   |
| 1,4              | 22  | 25,69       | 21,60       |                   |                                   |
| 1,6              | 33  | 38,53       | 30,02       |                   |                                   |
| 1,8              | 28  | 32,69       | 25,47       |                   |                                   |
| 2                | 25  | 29,19       | 22,74       | 18,0              | 359                               |
| 2,2              | 21  | 24,52       | 19,10       |                   |                                   |
| 2,4              | 22  | 25,69       | 20,01       |                   |                                   |
| 2,6              | 16  | 18,68       | 13,56       |                   |                                   |
| 2,8              | 17  | 19,85       | 14,40       |                   |                                   |
| 3                | 18  | 21,02       | 15,25       | 12,9              | 258                               |
| 3,2              | 17  | 19,85       | 14,40       |                   |                                   |
| 3,4              | 13  | 15,18       | 11,02       |                   |                                   |
| 3,6              | 17  | 19,85       | 13,48       |                   |                                   |
| 3,8              | 13  | 15,18       | 10,31       |                   |                                   |
| 4                | 12  | 14,01       | 9,52        | 9,4               | 189                               |
| 4,2              | 13  | 15,18       | 10,31       |                   |                                   |
| 4,4              | 11  | 12,84       | 8,72        |                   |                                   |
| 4,6              | 11  | 12,84       | 8,20        |                   |                                   |
| 4,8              | 14  | 16,35       | 10,43       |                   |                                   |
| 5                | 15  | 17,51       | 11,18       | 9,9               | 198                               |
| 5,2              | 13  | 15,18       | 9,69        |                   |                                   |
| 5,4              | 12  | 14,01       | 8,94        |                   |                                   |
| 5,6              | 14  | 16,35       | 9,84        |                   |                                   |
| 5,8              | 14  | 16,35       | 9,84        |                   |                                   |
| 6                | 12  | 14,01       | 8,43        | 9,3               | 186                               |
| 6,2              | 13  | 15,18       | 9,14        |                   |                                   |
| 6,4              | 10  | 11,68       | 7,03        |                   |                                   |
| 6,6              | 16  | 18,68       | 10,64       |                   |                                   |
| 6,8              | 17  | 19,85       | 11,30       |                   |                                   |
| 7                | 16  | 18,68       | 10,64       | 9,9               | 197                               |
| 7,2              | 13  | 15,18       | 8,64        |                   |                                   |
| 7,4              | 11  | 12,84       | 7,31        |                   |                                   |
| 7,6              | 15  | 17,51       | 9,47        |                   |                                   |
| 7,8              | 21  | 24,52       | 13,25       |                   |                                   |
| 8                | 17  | 19,85       | 10,73       | 9,8               | 196                               |
| 8,2              | 17  | 19,85       | 10,73       |                   |                                   |
| 8,4              | 16  | 18,68       | 10,10       |                   |                                   |
| 8,6              | 15  | 17,51       | 9,01        |                   |                                   |
| 8,8              | 14  | 16,35       | 8,40        |                   |                                   |
| 9                | 14  | 16,35       | 8,40        | 6,6               | 132                               |
| 9,2              | 13  | 15,18       | 7,80        |                   |                                   |
| 9,4              | 10  | 11,68       | 6,00        |                   |                                   |
| 9,6              | 11  | 12,84       | 6,30        |                   |                                   |
| 9,8              | 8   | 9,34        | 4,58        |                   |                                   |
| 10               | 10  | 11,68       | 5,73        | 8,1               | 161                               |
| 10,2             | 10  | 11,68       | 5,73        |                   |                                   |
| 10,4             | 18  | 21,02       | 10,31       |                   |                                   |

|      |    |       |       |      |     |
|------|----|-------|-------|------|-----|
| 10,6 | 16 | 18,68 | 8,75  |      |     |
| 10,8 | 18 | 21,02 | 9,85  |      |     |
| 11   | 23 | 26,85 | 12,59 | 13,6 | 273 |
| 11,2 | 23 | 26,85 | 12,59 |      |     |
| 11,4 | 21 | 24,52 | 11,49 |      |     |
| 11,6 | 28 | 32,69 | 15,32 |      |     |
| 11,8 | 31 | 36,20 | 16,24 |      |     |
| 12   | 31 | 36,20 | 16,24 | 13,5 | 270 |
| 12,2 | 26 | 30,36 | 13,62 |      |     |
| 12,4 | 20 | 23,35 | 10,48 |      |     |
| 12,6 | 25 | 29,19 | 13,10 |      |     |
| 12,8 | 28 | 32,69 | 14,07 |      |     |
| 13   | 25 | 29,19 | 12,57 | 8,5  | 170 |
| 13,2 | 22 | 25,69 | 11,06 |      |     |
| 13,4 | 15 | 17,51 | 7,54  |      |     |
| 13,6 | 12 | 14,01 | 6,03  |      |     |
| 13,8 | 11 | 12,84 | 5,31  |      |     |
| 14   | 10 | 11,68 | 4,83  | 5,2  | 105 |
| 14,2 | 13 | 15,18 | 6,28  |      |     |
| 14,4 | 12 | 14,01 | 5,80  |      |     |
| 14,6 | 12 | 14,01 | 5,80  |      |     |
| 14,8 | 10 | 11,68 | 4,65  |      |     |
| 15   | 8  | 9,34  | 3,72  | 4,4  | 89  |
| 15,2 | 12 | 14,01 | 5,58  |      |     |
| 15,4 | 9  | 10,51 | 4,18  |      |     |
| 15,6 | 9  | 10,51 | 4,18  |      |     |
| 15,8 | 10 | 11,68 | 4,48  |      |     |
| 16   | 12 | 14,01 | 5,38  | 4,8  | 96  |
| 16,2 | 12 | 14,01 | 5,38  |      |     |
| 16,4 | 16 | 18,68 | 7,17  |      |     |
| 16,6 | 7  | 8,17  | 3,14  |      |     |
| 16,8 | 7  | 8,17  | 3,03  |      |     |
| 17   | 7  | 8,17  | 3,03  | 3,1  | 62  |
| 17,2 | 6  | 7,01  | 2,59  |      |     |
| 17,4 | 7  | 8,17  | 3,03  |      |     |
| 17,6 | 7  | 8,17  | 3,03  |      |     |
| 17,8 | 9  | 10,51 | 3,76  |      |     |
| 18   | 8  | 9,34  | 3,34  | 3,1  | 61  |
| 18,2 | 7  | 8,17  | 2,92  |      |     |
| 18,4 | 7  | 8,17  | 2,92  |      |     |
| 18,6 | 8  | 9,34  | 3,34  |      |     |
| 18,8 | 7  | 8,17  | 2,83  |      |     |
| 19   | 7  | 8,17  | 2,83  | 3,3  | 66  |
| 19,2 | 7  | 8,17  | 2,83  |      |     |
| 19,4 | 7  | 8,17  | 2,83  |      |     |
| 19,6 | 9  | 10,51 | 3,64  |      |     |
| 19,8 | 11 | 12,84 | 4,30  |      |     |
| 20   | 5  | 5,84  | 1,96  | 3,1  | 62  |
| 20,2 | 9  | 10,51 | 3,52  |      |     |
| 20,4 | 10 | 11,68 | 3,91  |      |     |
| 20,6 | 10 | 11,68 | 3,91  |      |     |
| 20,8 | 6  | 7,01  | 2,28  |      |     |
| 21   | 4  | 4,67  | 1,52  | 2,6  | 53  |
| 21,2 | 6  | 7,01  | 2,28  |      |     |
| 21,4 | 10 | 11,68 | 3,79  |      |     |
| 21,6 | 9  | 10,51 | 3,41  |      |     |
| 21,8 | 6  | 7,01  | 2,21  |      |     |
| 22   | 4  | 4,67  | 1,47  | 2,7  | 54  |



|      |    |       |       |      |     |
|------|----|-------|-------|------|-----|
| 22,2 | 5  | 5,84  | 1,84  |      |     |
| 22,4 | 6  | 7,01  | 2,21  |      |     |
| 22,6 | 10 | 11,68 | 3,68  |      |     |
| 22,8 | 12 | 14,01 | 4,29  |      |     |
| 23   | 9  | 10,51 | 3,22  | 3,0  | 60  |
| 23,2 | 7  | 8,17  | 2,50  |      |     |
| 23,4 | 9  | 10,51 | 3,22  |      |     |
| 23,6 | 8  | 9,34  | 2,86  |      |     |
| 23,8 | 9  | 10,51 | 3,13  |      |     |
| 24   | 12 | 14,01 | 4,17  | 3,0  | 61  |
| 24,2 | 12 | 14,01 | 4,17  |      |     |
| 24,4 | 7  | 8,17  | 2,43  |      |     |
| 24,6 | 4  | 4,67  | 1,39  |      |     |
| 24,8 | 5  | 5,84  | 1,69  |      |     |
| 25   | 7  | 8,17  | 2,36  | 3,6  | 72  |
| 25,2 | 8  | 9,34  | 2,70  |      |     |
| 25,4 | 11 | 12,84 | 3,72  |      |     |
| 25,6 | 13 | 15,18 | 4,39  |      |     |
| 25,8 | 15 | 17,51 | 4,93  |      |     |
| 26   | 18 | 21,02 | 5,92  | 7,2  | 144 |
| 26,2 | 26 | 30,36 | 8,55  |      |     |
| 26,4 | 25 | 29,19 | 8,22  |      |     |
| 26,6 | 19 | 22,18 | 6,25  |      |     |
| 26,8 | 22 | 25,69 | 7,05  |      |     |
| 27   | 19 | 22,18 | 6,09  | 8,2  | 165 |
| 27,2 | 20 | 23,35 | 6,41  |      |     |
| 27,4 | 17 | 19,85 | 5,44  |      |     |
| 27,6 | 47 | 54,88 | 15,05 |      |     |
| 27,8 | 60 | 70,06 | 18,73 | 18,7 | 375 |

**Tabela VI**  
-  $N_{20}$ ,  $r_d$ ,  $q_d$  na sondagem DPSH 5-

| Profundidade (m) | N20 | $r_d$ (MPa) | $q_d$ (MPa) | Média $q_d$ (MPa) | Tensão média (KN/m <sup>2</sup> ) |
|------------------|-----|-------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| 0                |     |             |             | 36,0              | 720                               |
| 0,2              | 60  | 70,06       | 64,01       |                   |                                   |
| 0,4              | 60  | 70,06       | 64,01       |                   |                                   |
| 0,6              | 40  | 46,70       | 39,28       |                   |                                   |
| 0,8              | 13  | 15,18       | 12,77       |                   |                                   |
| 1                | 10  | 11,68       | 9,82        | 10,8              | 216                               |
| 1,2              | 10  | 11,68       | 9,82        |                   |                                   |
| 1,4              | 9   | 10,51       | 8,84        |                   |                                   |
| 1,6              | 13  | 15,18       | 11,83       |                   |                                   |
| 1,8              | 15  | 17,51       | 13,65       |                   |                                   |
| 2                | 13  | 15,18       | 11,83       | 11,6              | 233                               |
| 2,2              | 12  | 14,01       | 10,92       |                   |                                   |
| 2,4              | 12  | 14,01       | 10,92       |                   |                                   |
| 2,6              | 13  | 15,18       | 11,02       |                   |                                   |
| 2,8              | 16  | 18,68       | 13,56       |                   |                                   |
| 3                | 16  | 18,68       | 13,56       | 9,1               | 182                               |
| 3,2              | 12  | 14,01       | 10,17       |                   |                                   |
| 3,4              | 7   | 8,17        | 5,93        |                   |                                   |
| 3,6              | 8   | 9,34        | 6,34        |                   |                                   |
| 3,8              | 12  | 14,01       | 9,52        |                   |                                   |
| 4                | 13  | 15,18       | 10,31       | 11,6              | 231                               |
| 4,2              | 13  | 15,18       | 10,31       |                   |                                   |
| 4,4              | 14  | 16,35       | 11,10       |                   |                                   |
| 4,6              | 19  | 22,18       | 14,16       |                   |                                   |
| 4,8              | 16  | 18,68       | 11,92       |                   |                                   |
| 5                | 14  | 16,35       | 10,43       | 9,0               | 181                               |
| 5,2              | 14  | 16,35       | 10,43       |                   |                                   |
| 5,4              | 9   | 10,51       | 6,71        |                   |                                   |
| 5,6              | 10  | 11,68       | 7,03        |                   |                                   |
| 5,8              | 15  | 17,51       | 10,54       |                   |                                   |
| 6                | 16  | 18,68       | 11,24       | 10,3              | 206                               |
| 6,2              | 16  | 18,68       | 11,24       |                   |                                   |
| 6,4              | 13  | 15,18       | 9,14        |                   |                                   |
| 6,6              | 16  | 18,68       | 10,64       |                   |                                   |
| 6,8              | 14  | 16,35       | 9,31        |                   |                                   |
| 7                | 16  | 18,68       | 10,64       | 11,2              | 224                               |
| 7,2              | 17  | 19,85       | 11,30       |                   |                                   |
| 7,4              | 19  | 22,18       | 12,63       |                   |                                   |
| 7,6              | 18  | 21,02       | 11,36       |                   |                                   |
| 7,8              | 16  | 18,68       | 10,10       |                   |                                   |
| 8                | 20  | 23,35       | 12,62       | 9,9               | 198                               |
| 8,2              | 16  | 18,68       | 10,10       |                   |                                   |
| 8,4              | 14  | 16,35       | 8,83        |                   |                                   |
| 8,6              | 15  | 17,51       | 9,01        |                   |                                   |
| 8,8              | 15  | 17,51       | 9,01        |                   |                                   |
| 9                | 15  | 17,51       | 9,01        | 8,3               | 165                               |
| 9,2              | 15  | 17,51       | 9,01        |                   |                                   |
| 9,4              | 16  | 18,68       | 9,61        |                   |                                   |
| 9,6              | 14  | 16,35       | 8,02        |                   |                                   |
| 9,8              | 10  | 11,68       | 5,73        |                   |                                   |
| 10               | 7   | 8,17        | 4,01        | 4,0               | 81                                |
| 10,2             | 4   | 4,67        | 2,29        |                   |                                   |
| 10,4             | 7   | 8,17        | 4,01        |                   |                                   |

|      |    |       |       |      |     |
|------|----|-------|-------|------|-----|
| 10,6 | 8  | 9,34  | 4,38  |      |     |
| 10,8 | 10 | 11,68 | 5,47  |      |     |
| 11   | 10 | 11,68 | 5,47  | 6,2  | 124 |
| 11,2 | 11 | 12,84 | 6,02  |      |     |
| 11,4 | 11 | 12,84 | 6,02  |      |     |
| 11,6 | 12 | 14,01 | 6,57  |      |     |
| 11,8 | 13 | 15,18 | 6,81  |      |     |
| 12   | 15 | 17,51 | 7,86  | 9,4  | 189 |
| 12,2 | 17 | 19,85 | 8,91  |      |     |
| 12,4 | 17 | 19,85 | 8,91  |      |     |
| 12,6 | 19 | 22,18 | 9,96  |      |     |
| 12,8 | 23 | 26,85 | 11,56 |      |     |
| 13   | 28 | 32,69 | 14,07 | 11,3 | 225 |
| 13,2 | 20 | 23,35 | 10,05 |      |     |
| 13,4 | 20 | 23,35 | 10,05 |      |     |
| 13,6 | 23 | 26,85 | 11,56 |      |     |
| 13,8 | 22 | 25,69 | 10,63 |      |     |
| 14   | 22 | 25,69 | 10,63 | 8,4  | 169 |
| 14,2 | 19 | 22,18 | 9,18  |      |     |
| 14,4 | 18 | 21,02 | 8,69  |      |     |
| 14,6 | 20 | 23,35 | 9,66  |      |     |
| 14,8 | 17 | 19,85 | 7,90  |      |     |
| 15   | 14 | 16,35 | 6,51  | 6,1  | 122 |
| 15,2 | 14 | 16,35 | 6,51  |      |     |
| 15,4 | 13 | 15,18 | 6,04  |      |     |
| 15,6 | 14 | 16,35 | 6,51  |      |     |
| 15,8 | 11 | 12,84 | 4,93  |      |     |
| 16   | 12 | 14,01 | 5,38  | 8,3  | 166 |
| 16,2 | 17 | 19,85 | 7,62  |      |     |
| 16,4 | 25 | 29,19 | 11,20 |      |     |
| 16,6 | 24 | 28,02 | 10,75 |      |     |
| 16,8 | 15 | 17,51 | 6,48  |      |     |
| 17   | 13 | 15,18 | 5,62  | 5,3  | 107 |
| 17,2 | 13 | 15,18 | 5,62  |      |     |
| 17,4 | 13 | 15,18 | 5,62  |      |     |
| 17,6 | 12 | 14,01 | 5,19  |      |     |
| 17,8 | 11 | 12,84 | 4,59  |      |     |
| 18   | 7  | 8,17  | 2,92  | 5,8  | 115 |
| 18,2 | 6  | 7,01  | 2,51  |      |     |
| 18,4 | 8  | 9,34  | 3,34  |      |     |
| 18,6 | 17 | 19,85 | 7,10  |      |     |
| 18,8 | 32 | 37,36 | 12,93 |      |     |
| 19   | 20 | 23,35 | 8,08  | 7,7  | 154 |
| 19,2 | 17 | 19,85 | 6,87  |      |     |
| 19,4 | 18 | 21,02 | 7,27  |      |     |
| 19,6 | 20 | 23,35 | 8,08  |      |     |
| 19,8 | 21 | 24,52 | 8,22  |      |     |
| 20   | 18 | 21,02 | 7,04  | 11,3 | 227 |
| 20,2 | 16 | 18,68 | 6,26  |      |     |
| 20,4 | 22 | 25,69 | 8,61  |      |     |
| 20,6 | 60 | 70,06 | 23,48 |      |     |

**Tabela VII**  
-  $N_{20}$ ,  $r_d$ ,  $q_d$  na sondagem DPSH 6-

| Profundidade (m) | N20 | $r_d$ (MPa) | $q_d$ (MPa) | Média $q_d$ (MPa) | Tensão média (KN/m <sup>2</sup> ) |
|------------------|-----|-------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| 0                |     |             |             | 27,2              | 545                               |
| 0,2              | 60  | 70,06       | 64,01       |                   |                                   |
| 0,4              | 41  | 47,87       | 43,74       |                   |                                   |
| 0,6              | 23  | 26,85       | 22,59       |                   |                                   |
| 0,8              | 6   | 7,01        | 5,89        |                   |                                   |
| 1                | 6   | 7,01        | 5,89        | 5,8               | 116                               |
| 1,2              | 11  | 12,84       | 10,80       |                   |                                   |
| 1,4              | 5   | 5,84        | 4,91        |                   |                                   |
| 1,6              | 4   | 4,67        | 3,64        |                   |                                   |
| 1,8              | 4   | 4,67        | 3,64        |                   |                                   |
| 2                | 5   | 5,84        | 4,55        | 4,2               | 85                                |
| 2,2              | 4   | 4,67        | 3,64        |                   |                                   |
| 2,4              | 4   | 4,67        | 3,64        |                   |                                   |
| 2,6              | 6   | 7,01        | 5,08        |                   |                                   |
| 2,8              | 5   | 5,84        | 4,24        |                   |                                   |
| 3                | 3   | 3,50        | 2,54        | 5,3               | 105                               |
| 3,2              | 3   | 3,50        | 2,54        |                   |                                   |
| 3,4              | 11  | 12,84       | 9,32        |                   |                                   |
| 3,6              | 10  | 11,68       | 7,93        |                   |                                   |
| 3,8              | 5   | 5,84        | 3,96        |                   |                                   |
| 4                | 7   | 8,17        | 5,55        | 6,8               | 136                               |
| 4,2              | 8   | 9,34        | 6,34        |                   |                                   |
| 4,4              | 8   | 9,34        | 6,34        |                   |                                   |
| 4,6              | 10  | 11,68       | 7,45        |                   |                                   |
| 4,8              | 11  | 12,84       | 8,20        |                   |                                   |
| 5                | 11  | 12,84       | 8,20        | 6,6               | 131                               |
| 5,2              | 9   | 10,51       | 6,71        |                   |                                   |
| 5,4              | 9   | 10,51       | 6,71        |                   |                                   |
| 5,6              | 9   | 10,51       | 6,32        |                   |                                   |
| 5,8              | 7   | 8,17        | 4,92        |                   |                                   |
| 6                | 7   | 8,17        | 4,92        | 8,4               | 167                               |
| 6,2              | 12  | 14,01       | 8,43        |                   |                                   |
| 6,4              | 13  | 15,18       | 9,14        |                   |                                   |
| 6,6              | 14  | 16,35       | 9,31        |                   |                                   |
| 6,8              | 15  | 17,51       | 9,97        |                   |                                   |
| 7                | 12  | 14,01       | 7,98        | 13,1              | 262                               |
| 7,2              | 12  | 14,01       | 7,98        |                   |                                   |
| 7,4              | 10  | 11,68       | 6,65        |                   |                                   |
| 7,6              | 10  | 11,68       | 6,31        |                   |                                   |
| 7,8              | 58  | 67,72       | 36,60       |                   |                                   |
| 8                | 60  | 70,06       | 37,86       | 37,9              | 757                               |

**Tabela VIII**  
-  $N_{20}$ ,  $r_d$ ,  $q_d$  na sondagem DPSH 7-

| Profundidade (m) | N20 | $r_d$ (MPa) | $q_d$ (MPa) | Média $q_d$ (MPa) | Tensão média (KN/m <sup>2</sup> ) |
|------------------|-----|-------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| 0                |     |             |             | 9,5               | 191                               |
| 0,2              | 13  | 15,18       | 13,87       |                   |                                   |
| 0,4              | 17  | 19,85       | 18,14       |                   |                                   |
| 0,6              | 10  | 11,68       | 9,82        |                   |                                   |
| 0,8              | 6   | 7,01        | 5,89        |                   |                                   |
| 1                | 5   | 5,84        | 4,91        | 6,5               | 129                               |
| 1,2              | 6   | 7,01        | 5,89        |                   |                                   |
| 1,4              | 8   | 9,34        | 7,86        |                   |                                   |
| 1,6              | 8   | 9,34        | 7,28        |                   |                                   |
| 1,8              | 7   | 8,17        | 6,37        |                   |                                   |
| 2                | 8   | 9,34        | 7,28        | 12,9              | 258                               |
| 2,2              | 16  | 18,68       | 14,56       |                   |                                   |
| 2,4              | 17  | 19,85       | 15,47       |                   |                                   |
| 2,6              | 17  | 19,85       | 14,40       |                   |                                   |
| 2,8              | 15  | 17,51       | 12,71       |                   |                                   |
| 3                | 17  | 19,85       | 14,40       | 18,9              | 378                               |
| 3,2              | 20  | 23,35       | 16,95       |                   |                                   |
| 3,4              | 25  | 29,19       | 21,18       |                   |                                   |
| 3,6              | 28  | 32,69       | 22,20       |                   |                                   |
| 3,8              | 25  | 29,19       | 19,82       |                   |                                   |
| 4                | 45  | 52,54       | 35,68       | 41,6              | 833                               |
| 4,2              | 60  | 70,06       | 47,58       |                   |                                   |

