

ADENDA AO RELATÓRIO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO

Relativo ao

PROJECTO DESSULFURAÇÃO DA CENTRAL TERMOELÉCTRICA DE SINES

(Furação Complementar – apoio à prospecção Geofísica)

1 - NOTA PRÉVIA

De acordo com a solicitação expressa pela empresa **IDOM/COBRA**, realizou a **GEOSOLVE** uma Campanha de Prospecção Geológica-Geotécnica localizada na zona Sul (chaminé).

2 - TRABALHOS DE PROSPECÇÃO

Na campanha de prospecção para a análise das condições geotécnicas da área Sul (zona da Chaminé) foram realizados trabalhos de prospecção mecânica, destinados ao estudo das características geomecânicas das formações presentes.

Os furos de sondagem foram aproveitados para realizar prospecção geofísica, em particular a realização de ensaios cross-hole para determinar os parâmetros elásticos de solos e rochas.

Na [Figura 1](#) encontra-se esquematizado o alinhamento da furação de apoio aos ensaios sísmicos.

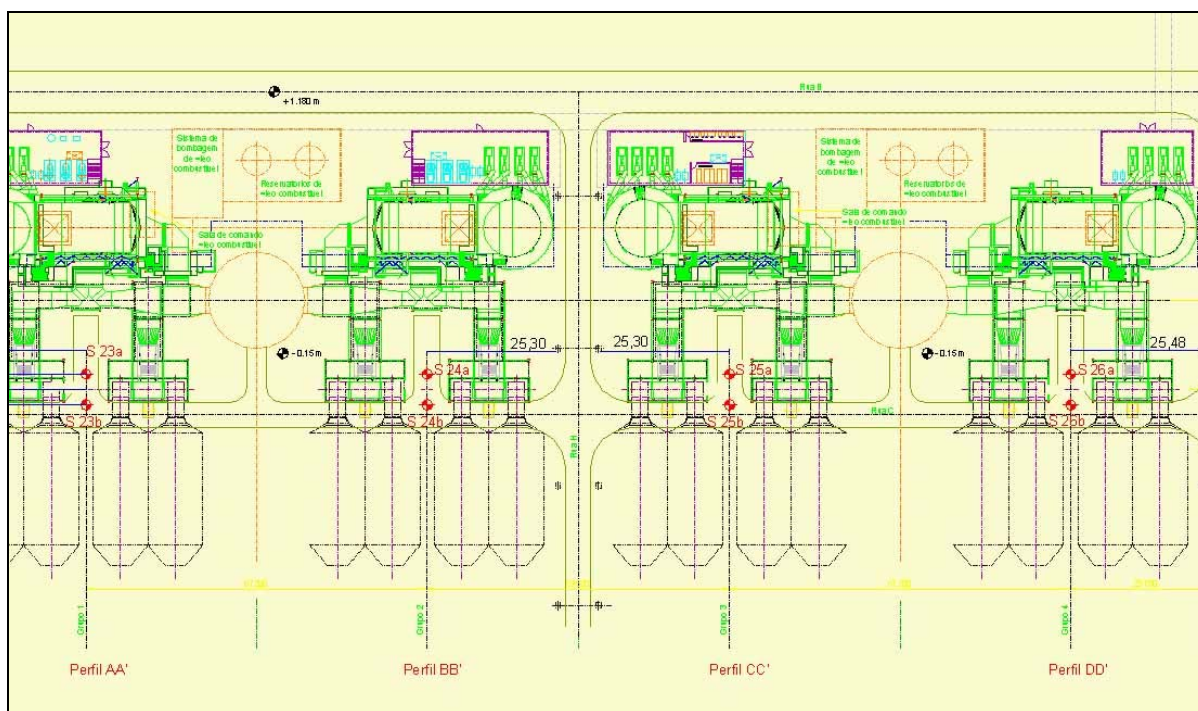


Figura 1. Localização esquemática da furação para execução dos perfis tomográficos

A designação das sondagens efectuadas encontra-se em continuidade numérica com as sondagens anteriormente realizadas nas outras fases de prospecção, e apresentam-se associadas em pares diferenciados alfabeticamente, de acordo com os ensaios de cross-hole a realizar. Assim as sondagens S23A e S23B correspondem ao par de sondagens executadas para a realização do perfil

sísmico AA', a S24A e S24B ao perfil BB', a S25A, e S25B ao perfil CC' e a S26A e S26B ao perfil DD'.