**Tabela IX**  
-  $N_{20}$ ,  $r_d$ ,  $q_d$  na sondagem DPSH 8-

| Profundidade (m) | N20 | $r_d$ (MPa) | $q_d$ (MPa) | Média $q_d$ (MPa) | Tensão média (KN/m <sup>2</sup> ) |
|------------------|-----|-------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| 0                |     |             |             | 35,8              | 716                               |
| 0,2              | 60  | 70,06       | 64,01       |                   |                                   |
| 0,4              | 60  | 70,06       | 64,01       |                   |                                   |
| 0,6              | 38  | 44,37       | 37,32       |                   |                                   |
| 0,8              | 14  | 16,35       | 13,75       |                   |                                   |
| 1                | 8   | 9,34        | 7,86        | 7,4               | 148                               |
| 1,2              | 7   | 8,17        | 6,87        |                   |                                   |
| 1,4              | 7   | 8,17        | 6,87        |                   |                                   |
| 1,6              | 7   | 8,17        | 6,37        |                   |                                   |
| 1,8              | 10  | 11,68       | 9,10        |                   |                                   |
| 2                | 7   | 8,17        | 6,37        | 7,0               | 141                               |
| 2,2              | 7   | 8,17        | 6,37        |                   |                                   |
| 2,4              | 7   | 8,17        | 6,37        |                   |                                   |
| 2,6              | 10  | 11,68       | 8,47        |                   |                                   |
| 2,8              | 9   | 10,51       | 7,63        |                   |                                   |
| 3                | 8   | 9,34        | 6,78        | 6,6               | 131                               |
| 3,2              | 6   | 7,01        | 5,08        |                   |                                   |
| 3,4              | 7   | 8,17        | 5,93        |                   |                                   |
| 3,6              | 10  | 11,68       | 7,93        |                   |                                   |
| 3,8              | 9   | 10,51       | 7,14        |                   |                                   |
| 4                | 7   | 8,17        | 5,55        | 6,6               | 133                               |
| 4,2              | 8   | 9,34        | 6,34        |                   |                                   |
| 4,4              | 8   | 9,34        | 6,34        |                   |                                   |
| 4,6              | 9   | 10,51       | 6,71        |                   |                                   |
| 4,8              | 11  | 12,84       | 8,20        |                   |                                   |
| 5                | 10  | 11,68       | 7,45        | 8,8               | 176                               |
| 5,2              | 7   | 8,17        | 5,22        |                   |                                   |
| 5,4              | 11  | 12,84       | 8,20        |                   |                                   |
| 5,6              | 16  | 18,68       | 11,24       |                   |                                   |
| 5,8              | 17  | 19,85       | 11,95       |                   |                                   |
| 6                | 17  | 19,85       | 11,95       | 9,0               | 179                               |
| 6,2              | 15  | 17,51       | 10,54       |                   |                                   |
| 6,4              | 11  | 12,84       | 7,73        |                   |                                   |
| 6,6              | 11  | 12,84       | 7,31        |                   |                                   |
| 6,8              | 11  | 12,84       | 7,31        |                   |                                   |
| 7                | 9   | 10,51       | 5,98        | 7,8               | 156                               |
| 7,2              | 11  | 12,84       | 7,31        |                   |                                   |
| 7,4              | 11  | 12,84       | 7,31        |                   |                                   |
| 7,6              | 14  | 16,35       | 8,83        |                   |                                   |
| 7,8              | 15  | 17,51       | 9,47        |                   |                                   |
| 8                | 20  | 23,35       | 12,62       | 11,9              | 237                               |
| 8,2              | 17  | 19,85       | 10,73       |                   |                                   |
| 8,4              | 16  | 18,68       | 10,10       |                   |                                   |
| 8,6              | 20  | 23,35       | 12,01       |                   |                                   |
| 8,8              | 23  | 26,85       | 13,81       |                   |                                   |
| 9                | 20  | 23,35       | 12,01       | 10,3              | 206                               |
| 9,2              | 22  | 25,69       | 13,21       |                   |                                   |
| 9,4              | 18  | 21,02       | 10,81       |                   |                                   |
| 9,6              | 15  | 17,51       | 8,59        |                   |                                   |
| 9,8              | 12  | 14,01       | 6,87        |                   |                                   |
| 10               | 60  | 70,06       | 34,35       | 34,4              | 687                               |

**Tabela X**  
-  $N_{20}$ ,  $r_d$ ,  $q_d$  na sondagem DPSH 9-

| Profundidade (m) | N20 | $r_d$ (MPa) | $q_d$ (MPa) | Média $q_d$ (MPa) | Tensão média (KN/m <sup>2</sup> ) |
|------------------|-----|-------------|-------------|-------------------|-----------------------------------|
| 0                |     |             |             | 25,4              | 508                               |
| 0,2              | 60  | 70,06       | 64,01       |                   |                                   |
| 0,4              | 37  | 43,20       | 39,47       |                   |                                   |
| 0,6              | 16  | 18,68       | 15,71       |                   |                                   |
| 0,8              | 8   | 9,34        | 7,86        |                   |                                   |
| 1                | 5   | 5,84        | 4,91        | 5,1               | 102                               |
| 1,2              | 2   | 2,34        | 1,96        |                   |                                   |
| 1,4              | 6   | 7,01        | 5,89        |                   |                                   |
| 1,6              | 7   | 8,17        | 6,37        |                   |                                   |
| 1,8              | 7   | 8,17        | 6,37        |                   |                                   |
| 2                | 8   | 9,34        | 7,28        | 8,0               | 161                               |
| 2,2              | 7   | 8,17        | 6,37        |                   |                                   |
| 2,4              | 4   | 4,67        | 3,64        |                   |                                   |
| 2,6              | 13  | 15,18       | 11,02       |                   |                                   |
| 2,8              | 14  | 16,35       | 11,86       |                   |                                   |
| 3                | 10  | 11,68       | 8,47        | 8,4               | 168                               |
| 3,2              | 9   | 10,51       | 7,63        |                   |                                   |
| 3,4              | 11  | 12,84       | 9,32        |                   |                                   |
| 3,6              | 11  | 12,84       | 8,72        |                   |                                   |
| 3,8              | 10  | 11,68       | 7,93        |                   |                                   |
| 4                | 8   | 9,34        | 6,34        | 7,2               | 144                               |
| 4,2              | 7   | 8,17        | 5,55        |                   |                                   |
| 4,4              | 8   | 9,34        | 6,34        |                   |                                   |
| 4,6              | 11  | 12,84       | 8,20        |                   |                                   |
| 4,8              | 13  | 15,18       | 9,69        |                   |                                   |
| 5                | 10  | 11,68       | 7,45        | 7,7               | 154                               |
| 5,2              | 9   | 10,51       | 6,71        |                   |                                   |
| 5,4              | 10  | 11,68       | 7,45        |                   |                                   |
| 5,6              | 12  | 14,01       | 8,43        |                   |                                   |
| 5,8              | 12  | 14,01       | 8,43        |                   |                                   |
| 6                | 12  | 14,01       | 8,43        | 8,9               | 178                               |
| 6,2              | 11  | 12,84       | 7,73        |                   |                                   |
| 6,4              | 13  | 15,18       | 9,14        |                   |                                   |
| 6,6              | 14  | 16,35       | 9,31        |                   |                                   |
| 6,8              | 15  | 17,51       | 9,97        |                   |                                   |
| 7                | 16  | 18,68       | 10,64       | 10,7              | 214                               |
| 7,2              | 18  | 21,02       | 11,97       |                   |                                   |
| 7,4              | 16  | 18,68       | 10,64       |                   |                                   |
| 7,6              | 15  | 17,51       | 9,47        |                   |                                   |
| 7,8              | 17  | 19,85       | 10,73       |                   |                                   |
| 8                | 16  | 18,68       | 10,10       | 10,9              | 218                               |
| 8,2              | 16  | 18,68       | 10,10       |                   |                                   |
| 8,4              | 19  | 22,18       | 11,99       |                   |                                   |

|      |    |       |       |      |     |
|------|----|-------|-------|------|-----|
| 8,6  | 18 | 21,02 | 10,81 |      |     |
| 8,8  | 19 | 22,18 | 11,41 |      |     |
| 9    | 19 | 22,18 | 11,41 | 9,4  | 189 |
| 9,2  | 15 | 17,51 | 9,01  |      |     |
| 9,4  | 14 | 16,35 | 8,40  |      |     |
| 9,6  | 16 | 18,68 | 9,16  |      |     |
| 9,8  | 16 | 18,68 | 9,16  |      |     |
| 10   | 13 | 15,18 | 7,44  | 6,1  | 122 |
| 10,2 | 11 | 12,84 | 6,30  |      |     |
| 10,4 | 10 | 11,68 | 5,73  |      |     |
| 10,6 | 10 | 11,68 | 5,47  |      |     |
| 10,8 | 10 | 11,68 | 5,47  |      |     |
| 11   | 9  | 10,51 | 4,92  | 13,1 | 261 |
| 11,2 | 15 | 17,51 | 8,21  |      |     |
| 11,4 | 24 | 28,02 | 13,13 |      |     |
| 11,6 | 34 | 39,70 | 18,60 |      |     |
| 11,8 | 39 | 45,54 | 20,44 |      |     |
| 12   | 28 | 32,69 | 14,67 | 9,9  | 198 |
| 12,2 | 22 | 25,69 | 11,53 |      |     |
| 12,4 | 15 | 17,51 | 7,86  |      |     |
| 12,6 | 14 | 16,35 | 7,34  |      |     |
| 12,8 | 16 | 18,68 | 8,04  |      |     |
| 13   | 24 | 28,02 | 12,06 | 15,2 | 305 |
| 13,2 | 41 | 47,87 | 20,61 |      |     |
| 13,4 | 29 | 33,86 | 14,58 |      |     |
| 13,6 | 23 | 26,85 | 11,56 |      |     |
| 13,8 | 36 | 42,03 | 17,39 |      |     |
| 14   | 47 | 54,88 | 22,70 | 24,1 | 483 |
| 14,2 | 48 | 56,05 | 23,18 |      |     |
| 14,4 | 50 | 58,38 | 24,15 |      |     |
| 14,6 | 47 | 54,88 | 22,70 |      |     |
| 14,8 | 60 | 70,06 | 27,89 |      |     |



### 3.3 Nível freático

Na altura de realização das sondagens o nível freático não foi medido nos furos pois encontravam-se secos.

**Tabela XI**  
*- Nível freático -*

| <b>DPSH</b> | <b>Profundidade do nível freático (m)</b> |
|-------------|---|
| <b>1</b>    | Seco                                      |
| <b>2</b>    | Seco                                      |
| <b>3</b>    | Seco                                      |
| <b>4</b>    | Seco                                      |
| <b>5</b>    | Seco                                      |
| <b>6</b>    | Seco                                      |
| <b>7</b>    | Seco                                      |
| <b>8</b>    | Seco                                      |
| <b>9</b>    | Seco                                      |

### 3.4 Parâmetros geotécnicos

Na tabela a seguir apresentam-se os parâmetros geotécnicos das formações litológicas intersetadas pelas sondagens DPSH considerando os resultados mais desfavoráveis obtidos nestas.

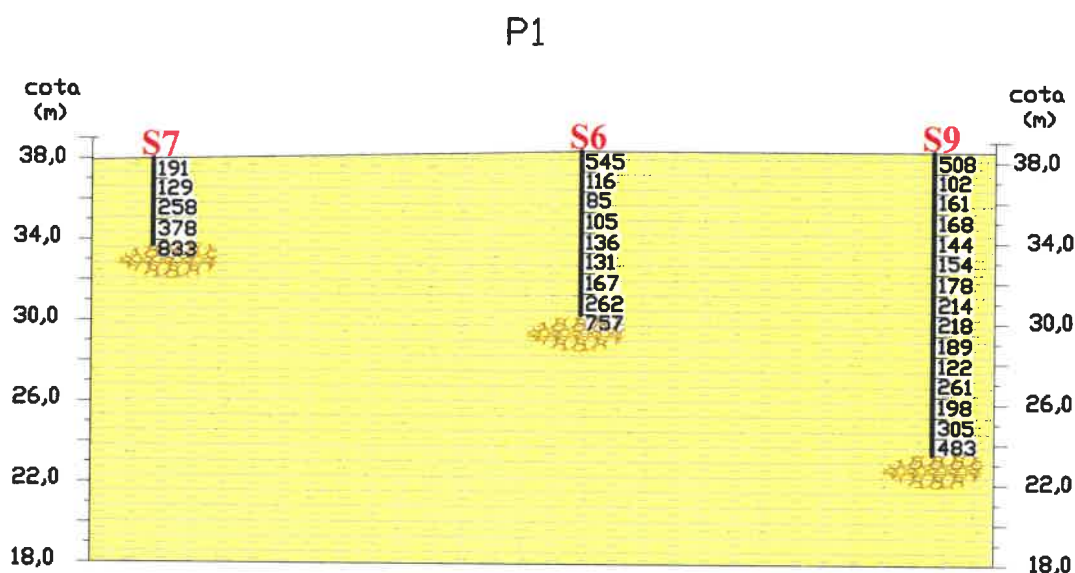
**Tabela XII**  
- Parâmetros geotécnicos mais desfavoráveis-

| Espessura (m) | Litologia  | NP <sub>SPT</sub>                           | Parâmetros geotécnicos        |                             |                  |           |
|---------------|--|---|-------------------------------|-----------------------------|------------------|-----------|
|               |  |   | $\gamma$<br>KN/m <sup>3</sup> | $C_u'$<br>KN/m <sup>2</sup> | $\phi'$<br>graus | Es<br>MPa |
| 6,0           | Solos argilosos e siltosos muito deformáveis                                       | 5   | 15                            | 1                           | 24               | 7,6       |
| 1,2           | Solos (argilosos, siltosos e areno-silto-argilosos com clastos), margas e arenitos | 14  | 17                            | 15                          | 27               | 33,0      |
| 2,4           |  | 17  | 19                            | 20                          | 28               | 42,0      |
| 1,0           |  | 10  | 15                            | 8                           | 26               | 22,0      |
| 1,2           |  | 14  | 17                            | 15                          | 27               | 33,0      |
| 4,6           |  | 18  | 20                            | 20                          | 29               | 45,2      |
| 3,8           |  | 10  | 15                            | 8                           | 26               | 22,0      |
| 2,2           |  | 25  | 20                            | 30                          | 31               | 69,7      |
| <i>n</i>      |  | Conglomerados/Biocalcarenitos (muito duros) | >60                           | 24                          | 150              | 35        |

Sendo,  $\phi'$  = ângulo de atrito efetivo;  $C_u'$  = coesão efetiva não drenada;  $\gamma$  = peso específico característico; Es = módulo de elasticidade



### 3.5 Perfis lito-geotécnicos interpretativos

Apresentam-se nas figuras seguintes os perfis lito-geotécnicos interpretativos realizados com base nas sondagens realizadas (a escala vertical está sobrelevada 4 vezes).



Escala gráfica 0 1 2  
 metros

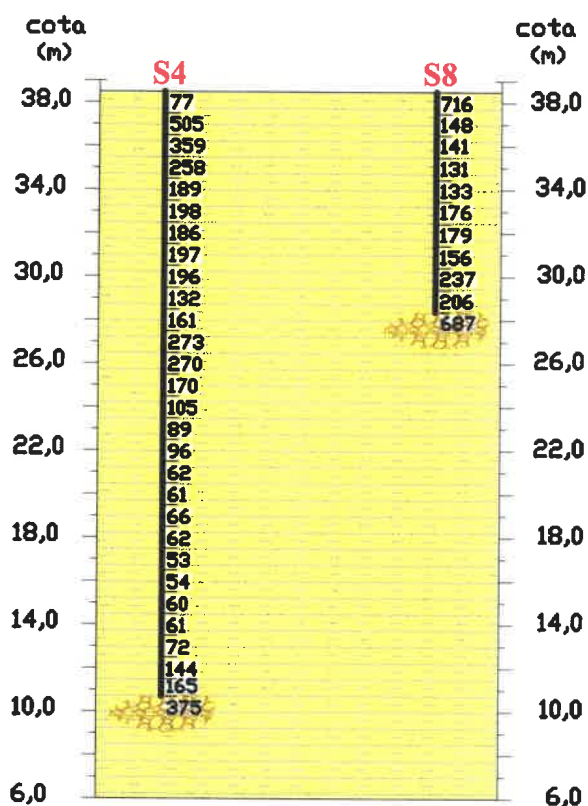
#### LEGENDA

-  Solos argilosos, siltosos e areno-silto-argilosos c/ clastos  
 c/ níveis intercalares de arenitos, conglomerados e biocalcarenitos
-  Conglomerados

Em cada sondagem apresenta-se a tensão média em KN/m<sup>2</sup>


Figura 13 –Perfil lito-geotécnico interpretativo (P1).

## P2



Escola gráfica  $\frac{0 \ 1 \ 2}{\text{metros}}$

### LEGENDA

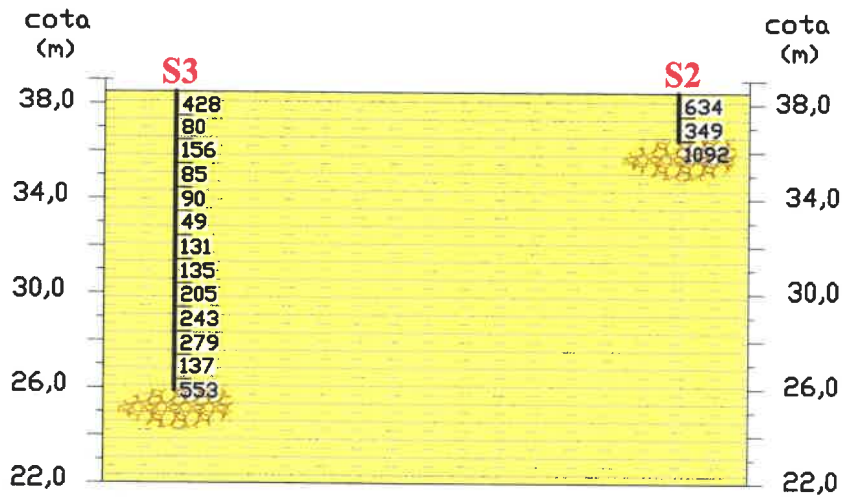
 Solos argilosos, siltosos e areno-silto-argilosos c/ clastos c/ níveis intercalares de arenitos, conglomerados e biocalcarenitos

 Conglomerados

Em cada sondagem apresenta-se a tensão média em KN/m<sup>2</sup>



Figura 14 – Perfil lito-geotécnico interpretativo P2.

### P3



Escola gráfica 0 1 2 metros

#### LEGENDA

-  Solos argilosos, siltosos e areno-silto-argilosos c/ clastos c/ níveis intercalares de arenitos, conglomerados e biocalcarenitos
-  Conglomerados

Em cada sondagem apresenta-se a tensão média em KN/m<sup>2</sup>

Figura 15 –Perfil lito-geotécnico interpretativo P3.

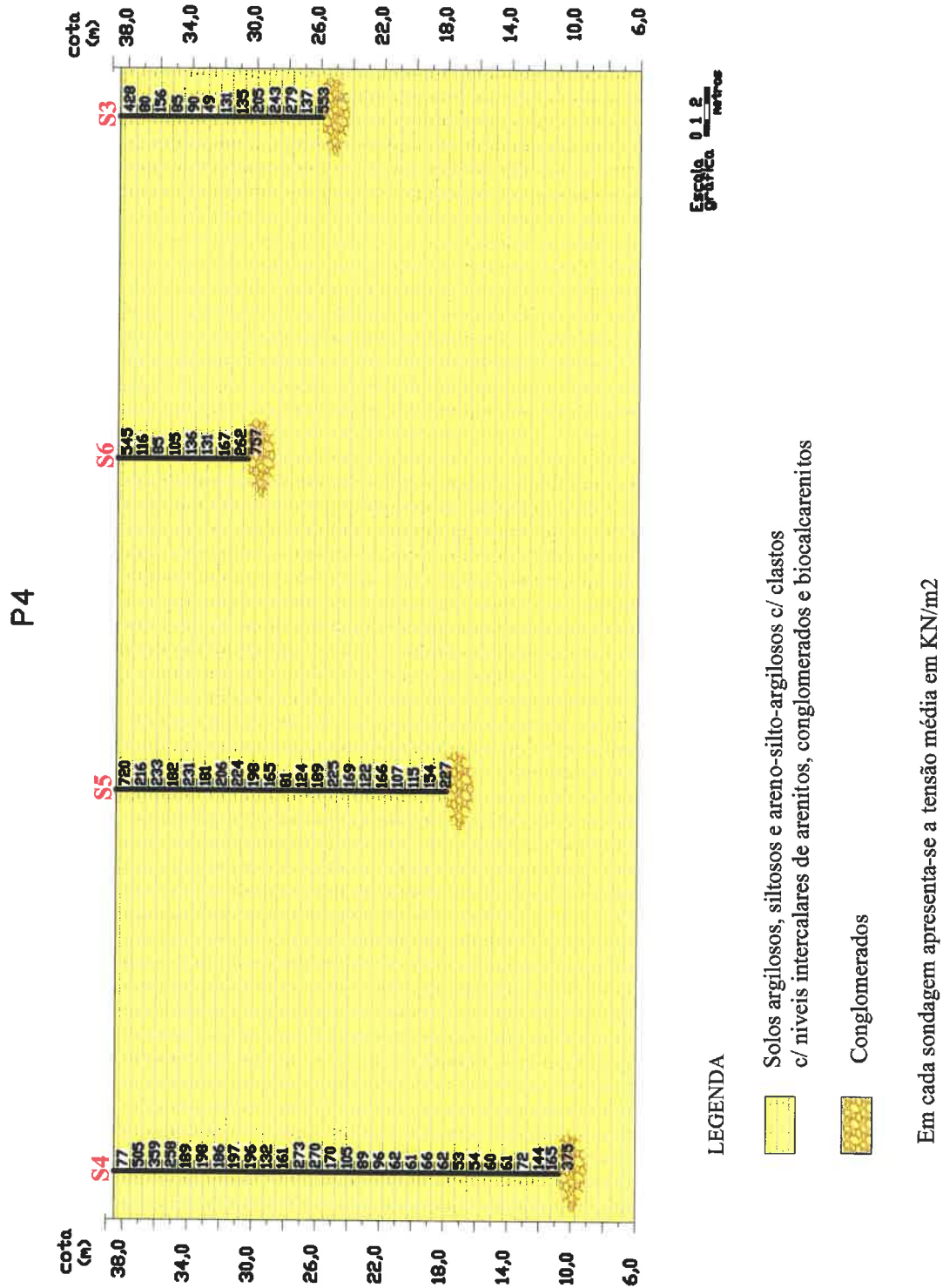
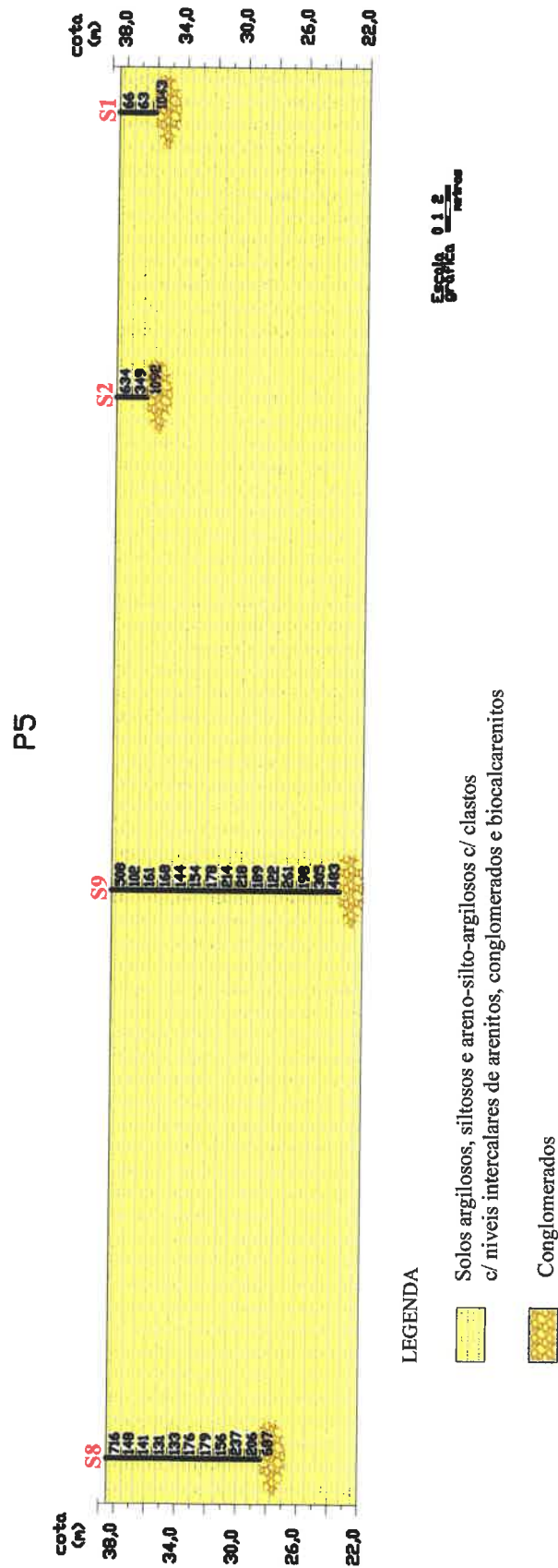


Figura 16 –Perfil lito-geotécnico interpretativo P4.



Em cada sondagem apresenta-se a tensão média em KN/m<sup>2</sup>

Figura 17 –Perfil lito-geotécnico interpretativo P5.

## 4. FUNDAÇÕES

Com base nas sondagens realizadas apresenta-se neste item a análise para as fundações das novas estruturas. Na tabela seguinte apresenta-se o número de pancadas a cada 20 cm, colocando as sondagens lado a lado (até aos 8,6 metros de profundidade). Verifica-se que existe muita heterogeneidade no terreno além de que, pelos dados mais desfavoráveis das sondagens, encontram-se vários metros de solos muito deformáveis com NP entre 1 e 9 (camadas assinaladas a amarelo) inviabilizando a solução de fundações diretas sobre terreno natural até à profundidade de 6,2 metros.

**Tabela XIII**

- Número de pancadas NP a cada 20 cm nas sondagens-

| Cota (m) | Prof (m) | S1 | S2 | S3 | S4 | S5 | S6 | S7 | S8 | S9 |
|----------|----------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 38,5     |          |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 38,3     | -0,2     | 1  | 60 | 41 | 3  | 60 | 60 |    | 60 | 60 |
| 38,1     | -0,4     | 7  | 60 | 40 | 3  | 60 | 41 |    | 60 | 37 |
| 37,9     | -0,6     | 4  | 23 | 17 | 5  | 40 | 23 | 13 | 38 | 16 |
| 37,7     | -0,8     | 4  | 8  | 4  | 8  | 13 | 6  | 17 | 14 | 8  |
| 37,5     | -1       | 3  | 3  | 3  | 25 | 10 | 6  | 10 | 8  | 5  |
| 37,3     | -1,2     | 3  | 8  | 5  | 25 | 10 | 11 | 6  | 7  | 2  |
| 37,1     | -1,4     | 2  | 12 | 4  | 22 | 9  | 5  | 5  | 7  | 6  |
| 36,9     | -1,6     | 4  | 20 | 4  | 33 | 13 | 4  | 6  | 7  | 7  |
| 36,7     | -1,8     | 3  | 51 | 5  | 28 | 15 | 4  | 8  | 10 | 7  |
| 36,5     | -2       | 5  | 60 | 9  | 25 | 13 | 5  | 8  | 7  | 8  |
| 36,3     | -2,2     | 55 |    | 7  | 21 | 12 | 4  | 7  | 7  | 7  |
| 36,1     | -2,4     | 60 |    | 10 | 22 | 12 | 4  | 8  | 7  | 4  |
| 35,9     | -2,6     |    |    | 9  | 16 | 13 | 6  | 16 | 10 | 13 |
| 35,7     | -2,8     |    |    | 9  | 17 | 16 | 5  | 17 | 9  | 14 |
| 35,5     | -3       |    |    | 6  | 18 | 16 | 3  | 17 | 8  | 10 |
| 35,3     | -3,2     |    |    | 3  | 17 | 12 | 3  | 15 | 6  | 9  |
| 35,1     | -3,4     |    |    | 4  | 13 | 7  | 11 | 17 | 7  | 11 |
| 34,9     | -3,6     |    |    | 4  | 17 | 8  | 10 | 20 | 10 | 11 |
| 34,7     | -3,8     |    |    | 9  | 13 | 12 | 5  | 25 | 9  | 10 |
| 34,5     | -4       |    |    | 8  | 12 | 13 | 7  | 28 | 7  | 8  |
| 34,3     | -4,2     |    |    | 5  | 13 | 13 | 8  | 25 | 8  | 7  |
| 34,1     | -4,4     |    |    | 4  | 11 | 14 | 8  | 45 | 8  | 8  |
| 33,9     | -4,6     |    |    | 8  | 11 | 19 | 10 | 60 | 9  | 11 |
| 33,7     | -4,8     |    |    | 4  | 14 | 16 | 11 |    | 11 | 13 |
| 33,5     | -5       |    |    | 2  | 15 | 14 | 11 |    | 10 | 10 |
| 33,3     | -5,2     |    |    | 3  | 13 | 14 | 9  |    | 7  | 9  |
| 33,1     | -5,4     |    |    | 4  | 12 | 9  | 9  |    | 11 | 10 |
| 32,9     | -5,6     |    |    | 3  | 14 | 10 | 9  |    | 16 | 12 |
| 32,7     | -5,8     |    |    | 5  | 14 | 15 | 7  |    | 17 | 12 |
| 32,5     | -6       |    |    | 5  | 12 | 16 | 7  |    | 17 | 12 |
| 32,3     | -6,2     |    |    | 8  | 13 | 16 | 12 |    | 15 | 11 |
| 32,1     | -6,4     |    |    | 11 | 10 | 13 | 13 |    | 11 | 13 |
| 31,9     | -6,6     |    |    | 12 | 16 | 16 | 14 |    | 11 | 14 |
| 31,7     | -6,8     |    |    | 12 | 17 | 14 | 15 |    | 11 | 15 |
| 31,5     | -7       |    |    | 11 | 16 | 16 | 12 |    | 9  | 16 |
| 31,3     | -7,2     |    |    | 9  | 13 | 17 | 12 |    | 11 | 18 |
| 31,1     | -7,4     |    |    | 10 | 11 | 19 | 10 |    | 11 | 16 |
| 30,9     | -7,6     |    |    | 11 | 15 | 18 | 10 |    | 14 | 15 |
| 30,7     | -7,8     |    |    | 11 | 21 | 16 | 58 |    | 15 | 17 |
| 30,5     | -8       |    |    | 13 | 17 | 20 | 60 |    | 20 | 16 |
| 30,3     | -8,2     |    |    | 15 | 17 | 16 |    |    | 17 | 16 |
| 30,1     | -8,4     |    |    | 16 | 16 | 14 |    |    | 16 | 19 |
| 29,9     | -8,6     |    |    | 20 | 15 | 15 |    |    | 20 | 18 |



Sendo assim, analisaram-se as seguintes soluções para as fundações:

- fundações diretas por sapatas contínuas assentes numa camada de substituição com cerca de 2,0 m de pedra rachão;
- fundações por ensoleiramento geral assente sobre uma camada de substituição com cerca de 2,0 m de pedra rachão;
- fundações indiretas por estacas de betão moldadas no terreno.

Em seguida apresentam-se as análises detalhadas para cada situação. Por segurança, dada a grande área em estudo, a variabilidade na resistência dos materiais litológicos e o número de sondagens, as análises baseiam-se nos piores resultados de todas as sondagens.

#### 4.1 Fundações diretas por sapatas contínuas assentes numa camada de substituição com cerca de 2,0 m de pedra rachão (solução inviável, como se demonstra a seguir)

Dado que existem, nas piores sondagens, cerca de 6,0 m de solos muito deformáveis, fez-se uma análise para a substituição de 2 metros dos solos superficiais existentes por pedra rachão e sobre esta camada colocar sapatas contínuas com largura igual a 2,0 m.

Na Tabela a seguir apresentam-se os assentamentos totais para uma sapata contínua com 2,0 x ... m assente sobre 2 metros de pedra rachão.

**Tabela XIV**

*- Sapata contínua sobre 2 m rachão -*

| Fundações                                 | Dimensão da sapata (m) | Tensão aplicada* (KPa) | Assentamentos totais (mm) |
|---|------------------------|------------------------|---------------------------|
| Sapata contínua sobre 2 m de pedra rachão | 2,0 x ...              | 100                    | 30,63                     |
|   |                        | 200                    | 61,27                     |

*\*Às tensões indicadas terá que se subtrair 20 KN/m<sup>2</sup> devido à sobrecarga da colocação da pedra rachão.*

***De acordo com os resultados apresentados na tabela anterior, verifica-se que os assentamentos totais máximos previstos serão inadmissíveis para o tipo de estrutura a implantar. Esta solução não é viável pois as tensões que se poderão aplicar terão que ser muito baixas (< 80 KN/m<sup>2</sup>) mesmo após substituição de 2,0 m de solos.***

Em Anexo II apresentam-se os cálculos dos assentamentos.

#### 4.2 Fundações por ensoleiramento geral assente sobre uma camada de substituição com cerca de 2,0 m de pedra rachão (solução inviável, como se demonstra a seguir)

Nesta solução considera-se a colocação de lajes de ensoleiramento geral assentes em terreno natural e sobre uma camada de substituição de 2,0 m de pedra rachão.

Na Tabela a seguir apresentam-se os assentamentos totais para uma laje de ensoleiramento geral com 50 x 50 metros assente em terreno natural ou sobre 2 m de pedra rachão.

**Tabela XV**  
*- Ensoleiramento geral -*

| Fundações  | Dimensões da laje (m) | Tensão aplicada (KPa) | Assentamentos totais (mm) |
|--|-----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Ensoleiramento geral sobre terreno natural       | 50 x 50               | 100                   | 136,49                    |
| Ensoleiramento geral sobre 2,0 m de pedra rachão |                       | 100*                  | 111,46                    |

\*À tensão indicada terá que se subtrair 20 KN/m<sup>2</sup> devido à sobrecarga da colocação da pedra rachão.

***De acordo com os resultados apresentados na tabela anterior, verifica-se que os assentamentos totais máximos previstos, são inadmissíveis para o tipo de estrutura a implantar para a tensão indicada para ambas as situações. Verifica-se que mesma após substituição de 2,0 m de solos existentes por pedra rachão, continua a haver deformações excessivas nas camadas abaixo, portanto consideramos que esta solução não é viável.***

Em Anexo II apresentam-se os cálculos dos assentamentos.

### 4.3 Fundações indiretas por estacas de betão moldadas no terreno

Como as soluções de fundações diretas (item 4.1 e 4.2) não são viáveis pois as tensões admissíveis são muito baixas e os assentamentos são muito elevados para maiores tensões, deverão ser executadas estacas de betão encastradas na camada de biocalcarenitos (muito resistentes com  $NP > 60$ , ou seja, poderão atingir um comprimento de cerca de 28 metros). Existe grande heterogeneidade no terreno sendo de prever comprimentos das estacas muito variáveis.

A resistência última da camada de onde as estacas ficarão encastradas (rochas carbonatadas com  $NP > 60$ ; ver Anexo I e perfis lito-geotécnicos interpretativos) é de 15 MPa, mas que por segurança, usaremos apenas 10 MPa. As estacas poderão ter diâmetros de 400, 500 e 600 mm. O dimensionamento das fundações indiretas está fora do âmbito deste relatório, no entanto, apresenta-se um pré-dimensionamento a partir da resistência daquelas camadas.

A força geotécnica (F) de ponta a descarregar em cada estaca será:

$$F = P \times A$$

em que,

F é a força geotécnica a descarregar pela estaca em KN;

P é a tensão da camada de encastramento (10,0 MPa);

A é a área da estaca.

Na tabela seguinte apresenta-se apenas a força geotécnica de ponta que se poderá aplicar em cada estaca tendo-se desprezado por segurança o atrito lateral.

**Tabela XVI**

*- Força geotécnica a aplicar em cada estaca -*

| Diâmetro (mm) | Área (m <sup>2</sup> ) | Força (KN) |
|---------------|------------------------|------------|
| estacas       | 400                    | 0,1256     |
|               | 500                    | 0,1963     |
|               | 600                    | 0,2826     |

*Deverá ser descontado à força geotécnica obtida o peso próprio da estaca.*

***Nota: esta solução poderá ser perigosa, porque as camadas de biocalcarenitos ou conglomerados não são muito espessas e poderão criar instabilidade à estaca. As soluções a seguir resolvem este problema.***

#### **4.4 Fundações diretas por sapatas ou ensoleiramento geral assentes em colunas de brita ou solos melhorados com "jet-grouting"**

Como os níveis de biocalcarenitos onde as estacas deverão encastrar são pouco possantes e não exibem continuidade, consideramos como solução alternativa o melhoramento de solos. As sondagens mostram que existem camadas alternantes com baixa capacidade de carga.

Os principais objetivos da execução de técnicas de melhoramento de solos são:

- aumento da capacidade de carga;
- redução de assentamentos;
- aceleração da consolidação.

De forma a melhorar estas camadas de solos deformáveis poder-se-á recorrer a técnicas de melhoramento de solos tais como colunas de brita ou "jet-grouting". Estas técnicas poderão aumentar substancialmente a resistência dos solos e diminuir o comprimento das colunas de brita e "jet-grouting". As fundações por sapatas ou laje de ensoleiramento geral serão assentes nas colunas de brita ou nos solos melhorados por "jet-grouting".

O Jet Grouting – cimentação a jato - é uma técnica de melhoria de solos realizada diretamente no interior do terreno sem escavação prévia, utilizando jatos horizontais de grande energia cinética que desagregam a estrutura do terreno natural e misturam as partículas de solo desagregado com calda de cimento, dando origem a um material de melhores características mecânicas do que o inicial e de menor permeabilidade.

A construção de uma coluna de brita consiste, em traços muito genéricos, na execução de um furo circular com determinados diâmetro e comprimento, a partir da superfície, e na conseqüente inclusão de material grosseiro de grandes dimensões (brita) e sua compactação de baixo para cima.

O dimensionamento destas técnicas está fora do âmbito deste relatório.

## 6. PAVIMENTOS RÍGIDOS

Devido às heterogeneidades dos solos existentes em termos de resistências e à camada espessa de solos muito deformáveis, a solução para os pavimentos rígidos será a mesma que para as fundações.


## 7. CONCLUSÕES


Dos estudos realizados no terreno em Portimão para implantação do Vila Nova Retail Park, conclui-se que:

1. trata-se de um terreno constituído por solos argilosos, silto-argilosos e areno-silto-argilosos, margas e camadas intercalares de arenitos, conglomerados e biocalcarenitos;
2. o nível freático não foi detetado, todos os furos se encontravam secos;
3. no item 4 apresentam-se várias análises para as fundações, que devido à existência de vários metros de solos muito deformáveis poderão ser indiretas por estacas ou diretas sobre colunas de brita ou solos melhorados com “jet-grouting”.

Aveiro, 09 de dezembro de 2021

A Equipa Técnica

  
Prof. Doutor Fernando Lage Ladeira  
(Especialista em Geotecnia)

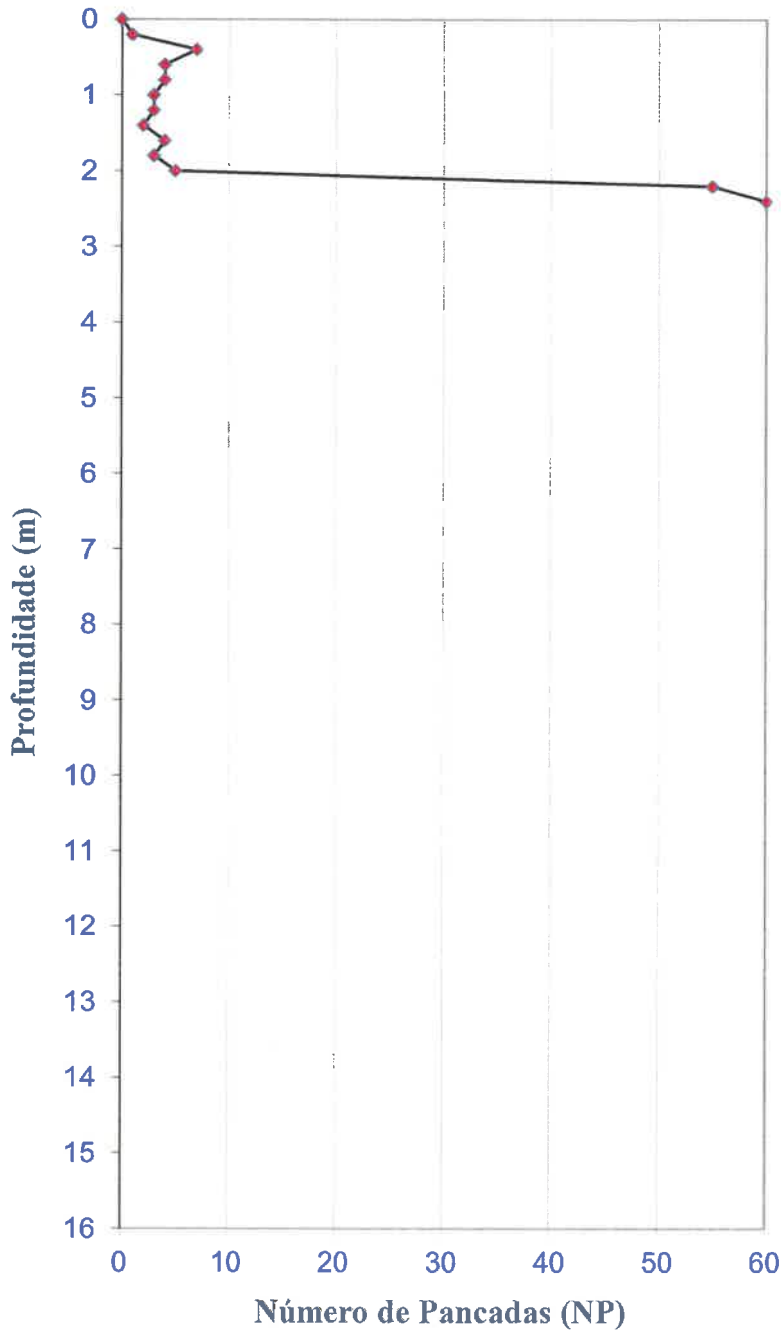
  
Carminda Sardo  
(Geóloga, Pós-graduada em  
Mecânica dos Solos e Engenharia  
Geotécnica)

# **ANEXO I**

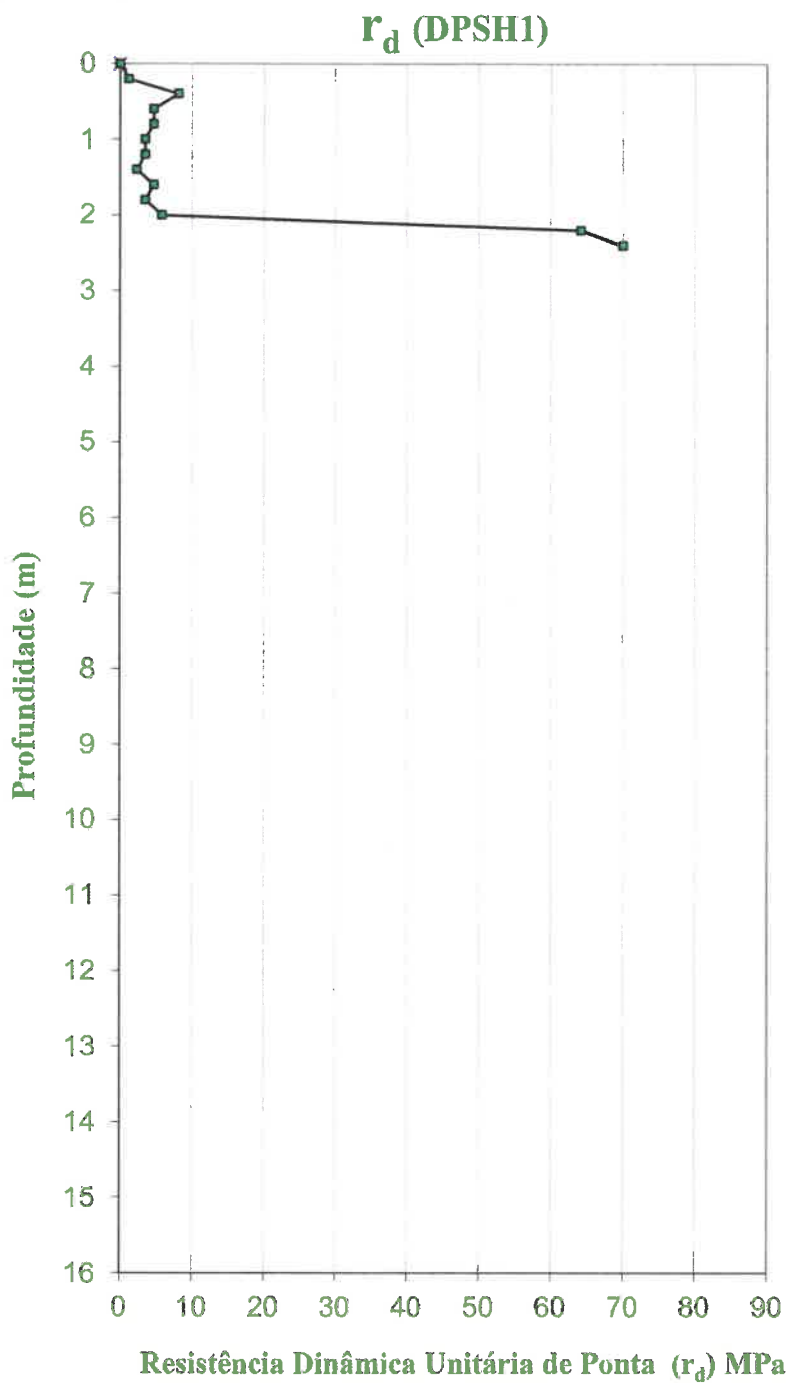
## **GRÁFICOS DAS SONDAGENS DPSH**

**NP (DPSH1)**

**POSSÍVEL LITOLOGIA**



Solos siltosos, argilo-siltosos e areno-silto-argilosos com clastos e níveis intercalares de arenitos, conglomerados e biocalcarenitos



**POSSÍVEL  
LITOLOGIA**

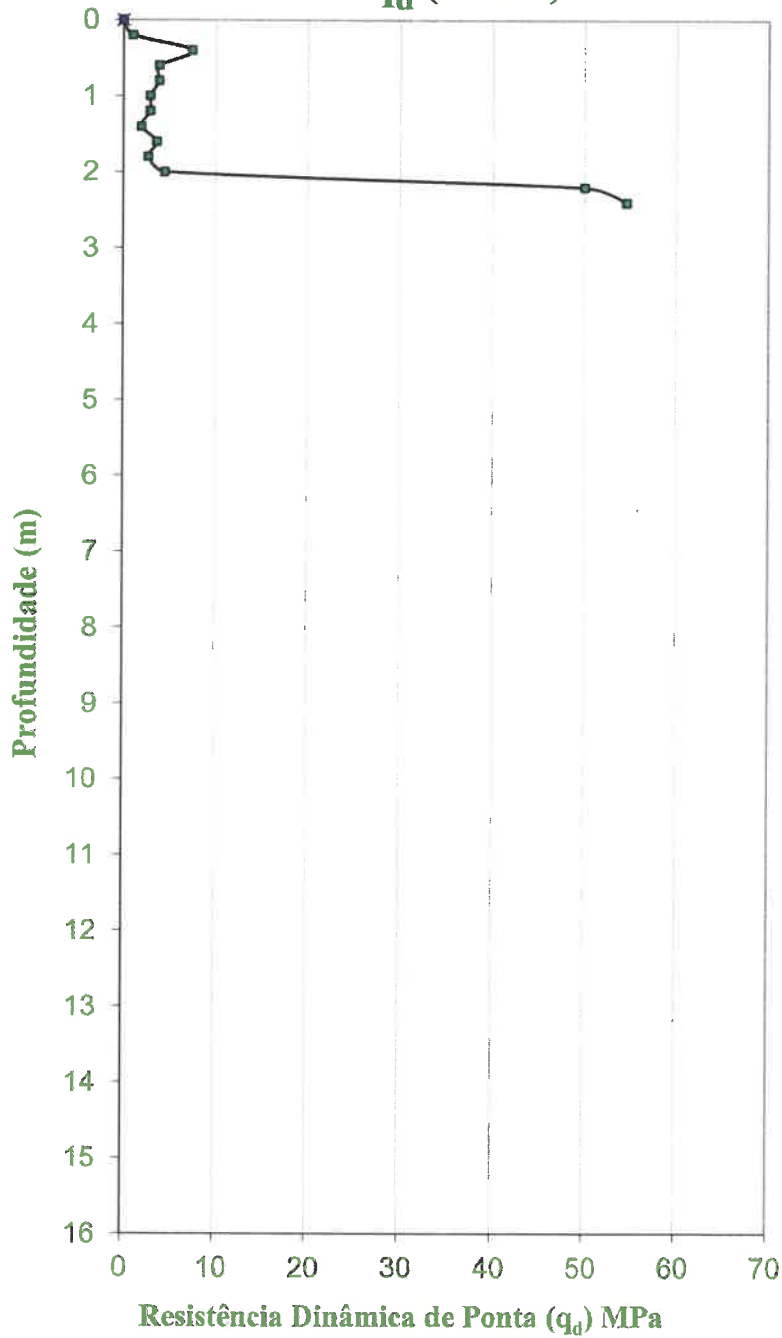
Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

**GRÁFICO  $r_d$**



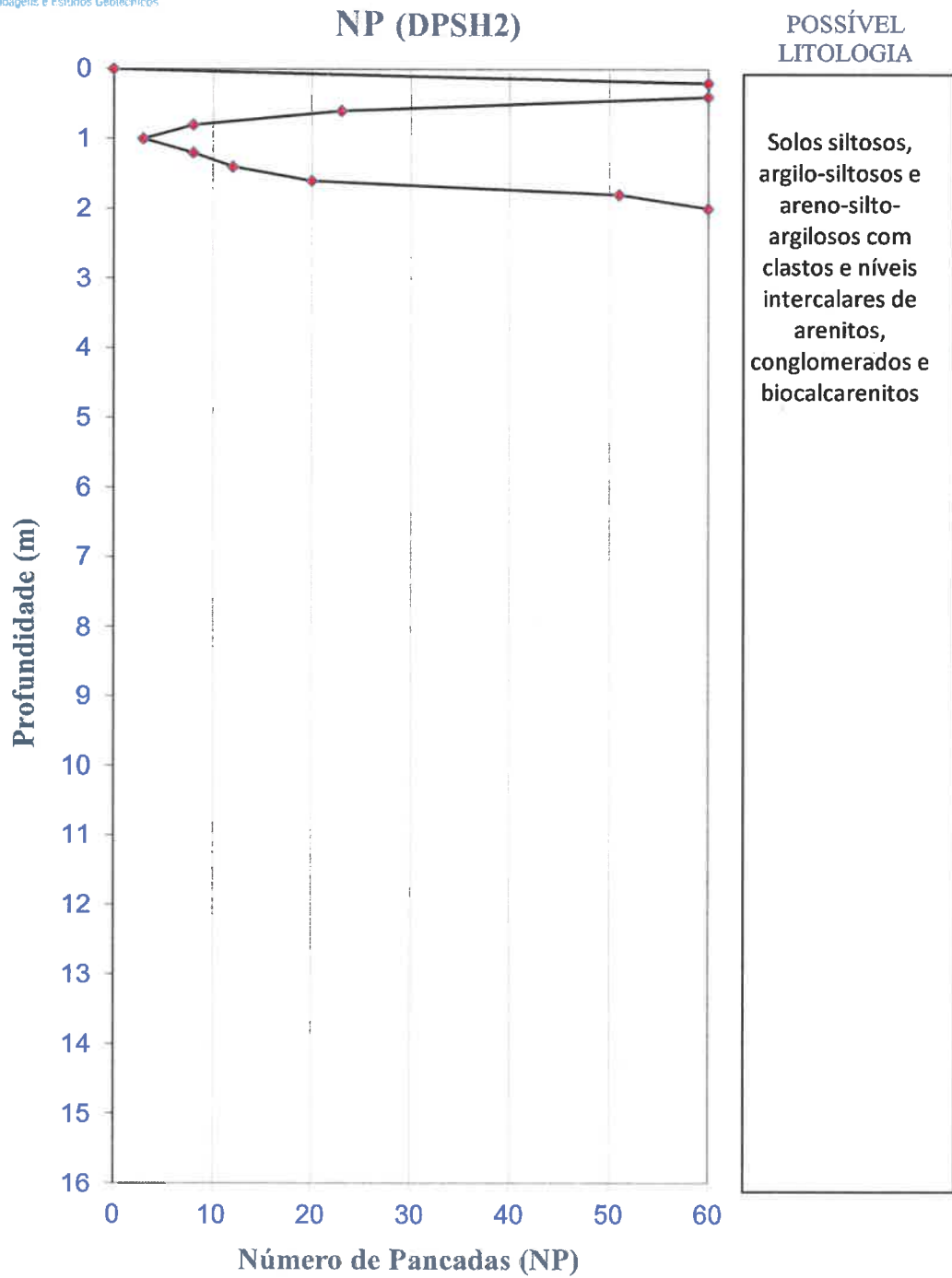
**$q_d$  (DPSH1)**

POSSÍVEL  
LITOLOGIA

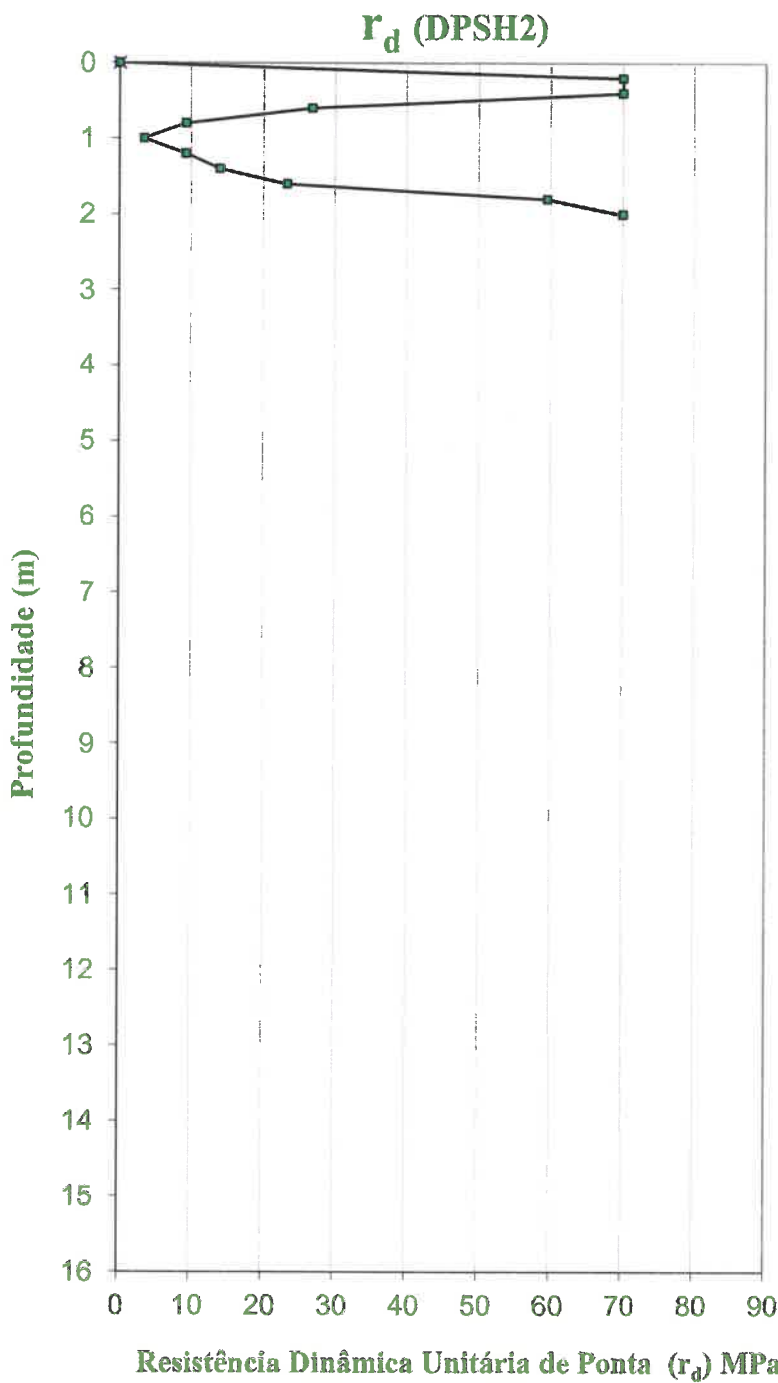


Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

**GRÁFICO  $q_d$**



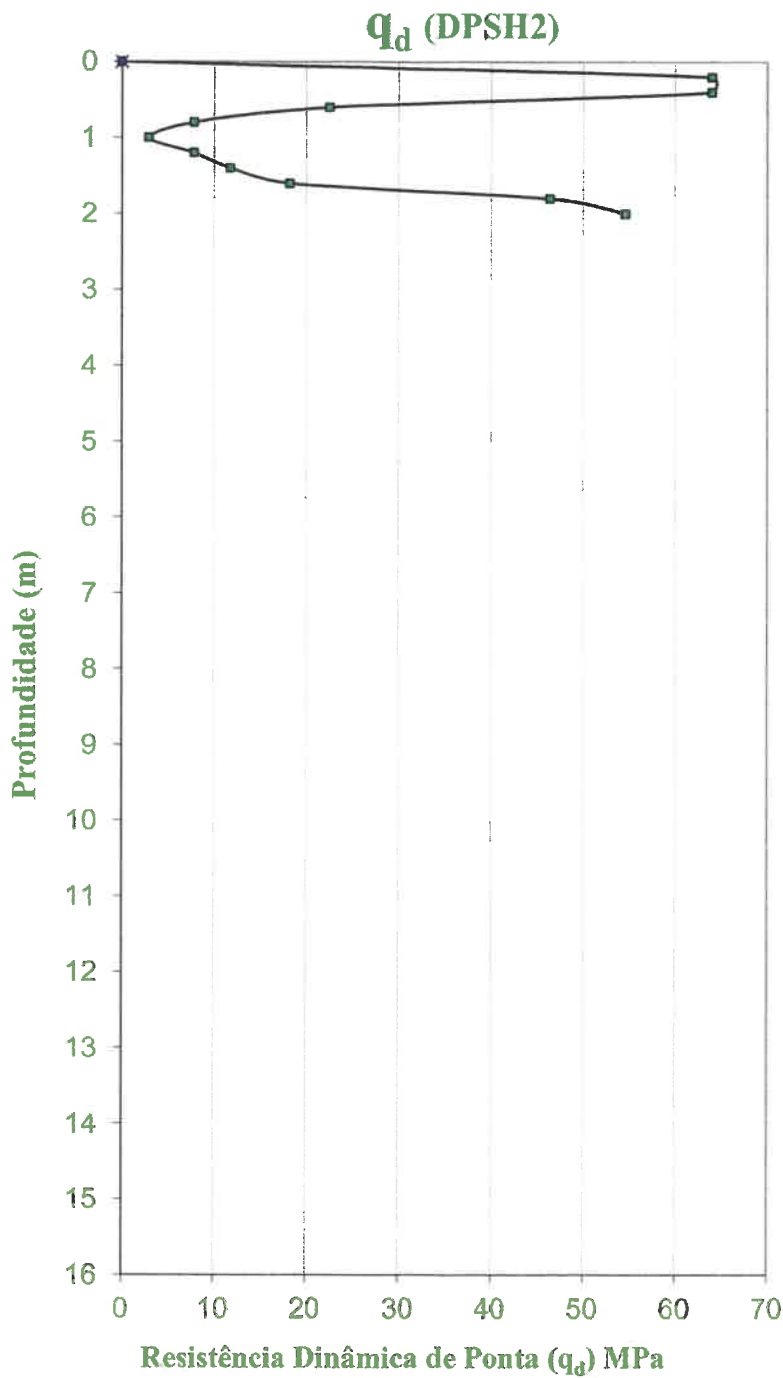
**LOCAL:** Portimão    **COTA APROX:** 38,5 m    **GRÁFICO N20**



**POSSÍVEL LITOLOGIA**

Solos siltosos, argilo-siltosos e areno-silto-argilosos com clastos e níveis intercalares de arenitos, conglomerados e biocalcarenitos

**GRÁFICO  $r_d$**



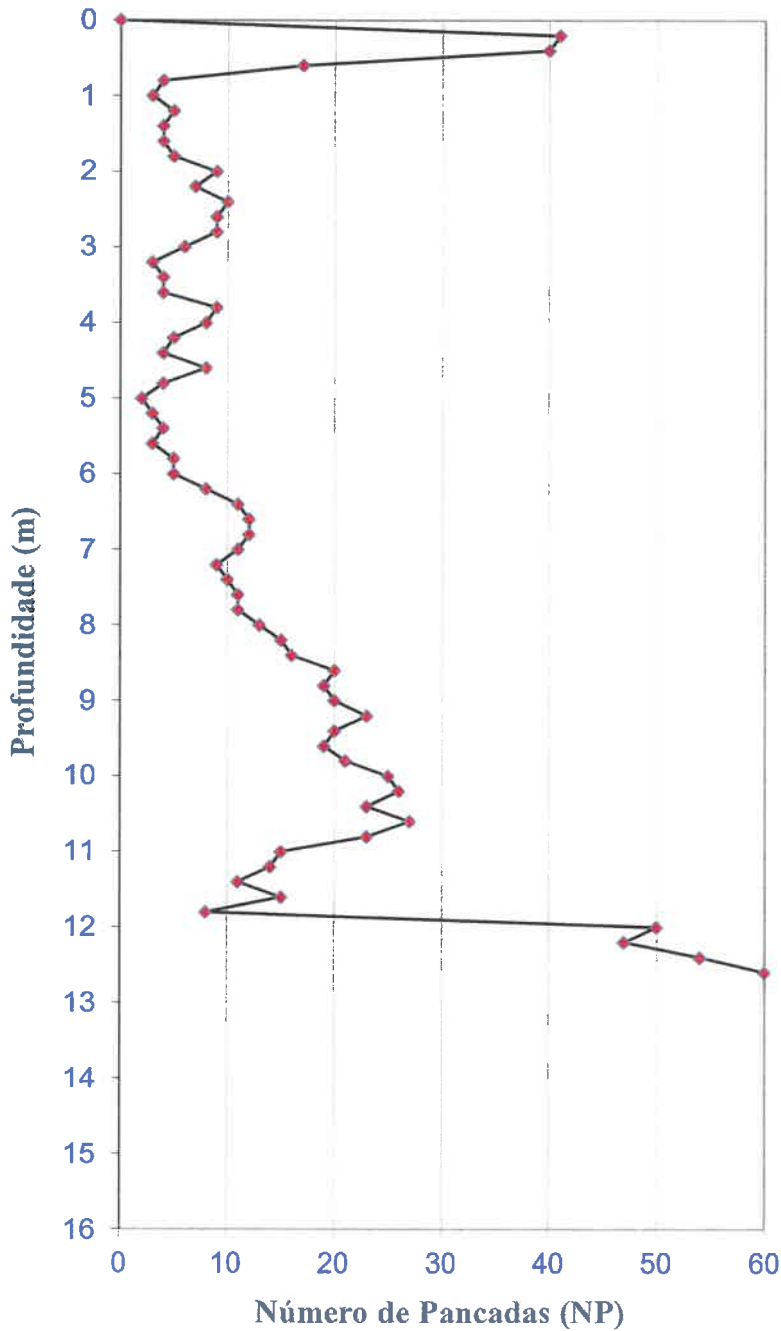
POSSÍVEL  
LITOLOGIA

Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

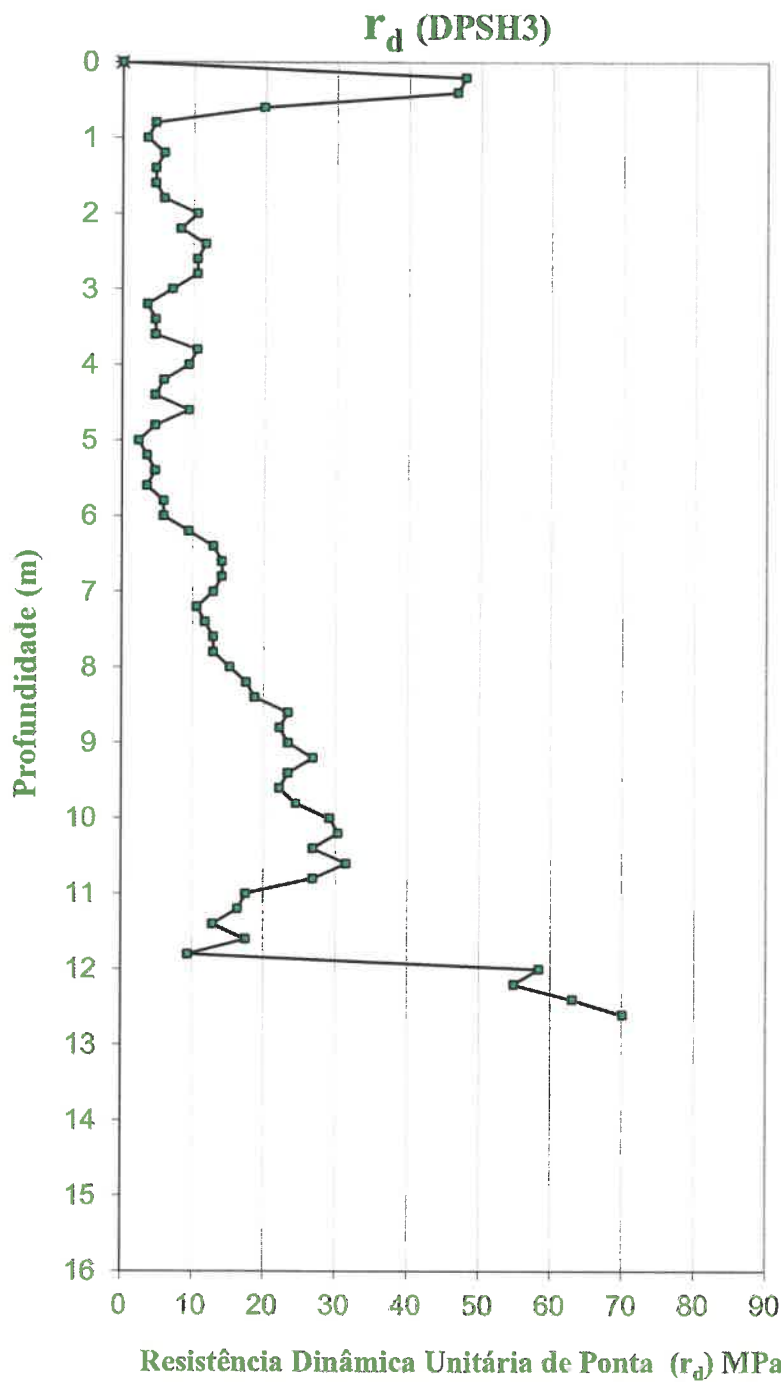
**GRÁFICO  $q_d$**

**NP (DPSH3)**

**POSSÍVEL LITOLOGIA**



Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

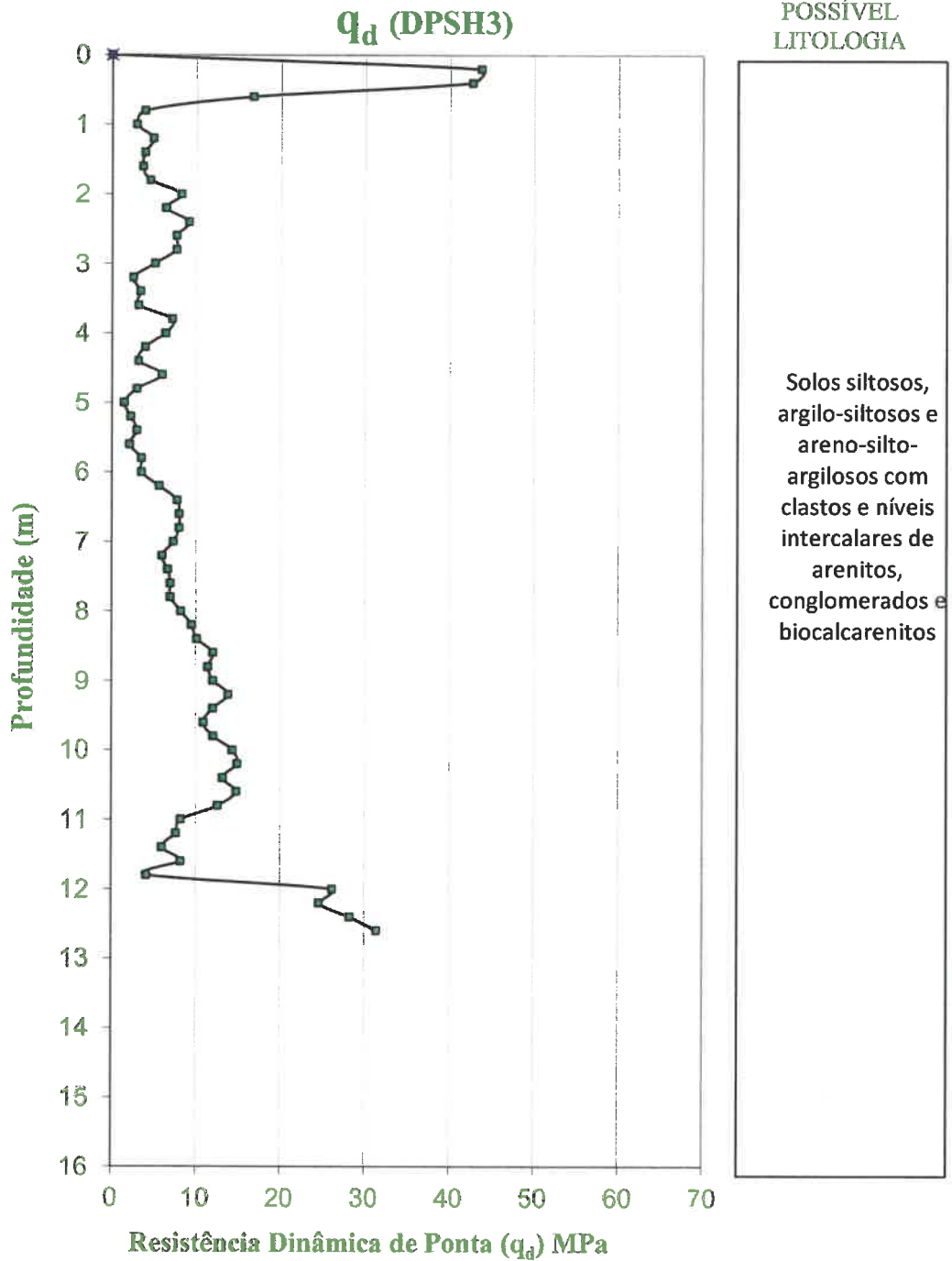


**POSSÍVEL LITOLOGIA**

Solos siltosos, argilo-siltosos e areno-silto-argilosos com clastos e níveis intercalares de arenitos, conglomerados e biocalcarenitos

**GRÁFICO  $r_d$**

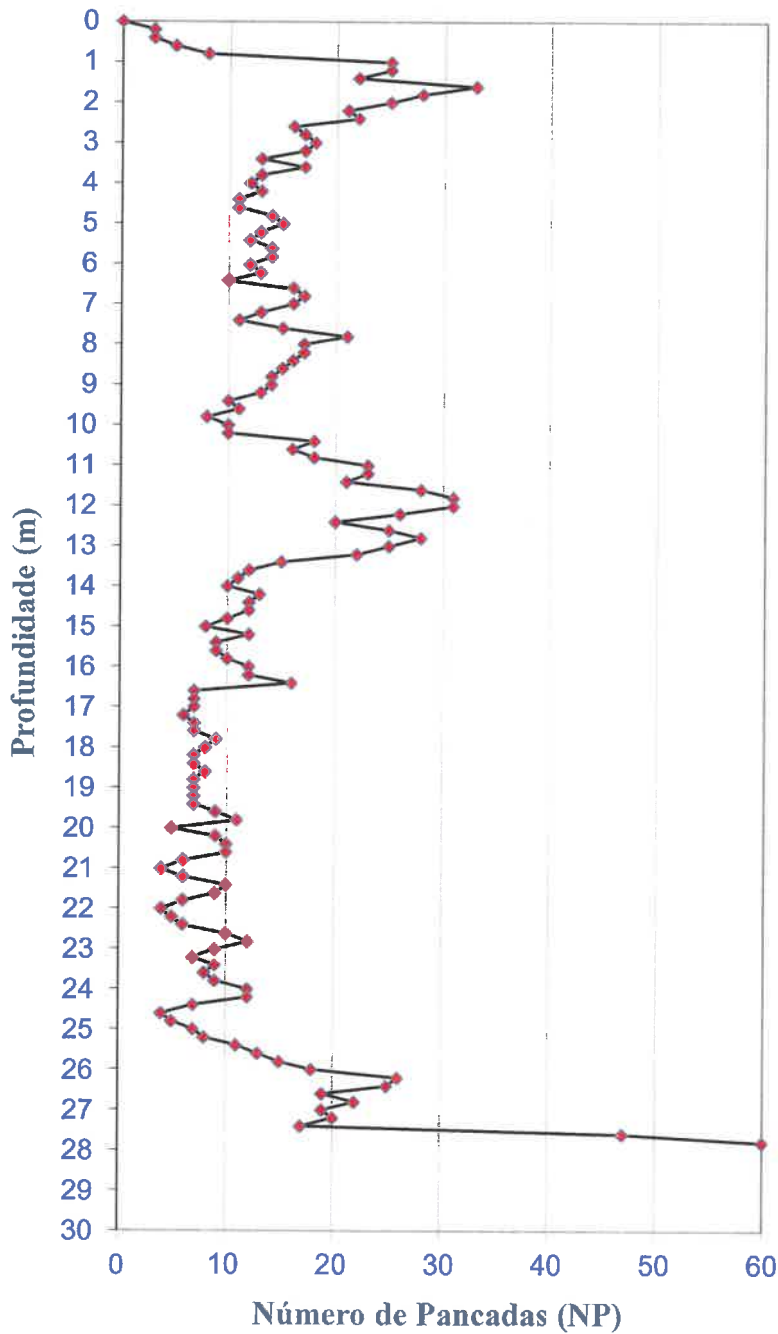
**DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY TYPE B**  
**EN ISO 22476-2**



**GRÁFICO  $q_d$**

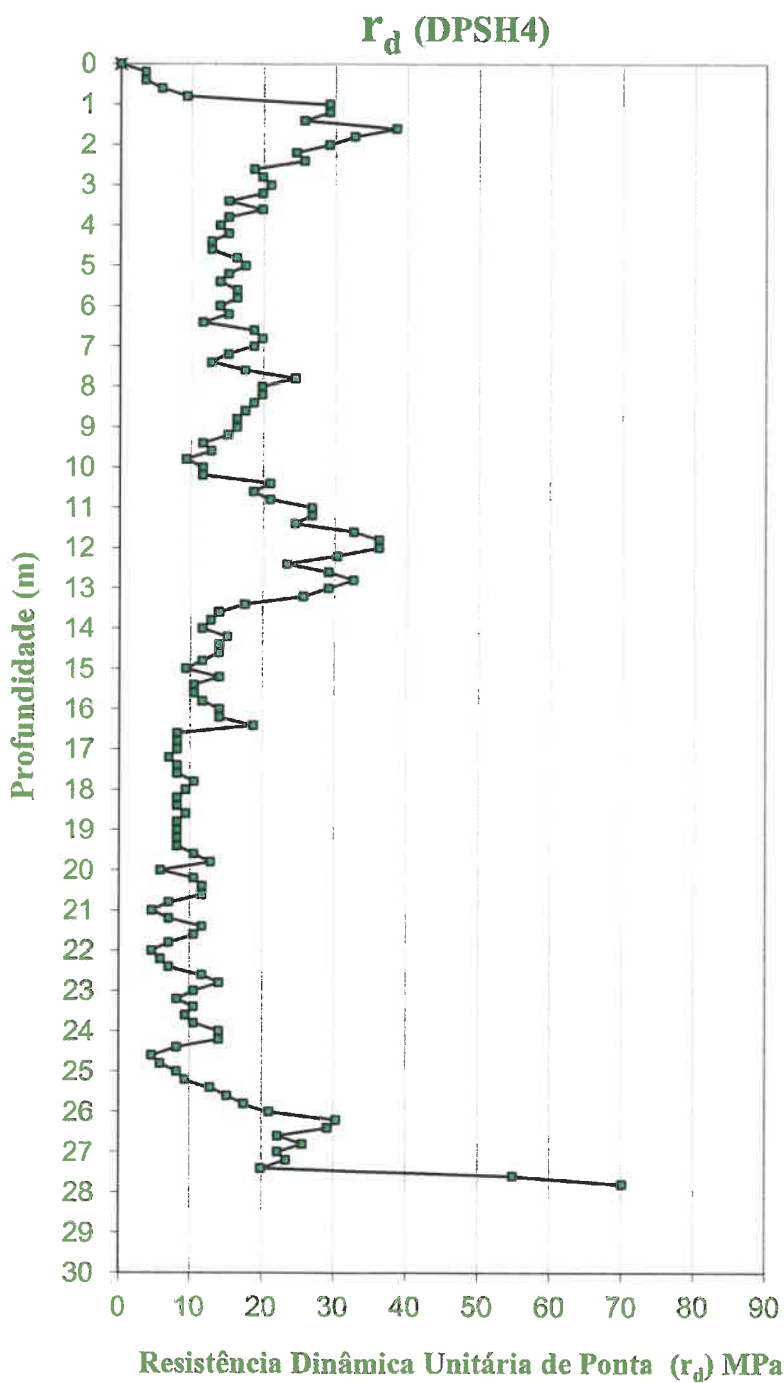
**NP (DPSH4)**

**POSSÍVEL  
LITOLOGIA**



Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

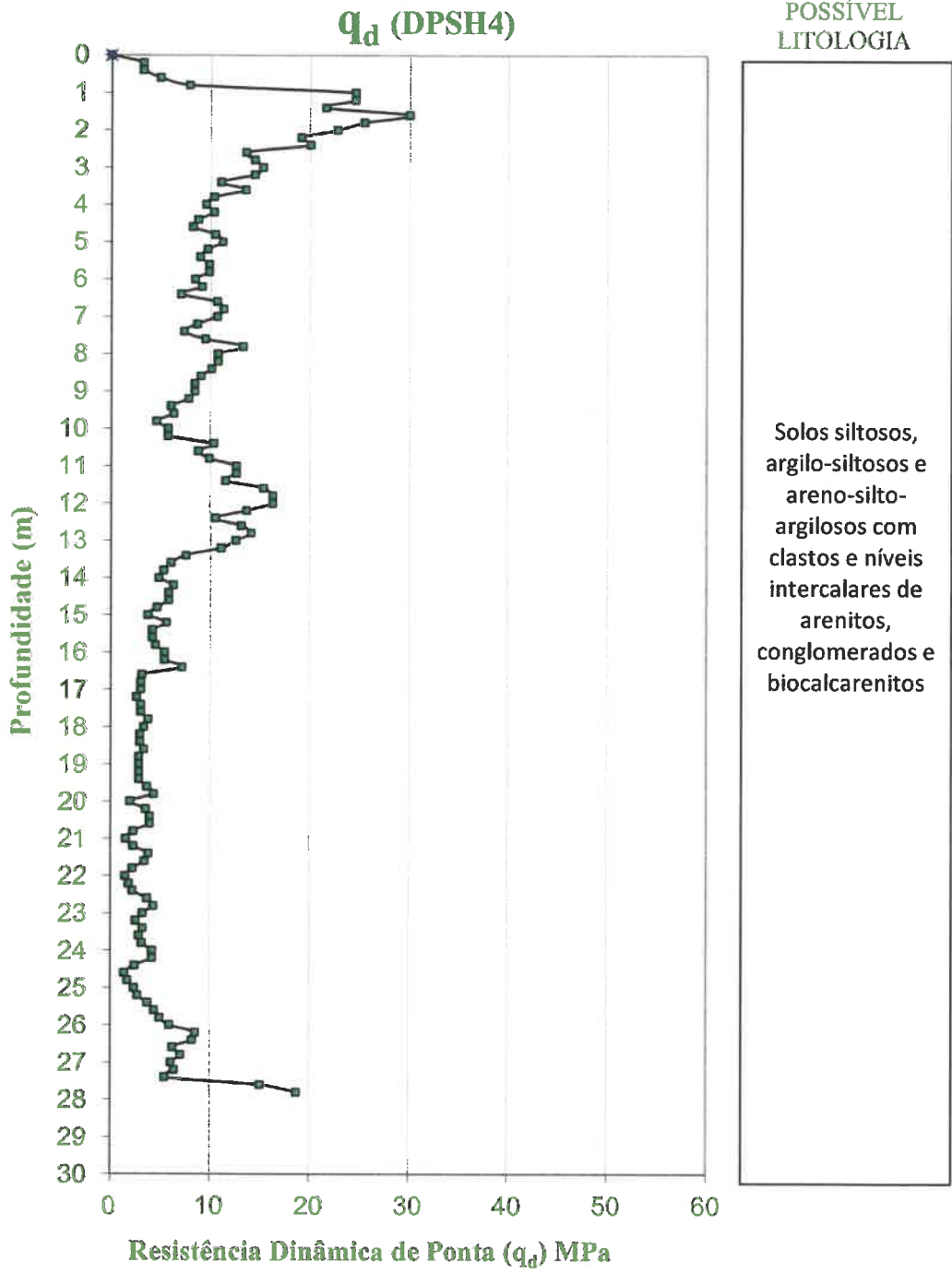




**POSSÍVEL LITOLOGIA**

Solos siltosos, argilo-siltosos e areno-silto-argilosos com clastos e níveis intercalares de arenitos, conglomerados e biocalcarenitos

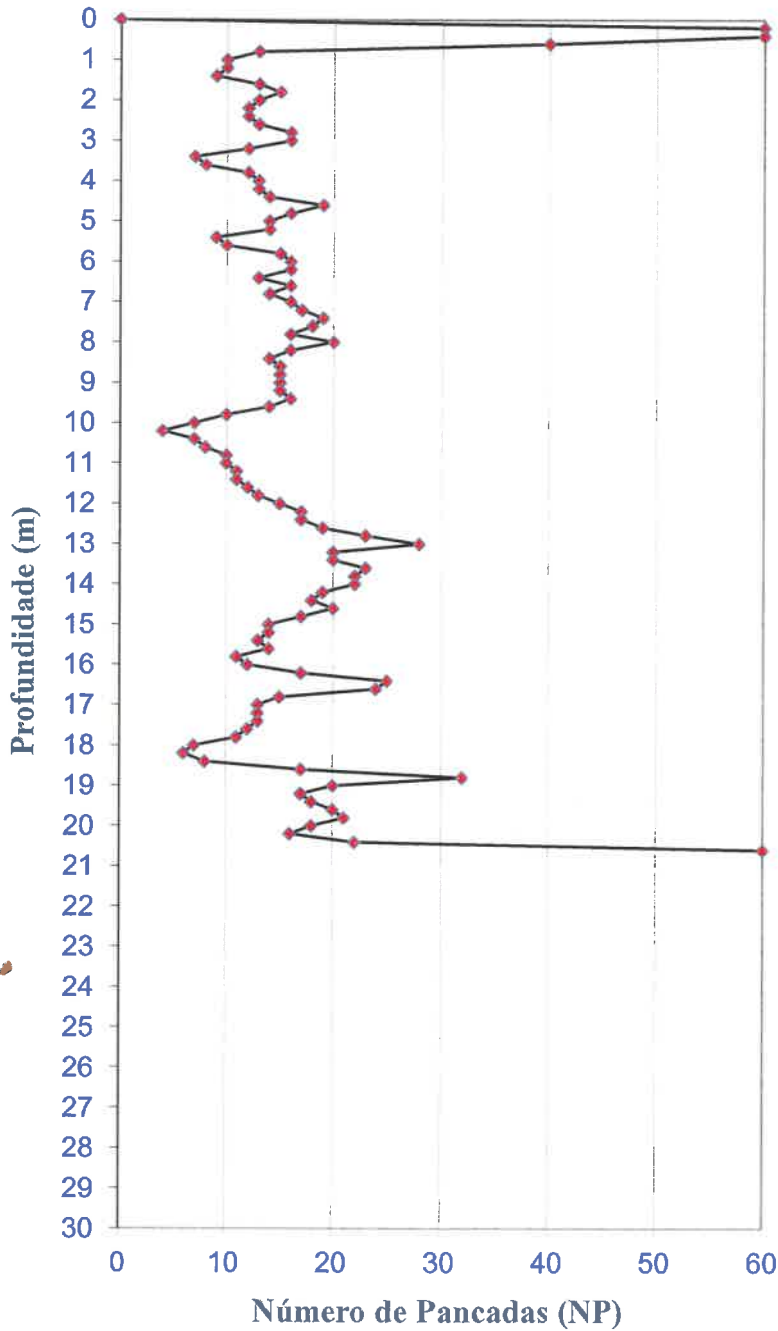
**GRÁFICO  $r_d$**



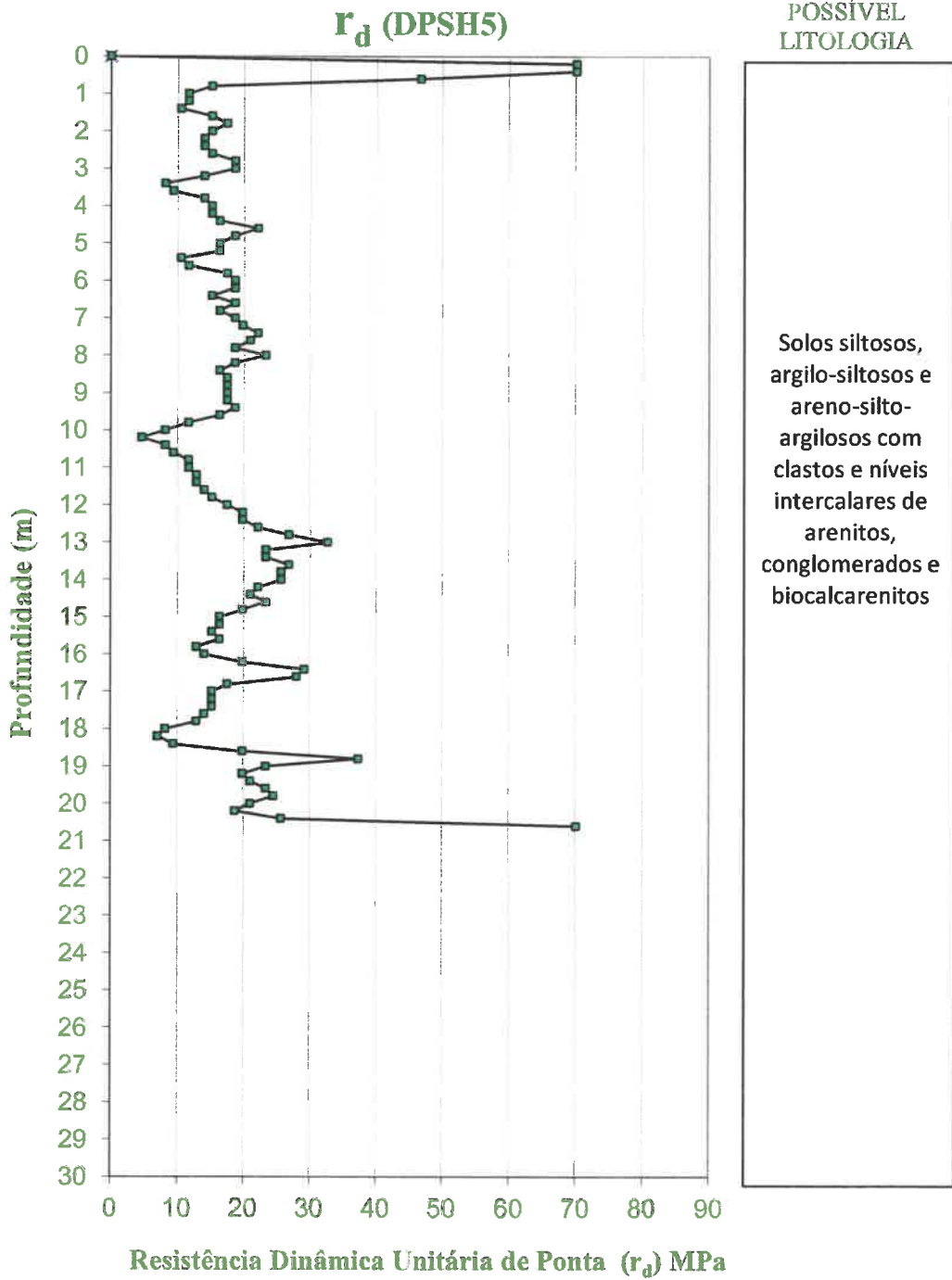
**GRÁFICO  $q_d$**

**NP (DPSH5)**

**POSSÍVEL  
LITOLOGIA**



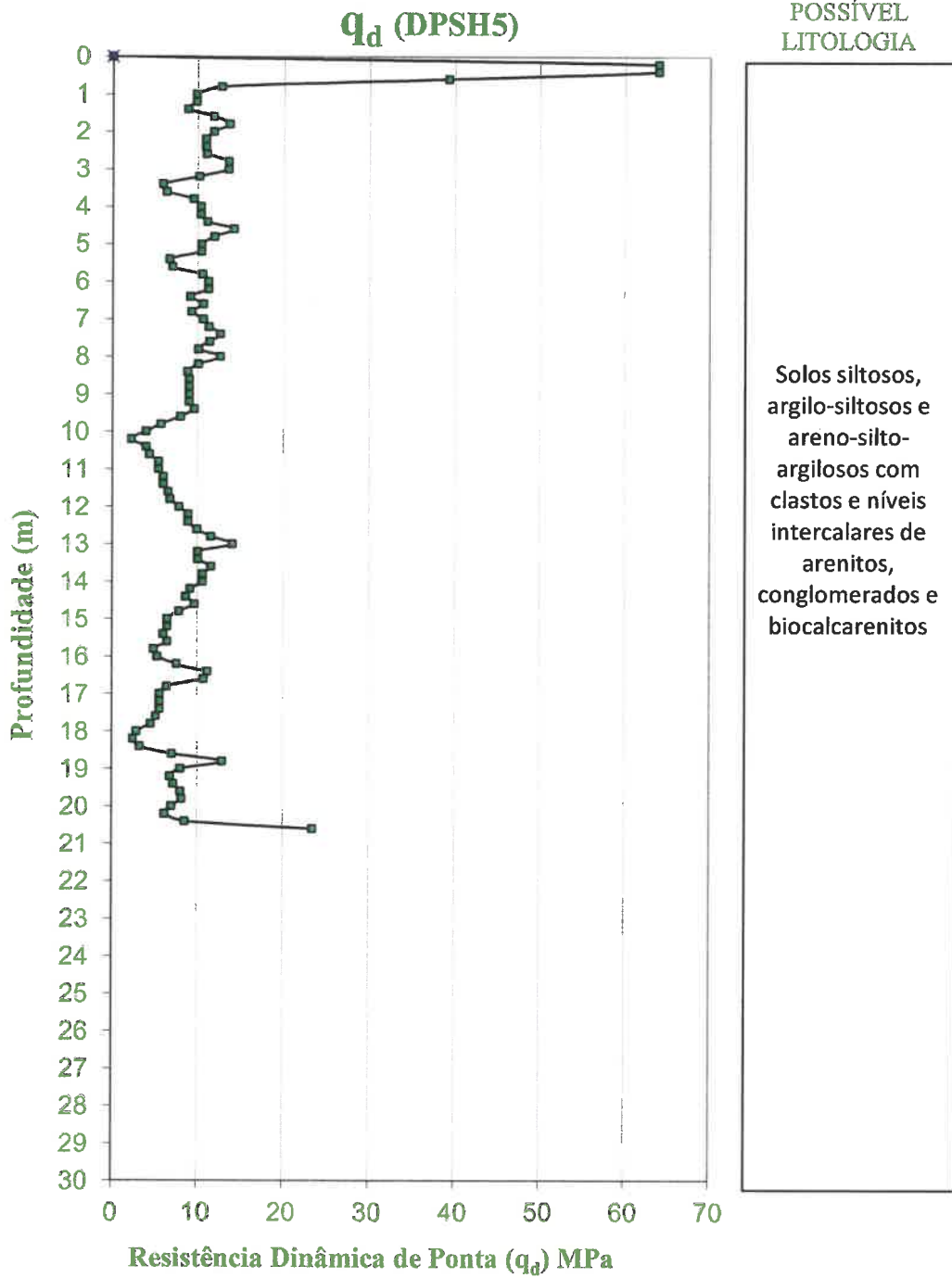
Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos



**POSSÍVEL  
LITOLOGIA**

Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

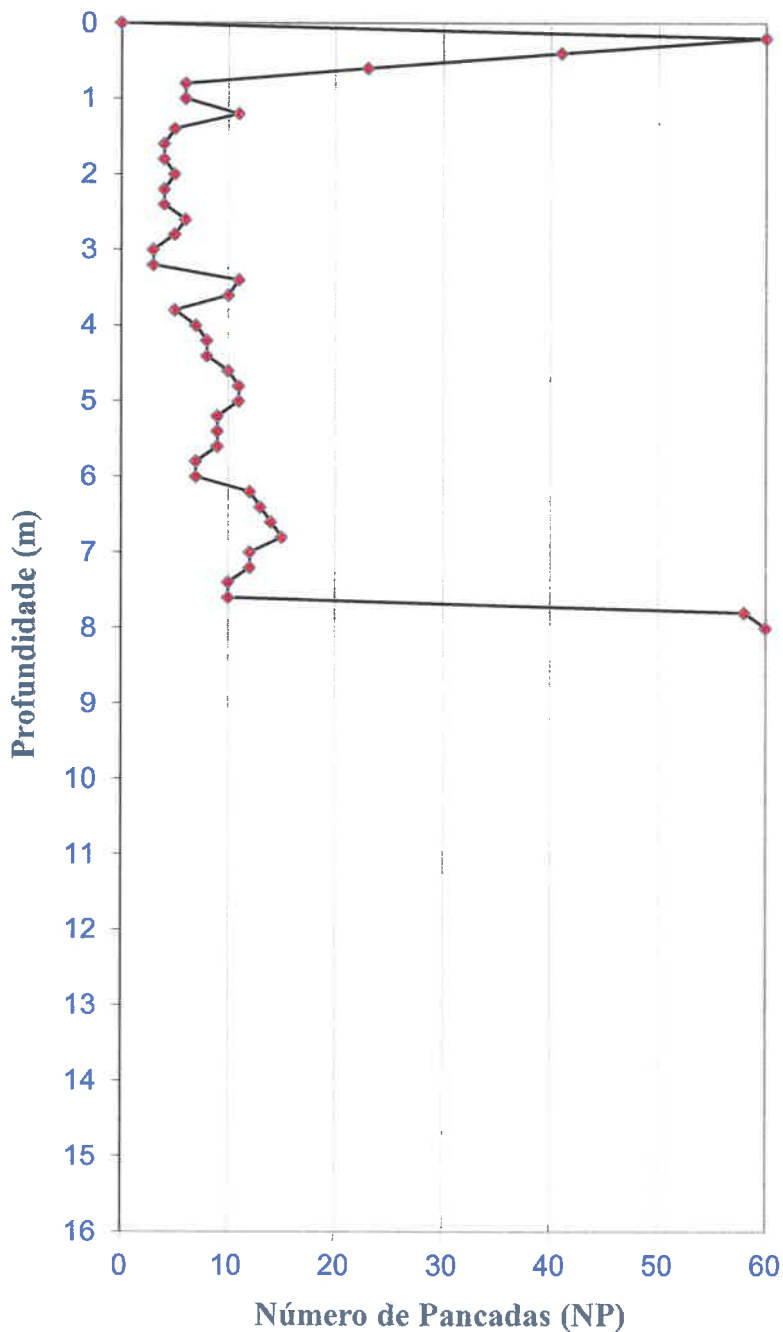
**GRÁFICO  $r_d$**



**GRÁFICO  $q_d$**

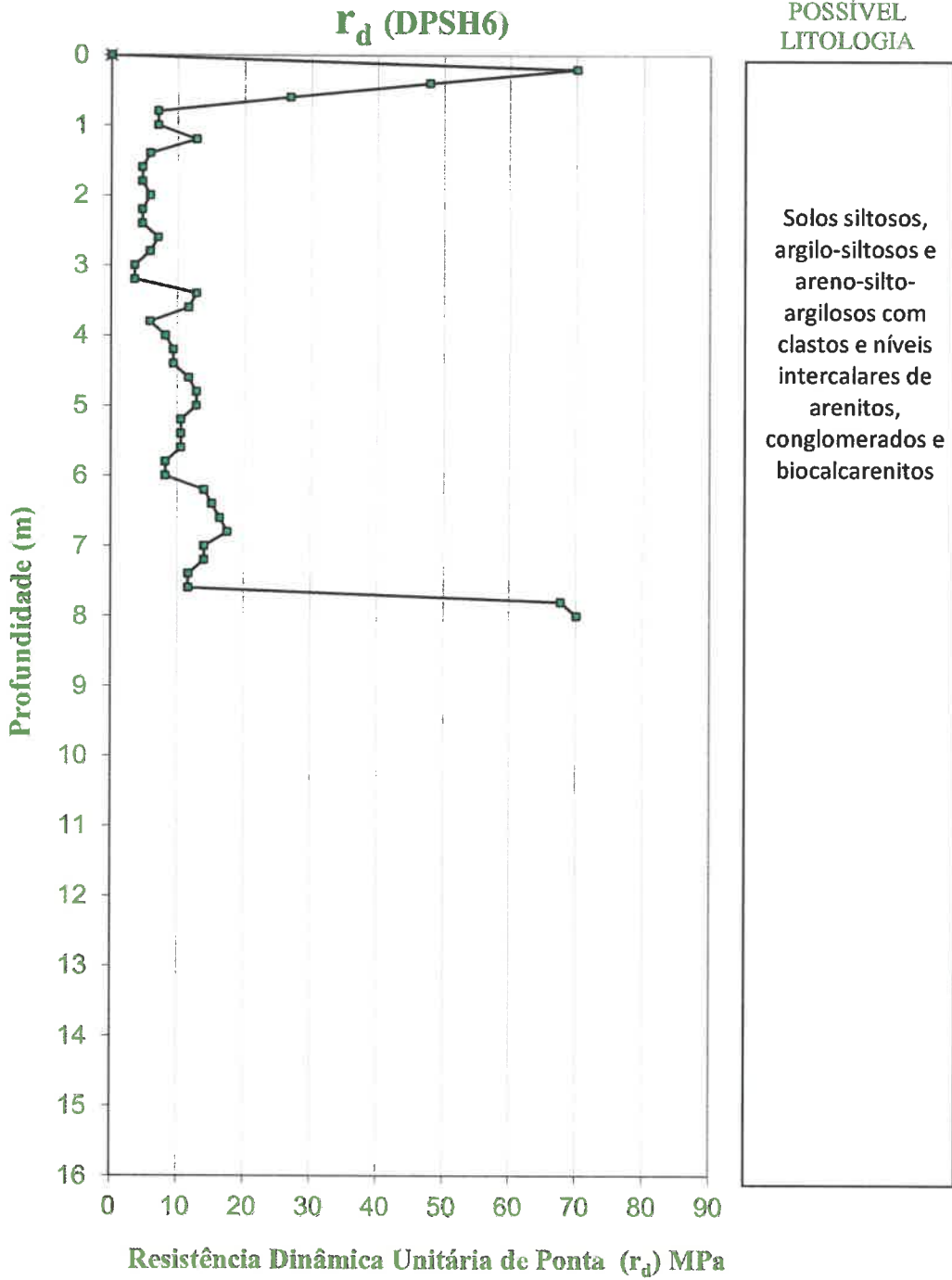
**NP (DPSH6)**

**POSSÍVEL LITOLOGIA**



Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

**DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY TYPE B**  
**EN ISO 22476-2**

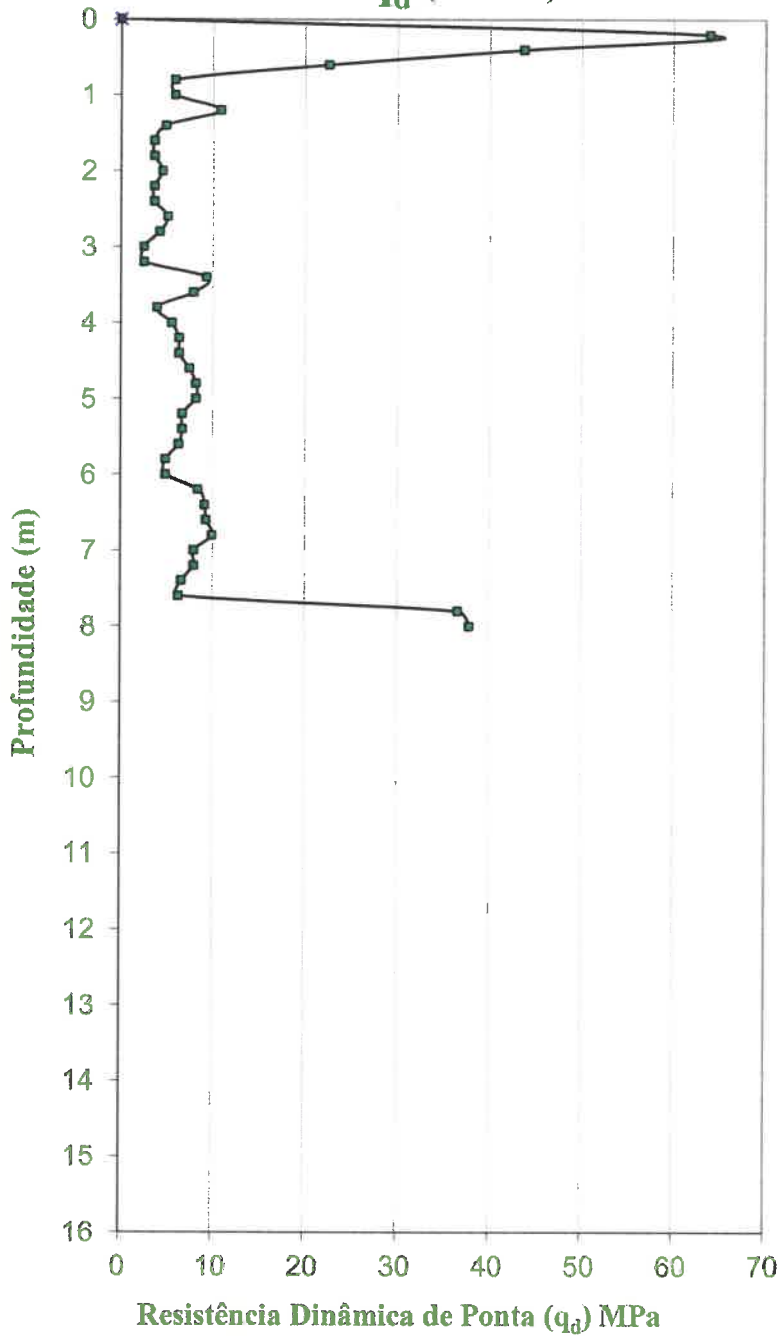


**GRÁFICO  $r_d$**

**DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY TYPE B**  
**EN ISO 22476-2**

**$q_d$  (DPSH6)**

POSSÍVEL  
LITOLOGIA



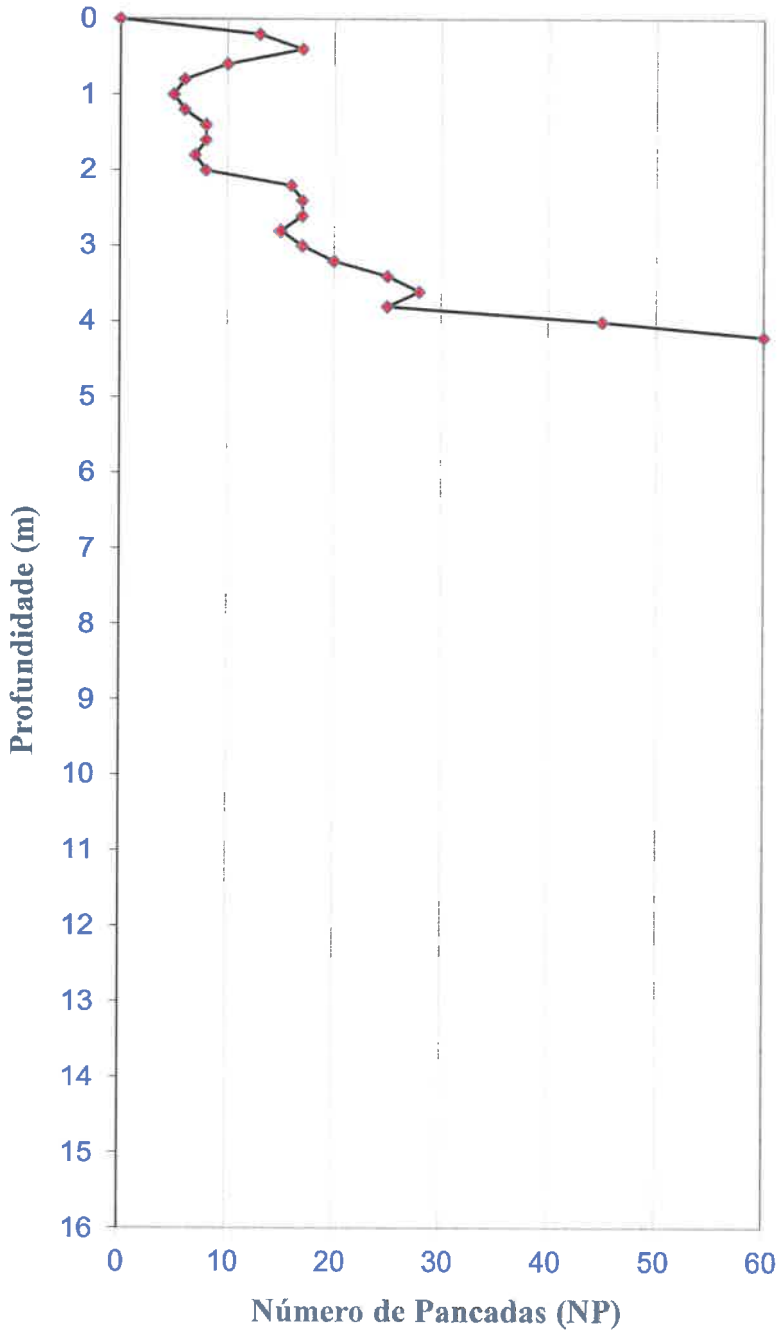
Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

**GRÁFICO  $q_d$**

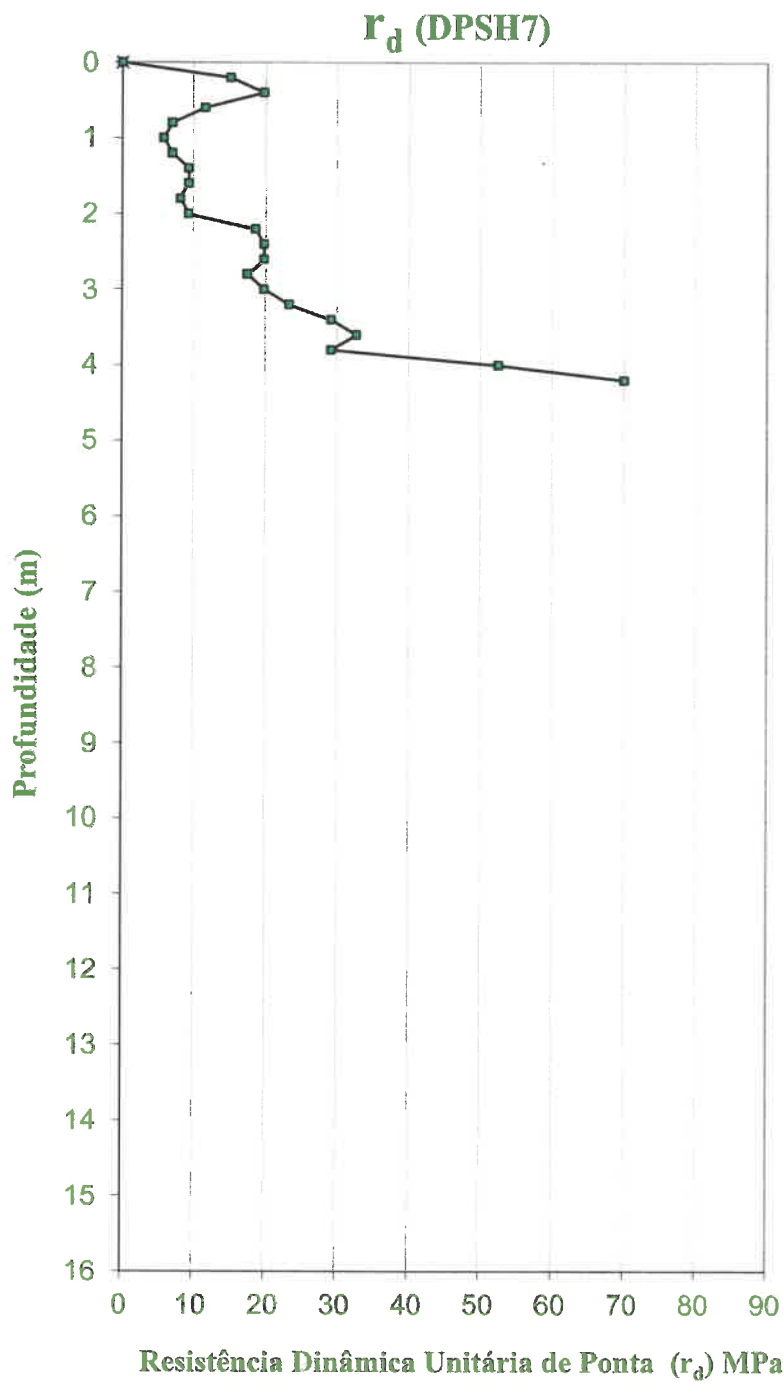


**NP (DPSH7)**

**POSSÍVEL LITOLOGIA**



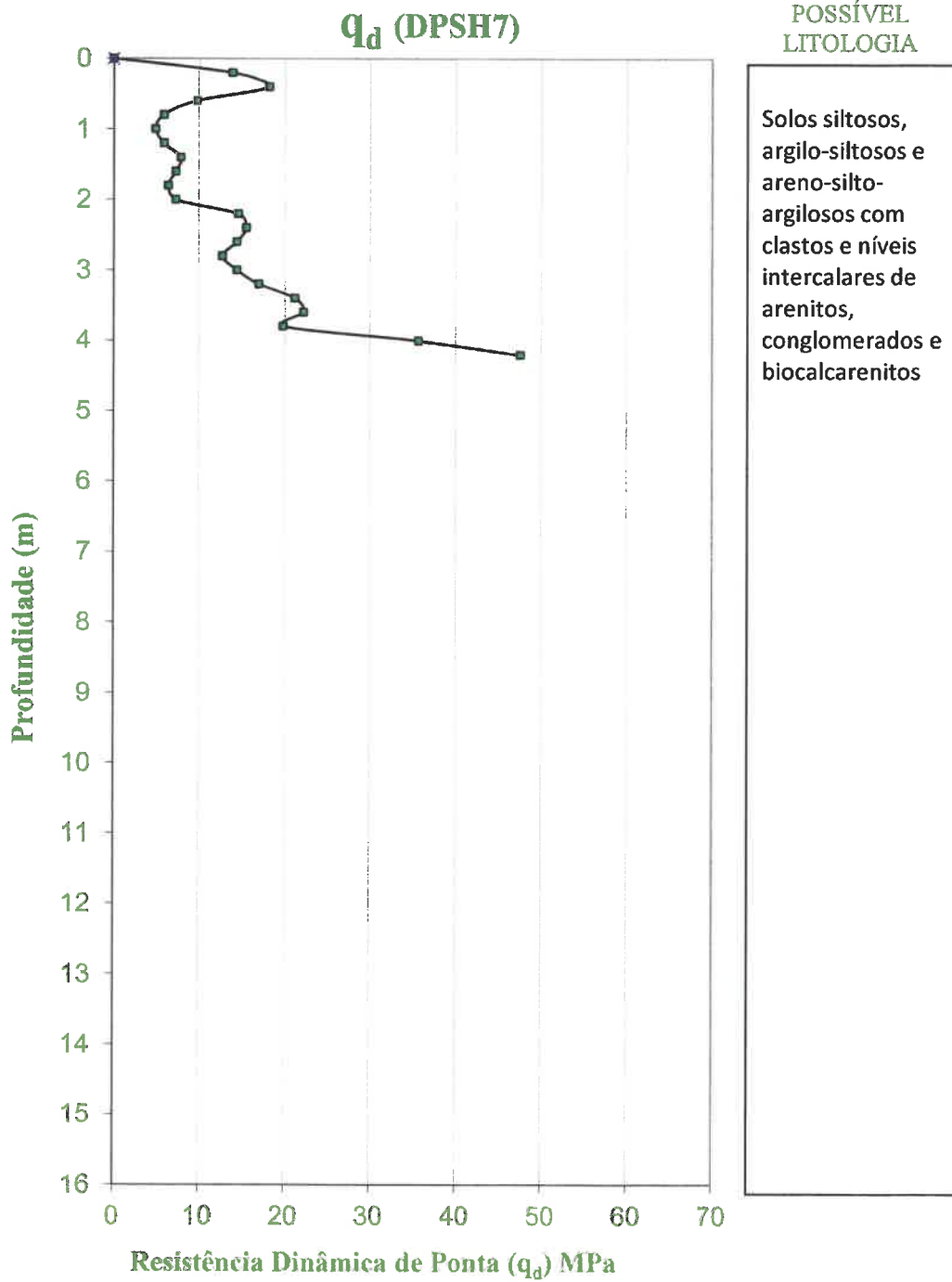
Solos siltosos, argilo-siltosos e areno-silto-argilosos com clastos e níveis intercalares de arenitos, conglomerados e biocalcarenitos



POSSÍVEL  
LITOLOGIA

Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

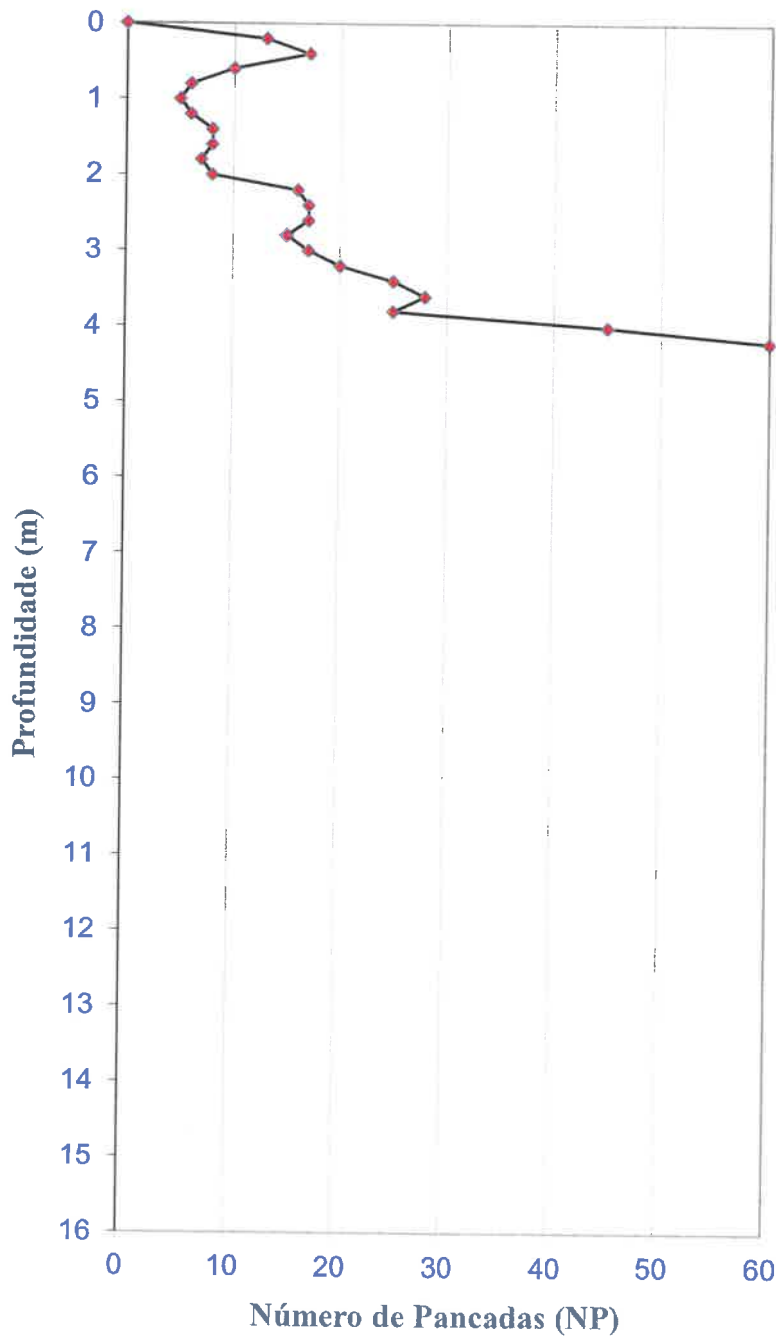
**GRÁFICO  $r_d$**



**GRÁFICO  $q_d$**

**NP (DPSH7)**

**POSSÍVEL  
LITOLOGIA**

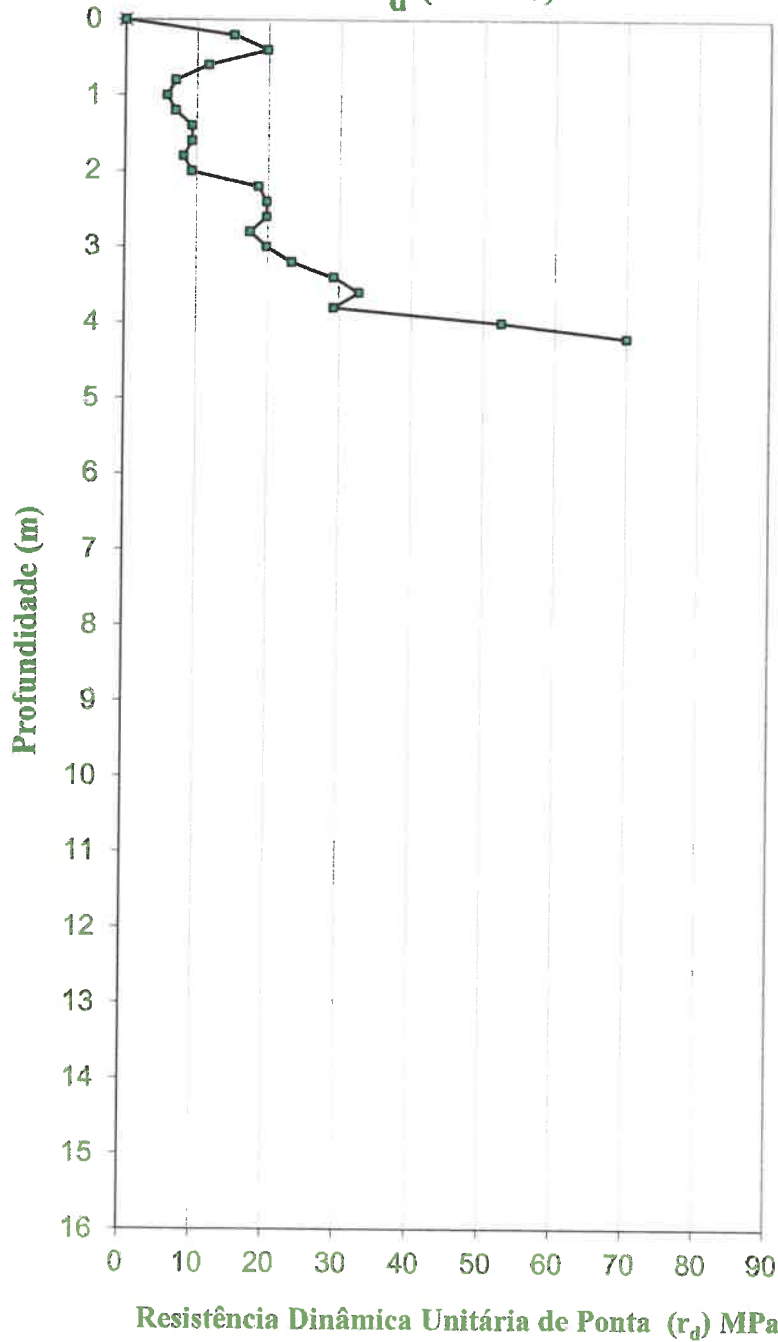


Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

**DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY TYPE B**  
**EN ISO 22476-2**

**$r_d$  (DPSH7)**

POSSÍVEL LITOLOGIA

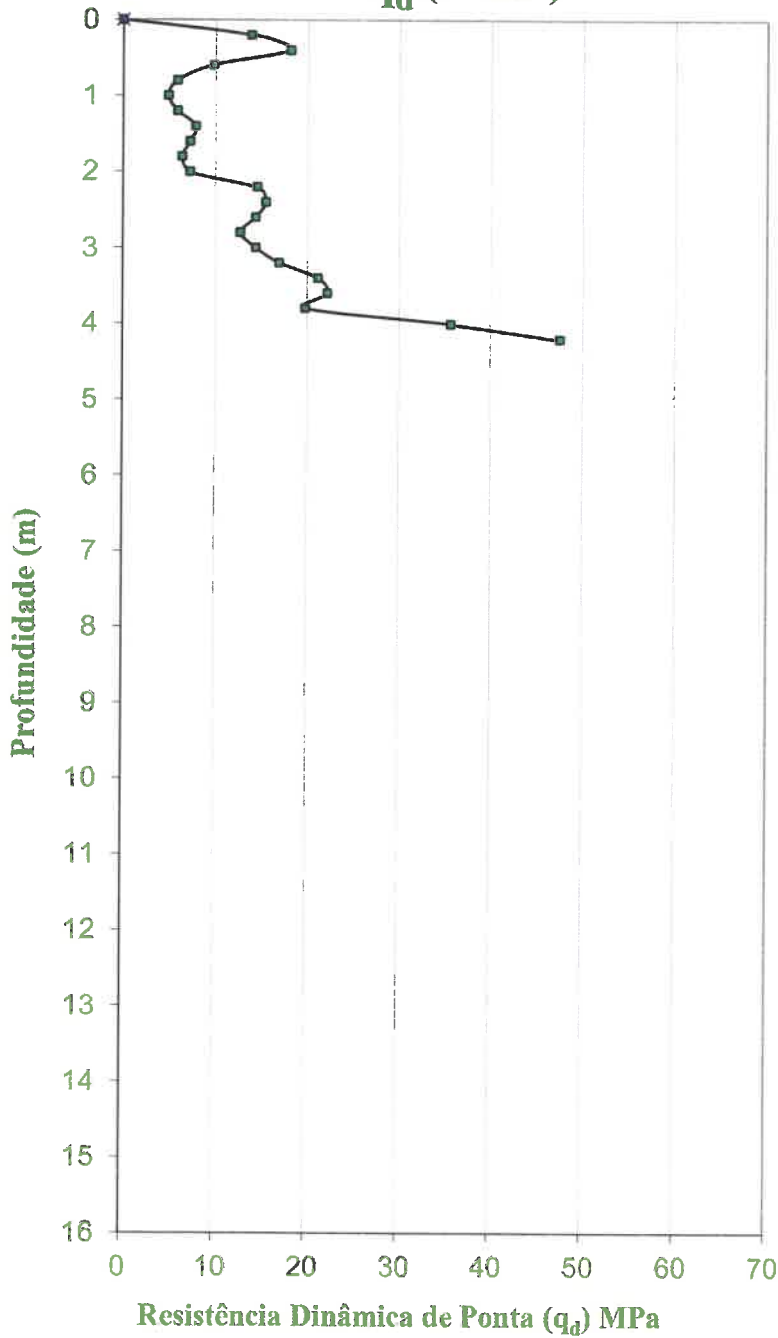


Solos siltosos,  
 argilo-siltosos e  
 areno-silto-  
 argilosos com  
 clastos e níveis  
 intercalares de  
 arenitos,  
 conglomerados e  
 biocalcarenitos

**GRÁFICO  $r_d$**

**Q<sub>d</sub> (DPSH7)**

**POSSÍVEL  
LITOLOGIA**

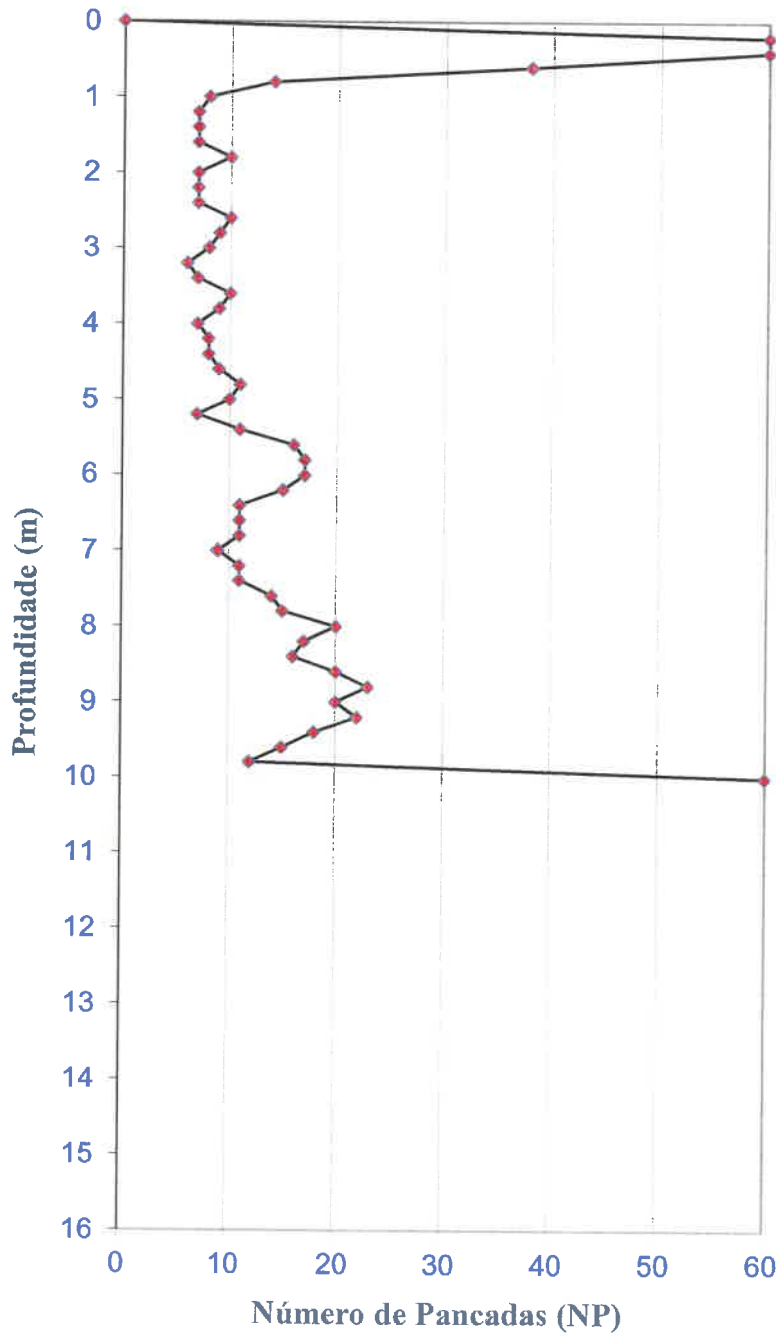


Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

**GRÁFICO q<sub>d</sub>**

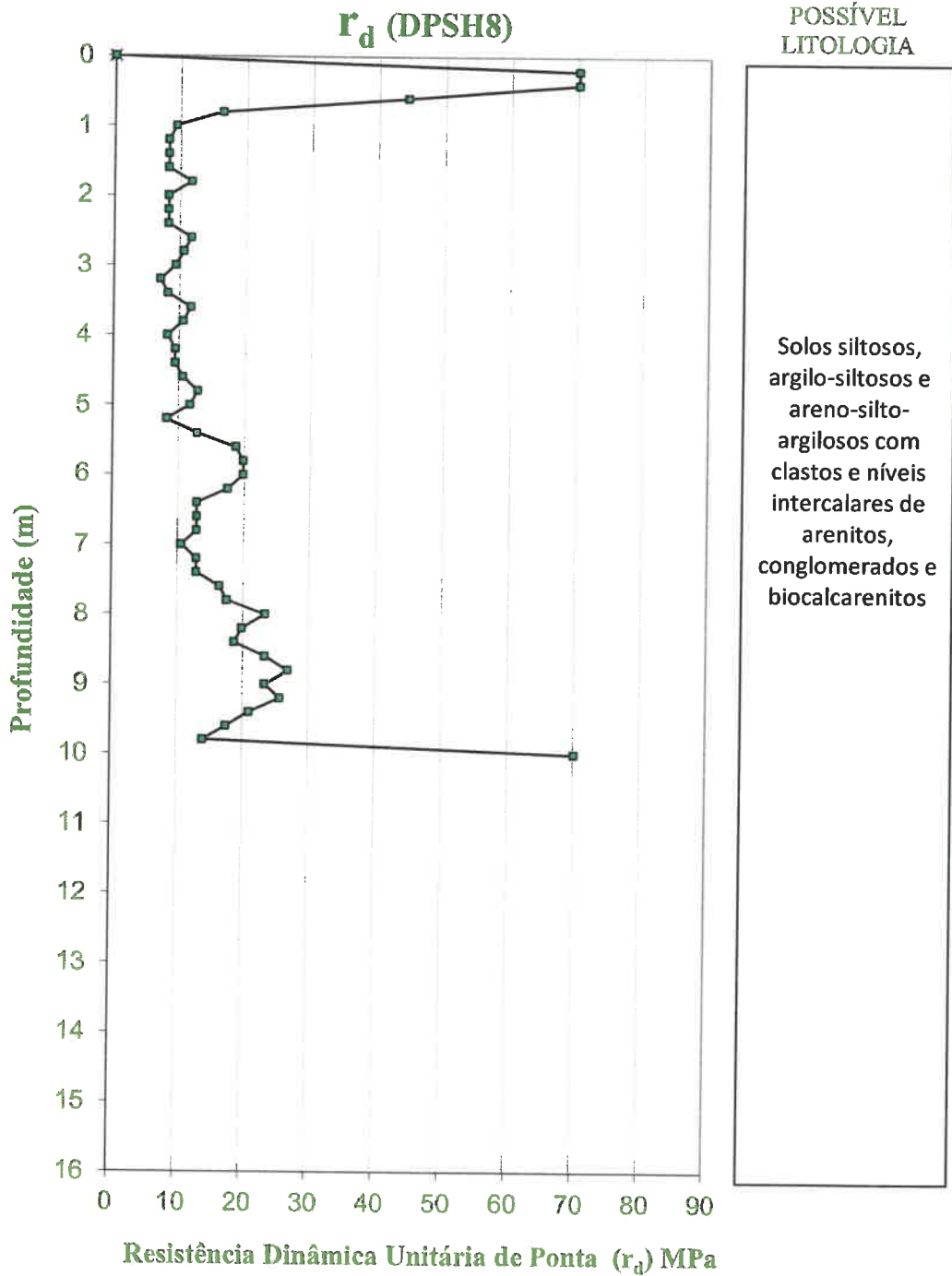
**NP (DPSH8)**

**POSSÍVEL LITOLOGIA**



Solos siltosos, argilo-siltosos e areno-silto-argilosos com clastos e níveis intercalares de arenitos, conglomerados e biocalcarenitos

**DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY TYPE B**  
**EN ISO 22476-2**



**GRÁFICO  $r_d$**

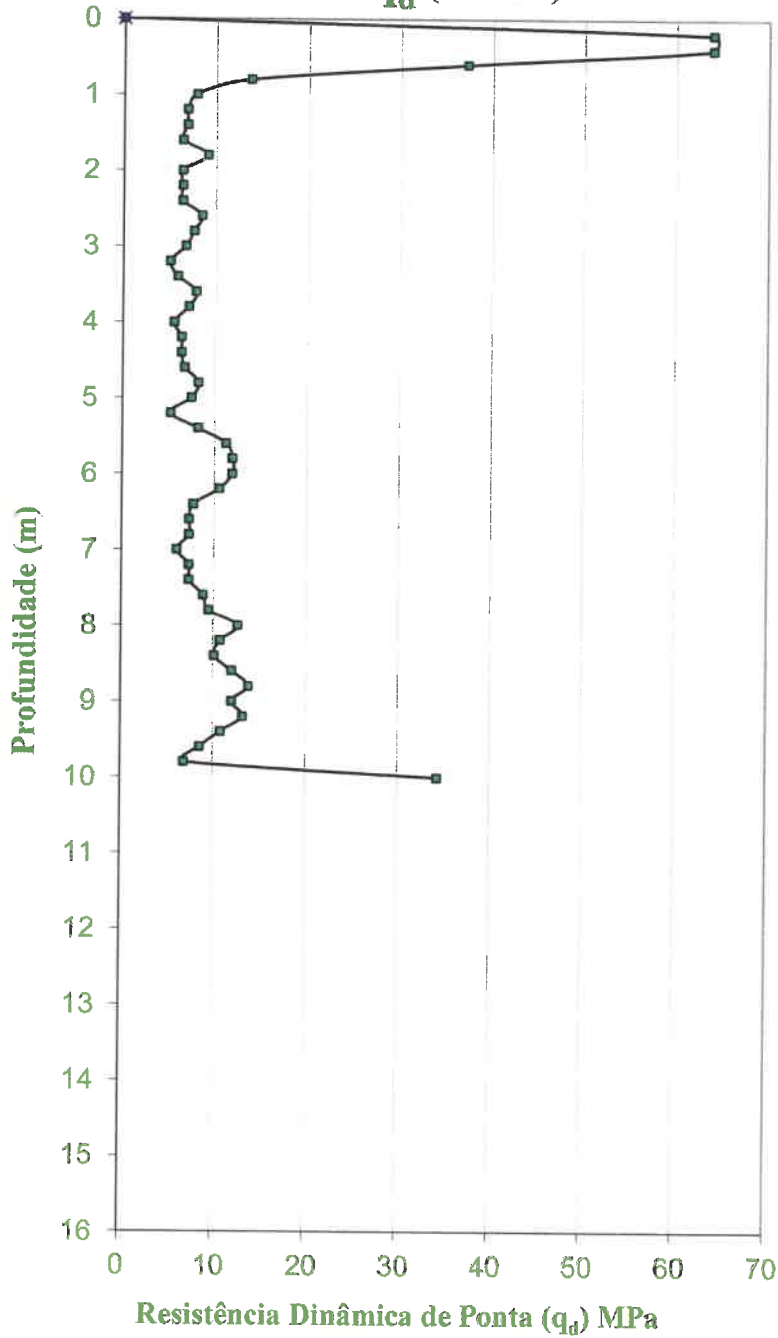


# DYNAMIC PROBING SUPER HEAVY TYPE B

EN ISO 22476-2

## $Q_d$ (DPSH8)

POSSÍVEL  
LITOLOGIA

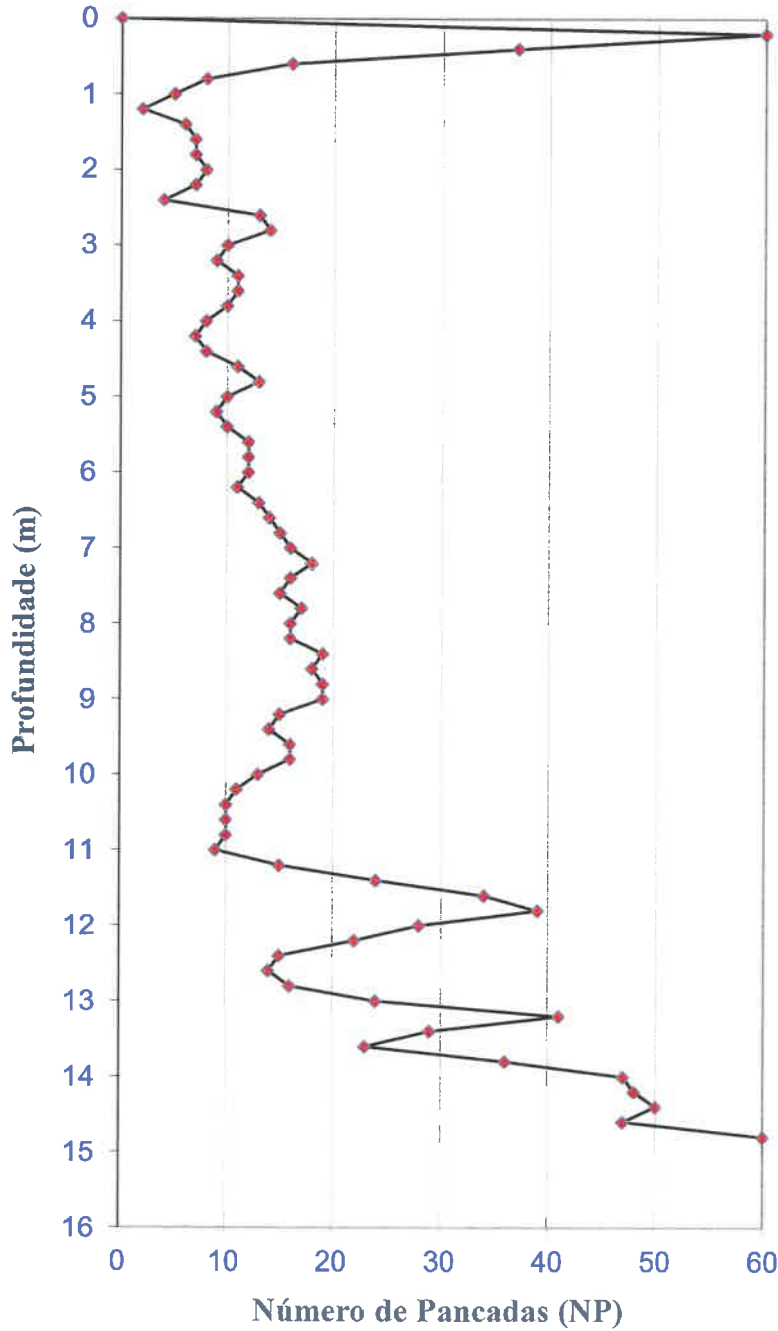


Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

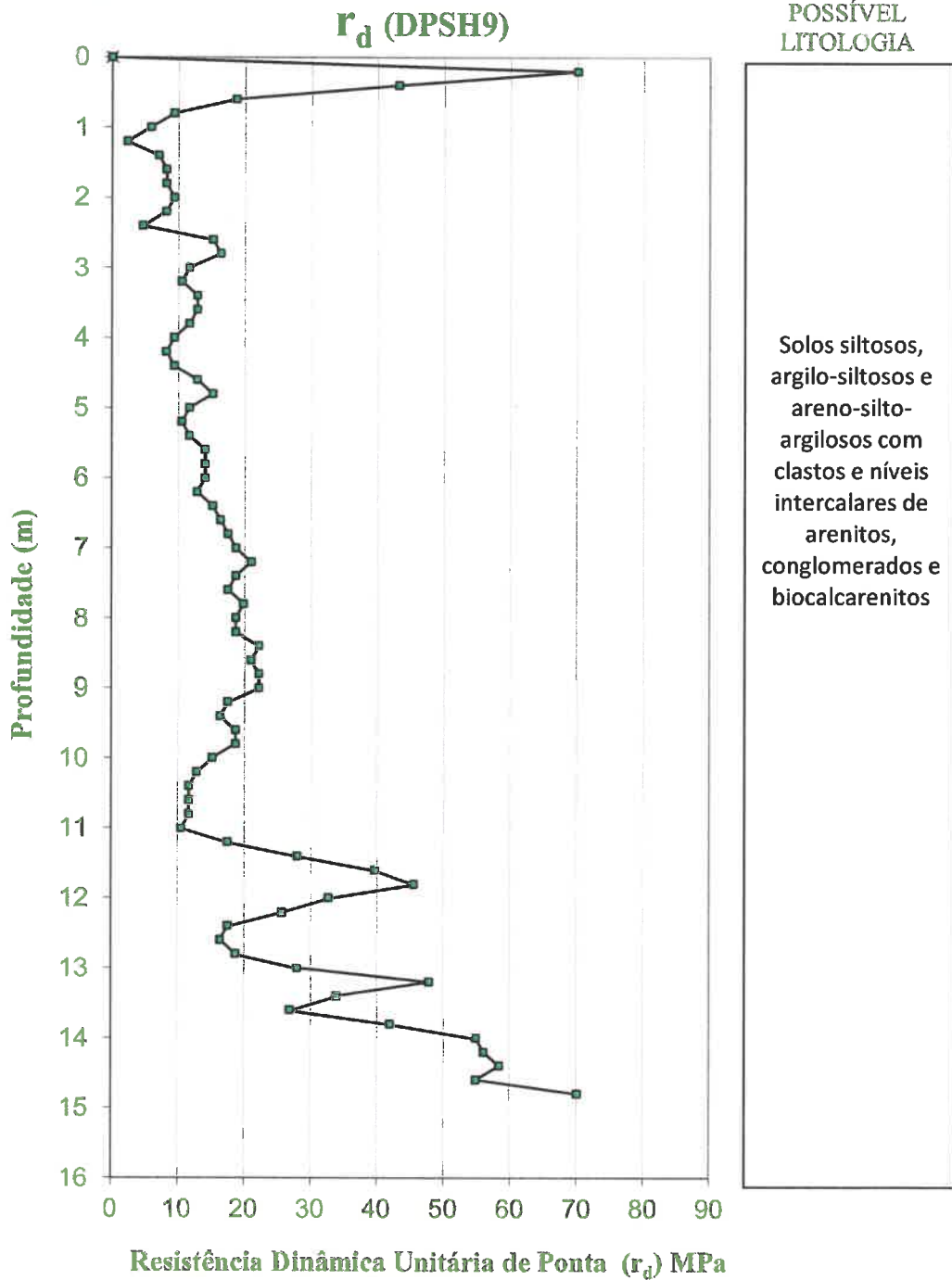
GRÁFICO  $q_d$

**NP (DPSH9)**

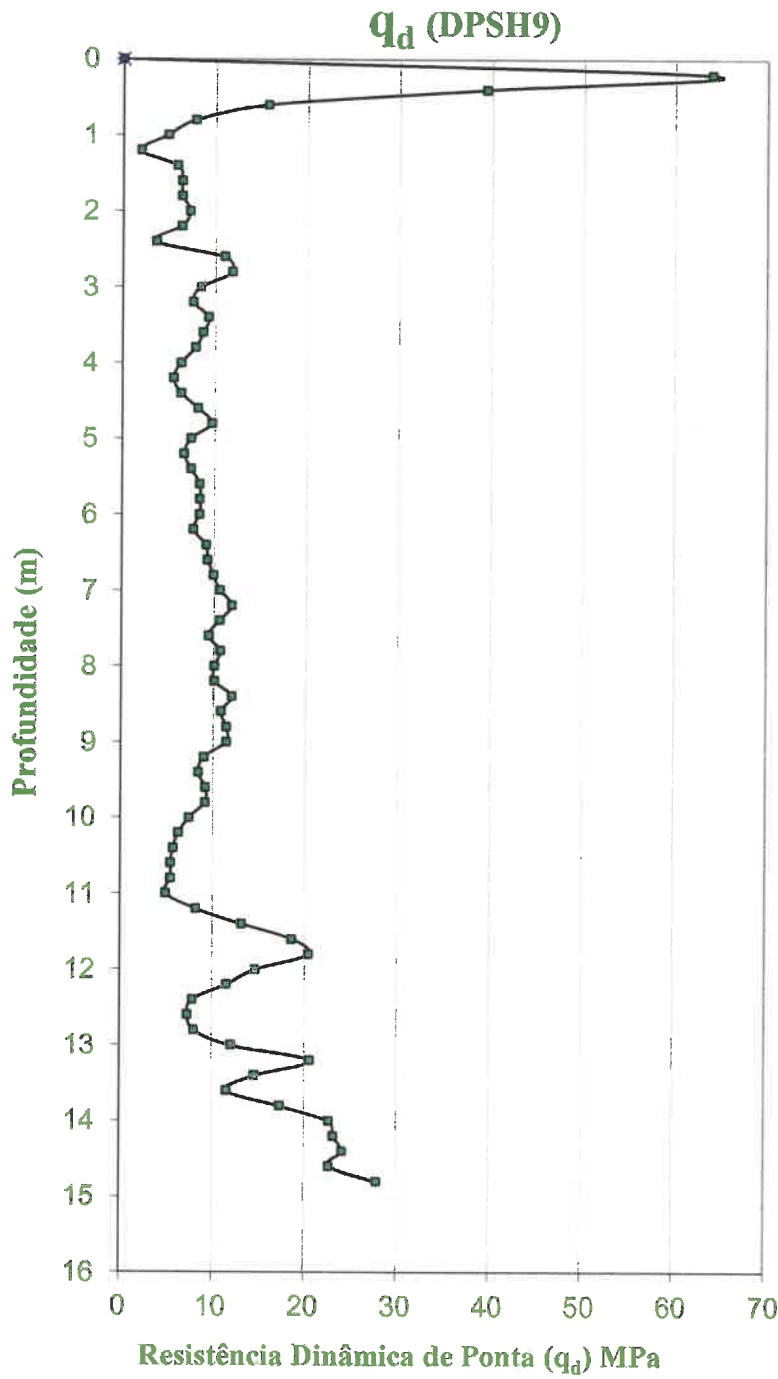
**POSSÍVEL  
LITOLOGIA**



Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos



**GRÁFICO  $r_d$**



POSSÍVEL  
LITOLOGIA

Solos siltosos,  
argilo-siltosos e  
areno-silto-  
argilosos com  
clastos e níveis  
intercalares de  
arenitos,  
conglomerados e  
biocalcarenitos

**GRÁFICO  $q_d$**

## **ANEXO II**

### **CÁLCULOS DOS ASSENTAMENTOS PARA AS FUNDAÇÕES DIRETAS**

## Metodologia para o cálculo dos assentamentos

### *Tensão de segurança à rotura*

A capacidade de carga à rotura foi calculada levando em conta a massa específica do solo, a posição do nível freático, o ângulo de atrito, a coesão não drenada, a largura e comprimento das sapatas e a profundidade de implantação das mesmas; desta forma, para o cálculo da capacidade de carga utilizou-se a equação de Terzaghi, generalizada por Vésic em 1973, cuja expressão é a seguinte:

$$q_{ult} = C N_c S_c d_c + \gamma D_f N_q S_q d_q + 1/2 \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma$$

sendo,

$q_{ult}$  é a capacidade de carga (na rotura),

C é a coesão,

$N_c$ ,  $N_q$  e  $N_\gamma$  são factores de capacidade de carga dependentes do ângulo de atrito,

$S_c$ ,  $S_q$  e  $S_\gamma$  são factores de forma das fundações,

$d_c$ ,  $d_q$  e  $d_\gamma$  são factores de profundidade,

$D_f$  é a profundidade de implantação das fundações,

$\gamma$  é a massa específica do solo,

B é a largura da sapata.

À equação anterior aplicaram-se os factores de segurança parciais aos parâmetros do solo, tal como é recomendado pelo Eurocódigo 7 - Projecto Geotécnico, tendo-se obtido a tensão de segurança à rotura ( $q_{seg}$ ). Para determinar a tensão admissível calcularam-se os assentamentos provocados pela tensão de segurança que só é considerada tensão admissível se os assentamentos forem compatíveis com a obra em causa.

### ***Cálculo de assentamentos totais***

Para a determinação da tensão admissível a ser aplicada na sapata é necessário proceder ao cálculo dos assentamentos totais. Entende-se por tensão admissível a tensão cujos assentamentos são inferiores ao limite máximo admitido pela obra em causa, não colocando em risco a sua estabilidade; ou seja, a tensão que não provoca assentamentos totais indesejáveis.

Para determinar os assentamentos totais utilizaram-se as expressões de Bowles (1997):

$$\Delta H = \frac{\Delta_p \times H}{E_s}$$

em que:

$$H = B (1-\nu^2) m I_s I_f$$

- $E_s$  é o módulo de elasticidade do solo,
- $\Delta_p$  é o incremento de tensão a determinada profundidade do subsolo,
- $H$  é a espessura de solo susceptível de sofrer assentamentos.
- $B$  é a largura da sapata
- $I_s$  é o factor de influência de Steinbrenner
- $I_f$  é o factor de profundidade
- $m$  é o número de cantos da sapata
- $\nu$  é o coeficiente de Poisson.

**Assentamentos em Fundações Directas**

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| Largura da fundação (m):           | 2,0 |
| Comprimento da fundação (m):       | 30  |
| tensão aplicada na fundação (KPa): | 100 |

**Sapata contínua**  
de 2,0 x ... m

**A) Consolidação Primária**

Portimão

| Camadas                             | Espes. (m)  | $E_s$ (KPa) | $z$ (m) | $I$   | $\Delta q$ (KPa)                            | $\Delta H_{i-}$ (mm) |
|-------------------------------------|-------------|-------------|---------|-------|---|----------------------|
| camada 1                            | 1           | 100000      | 0,5     | 0,240 | 96,00                                       | 0,960                |
| camada 2                            | 1           | 100000      | 1,5     | 0,172 | 68,80                                       | 0,688                |
| camada 3                            | 1           | 7600        | 2,5     | 0,115 | 46,00                                       | 6,053                |
| camada 4                            | 1           | 7600        | 3,5     | 0,090 | 36,00                                       | 4,737                |
| camada 5                            | 1           | 7600        | 4,5     | 0,062 | 24,80                                       | 3,263                |
| camada 6                            | 1           | 7600        | 5,5     | 0,062 | 24,80                                       | 3,263                |
| camada 7                            | 1,2         | 42000       | 6,6     | 0,062 | 24,80                                       | 0,709                |
| camada 8                            | 1,4         | 42000       | 7,9     | 0,031 | 12,40                                       | 0,413                |
| camada 9                            | 1           | 22000       | 9,1     | 0,030 | 12,00                                       | 0,545                |
| camada 10                           | 1,2         | 33000       | 10,2    | 0,030 | 12,00                                       | 0,436                |
| camada 11                           | 1,6         | 45200       | 11,6    | 0,030 | 12,00                                       | 0,425                |
| camada 12                           | 1           | 45200       | 12,9    | 0,029 | 11,60                                       | 0,257                |
| camada 13                           | 1           | 45200       | 13,9    | 0,029 | 11,60                                       | 0,257                |
| camada 14                           | 1           | 45200       | 14,9    | 0,028 | 11,20                                       | 0,248                |
| camada 15                           | 1,8         | 22000       | 16,3    | 0,027 | 10,80                                       | 0,884                |
| camada 16                           | 1           | 22000       | 17,7    | 0,026 | 10,40                                       | 0,473                |
| camada 17                           | 1           | 22000       | 18,7    | 0,026 | 10,40                                       | 0,473                |
| camada 18                           | 1,2         | 69700       | 19,8    | 0,026 | 10,40                                       | 0,179                |
| camada 19                           | 1           | 69700       | 20,9    | 0,005 | 2,00  | 0,029                |
| camada 20                           | 1           | 250000      | 21,9    | 0,005 | 2,00  | 0,008                |
| camada 21                           | 1           | 250000      | 22,9    | 0,005 | 2,00  | 0,008                |
| camada 22                           | 1           | 250000      | 23,9    | 0,005 | 2,00  | 0,008                |
| camada 23                           | 1           | 250000      | 24,9    | 0,005 | 2,00  | 0,008                |
| camada 24                           | 1           | 250000      | 25,9    | 0,005 | 2,00  | 0,008                |
| camada 25                           | 1           | 250000      | 26,9    | 0,005 | 2,00  | 0,008                |
| camada 26                           | 1           | 250000      | 27,9    | 0,005 | 2,00  | 0,008                |
| camada 27                           | 1           | 250000      | 28,9    | 0,005 | 2,00  | 0,008                |
| camada 28                           | 1           | 250000      | 29,9    | 0,005 | 2,00  | 0,008                |
| camada 29                           | 1           | 250000      | 30,9    | 0,005 | 2,00  | 0,008                |
| camada 30                           | 1           | 250000      | 31,9    | 0,005 | 2,00  | 0,008                |
| <b><math>H_{total-}</math> (m):</b> | <b>32,4</b> |             |         |       | <b><math>\Delta H_{total-}</math> (mm):</b> | <b>24,378</b>        |

**Assentamentos Imediatos**

| Camadas                             | Espes. (m)  | $E_s$ (KPa) |
|-------------------------------------|-------------|-------------|
| camada 1                            | 1           | 100000      |
| camada 2                            | 1           | 100000      |
| camada 3                            | 1           | 7600        |
| camada 4                            | 1           | 7600        |
| camada 5                            | 1           | 7600        |
| camada 6                            | 1           | 7600        |
| camada 7                            | 1,2         | 42000       |
| camada 8                            | 1,4         | 42000       |
| camada 9                            | 1           | 22000       |
| camada 10                           | 1,2         | 33000       |
| camada 11                           | 1,6         | 45200       |
| camada 12                           | 1           | 45200       |
| camada 13                           | 1           | 45200       |
| camada 14                           | 1           | 45200       |
| camada 15                           | 1,8         | 22000       |
| camada 16                           | 1           | 22000       |
| camada 17                           | 1           | 22000       |
| camada 18                           | 1,2         | 69700       |
| camada 19                           | 1           | 69700       |
| camada 20                           | 1           | 250000      |
| camada 21                           | 1           | 250000      |
| camada 22                           | 1           | 250000      |
| camada 23                           | 1           | 250000      |
| camada 24                           | 1           | 250000      |
| camada 25                           | 1           | 250000      |
| camada 26                           | 1           | 250000      |
| camada 27                           | 1           | 250000      |
| camada 28                           | 1           | 250000      |
| camada 29                           | 1           | 250000      |
| camada 30                           | 1           | 250000      |
| <b><math>H_{total-}</math> (m):</b> | <b>32,4</b> |             |

|                |          |
|----------------|----------|
| $E_{s_{av}} =$ | 110989,5 |
| $M =$          | 15       |
| $N =$          | 32,4     |
| $I_1 =$        | 2,979    |
| $I_2 =$        | 0,086    |
| $I_{S=}$       | 3,028143 |
| $I_F =$        | 0,63     |

|  |              |
|--|--------------|
| <b><math>\Delta H_{total}</math> (mm):</b> | <b>6,257</b> |
|--|--------------|

**C) Assentamento Total**

|  |              |
|--|--------------|
| <b><math>\Delta H_{total}</math> (mm):</b> | <b>30,63</b> |
|--|--------------|



**Assentamentos em Fundações Directas**

Largura da fundação (m):

56,4

Ensoleiramento geral

Comprimento da fundação (m):

56,4

de 50,0 x 50,0 m

tensão aplicada na fundação (KPa):

100

**A) Consolidação Primária**

Portimão

| Camadas          | Espes. (m) | Es (KPa) | z (m) | $\alpha$                 | $\Delta q$ (KPa) | $\Delta H_i$ (mm) |
|------------------|------------|----------|-------|--------------------------|------------------|-------------------|
| camada 1         | 1          | 7600     | 0,5   | 0,999994                 | 99,99944         | 13,158            |
| camada 2         | 1          | 7600     | 1,5   | 0,99985                  | 99,98501         | 13,156            |
| camada 3         | 1          | 7600     | 2,5   | 0,999311                 | 99,93114         | 13,149            |
| camada 4         | 1          | 7600     | 3,5   | 0,998131                 | 99,81315         | 13,133            |
| camada 5         | 1          | 7600     | 4,5   | 0,996087                 | 99,6087          | 13,106            |
| camada 6         | 1          | 7600     | 5,5   | 0,992985                 | 99,29851         | 13,066            |
| camada 7         | 1,2        | 42000    | 6,6   | 0,988166                 | 98,81657         | 2,823             |
| camada 8         | 1,4        | 42000    | 7,9   | 0,98037                  | 98,03702         | 3,268             |
| camada 9         | 1          | 22000    | 9,1   | 0,971037                 | 97,10369         | 4,414             |
| camada 10        | 1,2        | 33000    | 10,2  | 0,960649                 | 96,06488         | 3,493             |
| camada 11        | 1,6        | 45200    | 11,6  | 0,944946                 | 94,49459         | 3,345             |
| camada 12        | 1          | 45200    | 12,9  | 0,928015                 | 92,80147         | 2,053             |
| camada 13        | 1          | 45200    | 13,9  | 0,91358                  | 91,35804         | 2,021             |
| camada 14        | 1          | 45200    | 14,9  | 0,898043                 | 89,8043          | 1,987             |
| camada 15        | 1,8        | 22000    | 16,3  | 0,874676                 | 87,46764         | 7,156             |
| camada 16        | 1          | 22000    | 17,7  | 0,849755                 | 84,97555         | 3,863             |
| camada 17        | 1          | 22000    | 18,7  | 0,831206                 | 83,12062         | 3,778             |
| camada 18        | 1,2        | 69700    | 19,8  | 0,810257                 | 81,0257          | 1,395             |
| camada 19        | 1          | 69700    | 20,9  | 0,788896                 | 78,88961         | 1,132             |
| camada 20        | 1          | 250000   | 21,9  | 0,769249                 | 76,92489         | 0,308             |
| camada 21        | 1          | 250000   | 22,9  | 0,749494                 | 74,94939         | 0,300             |
| camada 22        | 1          | 250000   | 23,9  | 0,729727                 | 72,97267         | 0,292             |
| camada 23        | 1          | 250000   | 24,9  | 0,710033                 | 71,00332         | 0,284             |
| camada 24        | 1          | 250000   | 25,9  | 0,690489                 | 69,0489          | 0,276             |
| camada 25        | 1          | 250000   | 26,9  | 0,67116                  | 67,11601         | 0,268             |
| camada 26        | 1          | 250000   | 27,9  | 0,652103                 | 65,21032         | 0,261             |
| camada 27        | 1          | 250000   | 28,9  | 0,633366                 | 63,33664         | 0,253             |
| camada 28        | 1          | 250000   | 29,9  | 0,614989                 | 61,49894         | 0,246             |
| camada 29        | 1          | 250000   | 30,9  | 0,597005                 | 59,70049         | 0,239             |
| camada 30        | 1          | 250000   | 31,9  | 0,579439                 | 57,94388         | 0,232             |
| $H_{total}$ (m): | 32,4       |          |       | $\Delta H_{total}$ (mm): | 122,46           |                   |

**Assentamentos Imediatos**

| Camadas          | Espes. (m) | Es (KPa) |
|------------------|------------|----------|
| camada 1         | 1          | 7600     |
| camada 2         | 1          | 7600     |
| camada 3         | 1          | 7600     |
| camada 4         | 1          | 7600     |
| camada 5         | 1          | 7600     |
| camada 6         | 1          | 7600     |
| camada 7         | 1,2        | 42000    |
| camada 8         | 1,4        | 42000    |
| camada 9         | 1          | 22000    |
| camada 10        | 1,2        | 33000    |
| camada 11        | 1,6        | 45200    |
| camada 12        | 1          | 45200    |
| camada 13        | 1          | 45200    |
| camada 14        | 1          | 45200    |
| camada 15        | 1,8        | 22000    |
| camada 16        | 1          | 22000    |
| camada 17        | 1          | 22000    |
| camada 18        | 1,2        | 69700    |
| camada 19        | 1          | 69700    |
| camada 20        | 1          | 250000   |
| camada 21        | 1          | 250000   |
| camada 22        | 1          | 250000   |
| camada 23        | 1          | 250000   |
| camada 24        | 1          | 250000   |
| camada 25        | 1          | 250000   |
| camada 26        | 1          | 250000   |
| camada 27        | 1          | 250000   |
| camada 28        | 1          | 250000   |
| camada 29        | 1          | 250000   |
| camada 30        | 1          | 250000   |
| $H_{total}$ (m): | 32,4       |          |

|              |          |
|--------------|----------|
| $E_{s_{av}}$ | 105285,8 |
| M            | 1        |
| N            | 1,148936 |
| $l_1$        | 0,16     |
| $l_2$        | 0,08     |
| $l_{S=}$     | 0,205714 |
| $l_F$        | 0,7      |

|                          |       |
|--------------------------|-------|
| $\Delta H_{total}$ (mm): | 14,04 |
|--------------------------|-------|

**C) Assentamento Total**

|                          |        |
|--------------------------|--------|
| $\Delta H_{total}$ (mm): | 136,49 |
|--------------------------|--------|

**Assentamentos em Fundações Directas**

|                                    |      |
|------------------------------------|------|
| Largura da fundação (m):           | 56,4 |
| Comprimento da fundação (m):       | 56,4 |
| tensão aplicada na fundação (KPa): | 100  |

Ensoleiramento geral  
de 50,0 x 50,0 m

**A) Consolidação Primária**

Portimão

| Camadas                       | Espes. (m)  | Es (KPa) | z (m) | $\alpha$ | $\Delta q$ (KPa)                           | $\Delta H_{i.}$ (mm) |
|-------------------------------|-------------|----------|-------|----------|--|----------------------|
| camada 1                      | 1           | 100000   | 0,5   | 0,999994 | 99,99944                                   | 1,000                |
| camada 2                      | 1           | 100000   | 1,5   | 0,99985  | 99,98501                                   | 1,000                |
| camada 3                      | 1           | 7600     | 2,5   | 0,999311 | 99,93114                                   | 13,149               |
| camada 4                      | 1           | 7600     | 3,5   | 0,998131 | 99,81315                                   | 13,133               |
| camada 5                      | 1           | 7600     | 4,5   | 0,996087 | 99,6087                                    | 13,106               |
| camada 6                      | 1           | 7600     | 5,5   | 0,992985 | 99,29851                                   | 13,066               |
| camada 7                      | 1,2         | 42000    | 6,6   | 0,988166 | 98,81657                                   | 2,823                |
| camada 8                      | 1,4         | 42000    | 7,9   | 0,98037  | 98,03702                                   | 3,268                |
| camada 9                      | 1           | 22000    | 9,1   | 0,971037 | 97,10369                                   | 4,414                |
| camada 10                     | 1,2         | 33000    | 10,2  | 0,960649 | 96,06488                                   | 3,493                |
| camada 11                     | 1,6         | 45200    | 11,6  | 0,944946 | 94,49459                                   | 3,345                |
| camada 12                     | 1           | 45200    | 12,9  | 0,928015 | 92,80147                                   | 2,053                |
| camada 13                     | 1           | 45200    | 13,9  | 0,91358  | 91,35804                                   | 2,021                |
| camada 14                     | 1           | 45200    | 14,9  | 0,898043 | 89,8043                                    | 1,987                |
| camada 15                     | 1,8         | 22000    | 16,3  | 0,874676 | 87,46764                                   | 7,156                |
| camada 16                     | 1           | 22000    | 17,7  | 0,849755 | 84,97555                                   | 3,863                |
| camada 17                     | 1           | 22000    | 18,7  | 0,831206 | 83,12062                                   | 3,778                |
| camada 18                     | 1,2         | 69700    | 19,8  | 0,810257 | 81,0257                                    | 1,395                |
| camada 19                     | 1           | 69700    | 20,9  | 0,788896 | 78,88961                                   | 1,132                |
| camada 20                     | 1           | 250000   | 21,9  | 0,769249 | 76,92489                                   | 0,308                |
| camada 21                     | 1           | 250000   | 22,9  | 0,749494 | 74,94939                                   | 0,300                |
| camada 22                     | 1           | 250000   | 23,9  | 0,729727 | 72,97267                                   | 0,292                |
| camada 23                     | 1           | 250000   | 24,9  | 0,710033 | 71,00332                                   | 0,284                |
| camada 24                     | 1           | 250000   | 25,9  | 0,690489 | 69,0489                                    | 0,276                |
| camada 25                     | 1           | 250000   | 26,9  | 0,67116  | 67,11601                                   | 0,268                |
| camada 26                     | 1           | 250000   | 27,9  | 0,652103 | 65,21032                                   | 0,261                |
| camada 27                     | 1           | 250000   | 28,9  | 0,633366 | 63,33664                                   | 0,253                |
| camada 28                     | 1           | 250000   | 29,9  | 0,614989 | 61,49894                                   | 0,246                |
| camada 29                     | 1           | 250000   | 30,9  | 0,597005 | 59,70049                                   | 0,239                |
| camada 30                     | 1           | 250000   | 31,9  | 0,579439 | 57,94388                                   | 0,232                |
| <b>H<sub>total</sub> (m):</b> | <b>32,4</b> |          |       |          | <b><math>\Delta H_{total}</math> (mm):</b> | <b>98,14</b>         |

**Assentamentos Imediatos**

| Camadas                       | Espes. (m)  | Es (KPa) |
|-------------------------------|-------------|----------|
| camada 1                      | 1           | 100000   |
| camada 2                      | 1           | 100000   |
| camada 3                      | 1           | 7600     |
| camada 4                      | 1           | 7600     |
| camada 5                      | 1           | 7600     |
| camada 6                      | 1           | 7600     |
| camada 7                      | 1,2         | 42000    |
| camada 8                      | 1,4         | 42000    |
| camada 9                      | 1           | 22000    |
| camada 10                     | 1,2         | 33000    |
| camada 11                     | 1,6         | 45200    |
| camada 12                     | 1           | 45200    |
| camada 13                     | 1           | 45200    |
| camada 14                     | 1           | 45200    |
| camada 15                     | 1,8         | 22000    |
| camada 16                     | 1           | 22000    |
| camada 17                     | 1           | 22000    |
| camada 18                     | 1,2         | 69700    |
| camada 19                     | 1           | 69700    |
| camada 20                     | 1           | 250000   |
| camada 21                     | 1           | 250000   |
| camada 22                     | 1           | 250000   |
| camada 23                     | 1           | 250000   |
| camada 24                     | 1           | 250000   |
| camada 25                     | 1           | 250000   |
| camada 26                     | 1           | 250000   |
| camada 27                     | 1           | 250000   |
| camada 28                     | 1           | 250000   |
| camada 29                     | 1           | 250000   |
| camada 30                     | 1           | 250000   |
| <b>H<sub>total</sub> (m):</b> | <b>32,4</b> |          |

|                    |          |
|--------------------|----------|
| Es <sub>av</sub> = | 110989,5 |
| M =                | 1        |
| N =                | 1,148936 |
| l <sub>1</sub> =   | 0,16     |
| l <sub>2</sub> =   | 0,08     |
| l <sub>S</sub> =   | 0,205714 |
| l <sub>F</sub> =   | 0,7      |

|  |              |
|--|--------------|
| <b><math>\Delta H_{total}</math> (mm):</b> | <b>13,32</b> |
|--|--------------|

**C) Assentamento Total**

|  |               |
|--|---------------|
| <b><math>\Delta H_{total}</math> (mm):</b> | <b>111,46</b> |
|--|---------------|