As sondagens foram realizadas com equipamento Camachio, com amostragem contínua de diâmetro Ø 116 mm. De acordo com indicação expressa pelo Cliente, para cada par de sondagens e, por conseguinte, para cada perfil sísmico, foram realizados ensaios SPT espaçados de 1,5 m até aos 12 m em uma das sondagens e até aos 6 m na outra do par.

2.1 SONDAGENS

Com o objectivo de averiguar a extensão, profundidade e espessura de cada horizonte geológico, bem como a profundidade da superfície rochosa e sua classificação quanto ao seu estado de alteração e fracturação foram realizadas **8 sondagens mecânicas** cujos furos foram aproveitados, como já foi referido para a realização de ensaios sísmicos.

A análise macroscópica da amostragem resultante método de furação à rotação, permitiu individualizar os diferentes horizontes interceptados, elaborar a respectiva coluna litoestratigráfica e proceder à caracterização do maciço rochoso com base na determinação dos índices de qualidade.

Na determinação dos índices de qualidade para a caracterização do substrato rochoso salienta-se a percentagem de recuperação por manobra (relação entre a soma dos comprimentos das amostras obtidas e o comprimento furado em cada operação/manobra) e o *Rock Quality Designation* (recuperação modificada, baseada na percentagem de recuperação simples, considerando apenas os tarolos com comprimento igual ou superior a 10 cm, dividindo o somatório dos seus comprimentos pelo comprimento total furado em cada manobra).

As fichas descritivas ("Logs") das litologias interceptadas encontram-se no **ANEXO I**. Os *logs* de sondagem além dos dados relativos à furação (tipo, diâmetro e profundidade dos ensaios) sintetizam ainda os seguintes aspectos:

- Sequência litoestratigráfica

- Resultados dos ensaios SPT (valores N_{SPT})
- Índices de qualidade do maciço rochoso
- Nível de água interceptado

No **ANEXOII** apresentam-se fotografias coloridas dos testemunhos obtidos pelas sondagens.

Nas sondagens mecânicas perfurou-se um total de 96 m e efectuaram-se 48 ensaios SPT, na maioria das sondagens a cada 1,50 m a partir do primeiro metro de furação. As características gerais das sondagens encontram-se sintetizadas na (Tabela 1). Todas as sondagens foram realizadas com inclinação vertical.

Sondagem	Profundidade máxima (m)	Ensaios SPT	Litologia aos 3 m de profundidade	Limite superior do Maciço Xistento	Nível de água
S23A	12.00	8	Xisto	3.00	-
S23B	12.00	4	Xisto	3.00	-
S24A	12.00	4	Aterro arenoso	6.50	-
S24B	12.00	8	Aterro arenoso	9.50	-
S25A	12.00	8	Xisto	1.50	-
S25B	12.00	4	Xisto	3.00	-
S26A	12.00	4	Xisto	2.00	-
S26B	12.00	8	Aterro arenoso	4.00	-
TOTAL	96.00	48	-	-	-

Tabela 1. Características gerais das sondagens realizadas

O nível de água não foi interceptado em nenhuma das sondagens realizadas na presente campanha de prospecção. Contudo, será necessário realçar que em zonas intruídas por corpos filoneanos, tal como acontece na área em estudo (demonstrado pelas anteriores campanhas de prospecção e pela própria proximidade do Maciço Eruptivo de Sines), ou em zonas de conturbação tectónica, como a área em análise, poderão ocorrer transições de

permeabilidade contrastante, proporcionando o aparecimento de aflúncias de água que poderão ser significativas.

No domínio rochoso a percolação faz-se exclusivamente ao longo das descontinuidades do próprio maciço. Esta permeabilidade fissural, tenderá a diminuir com o incremento da profundidade, quer pela tendência das fracturas fecharem ou colmatarem, quer pela diminuição da densidade da fracturação (menos provável).

Em termos litológicos as sondagens realizadas confirmam o apontado na anterior campanha de prospecção. De facto, todas as sondagens, a partir da superfície e até à profundidade máxima de 6.50 m (S24A e S24B), interceptaram materiais classificados como aterro. Estes materiais apresentam uma natureza essencialmente arenosa, de granularidade fina a média, em geral bem graduados.

O topo da formação xistenta é interceptado nos 4 perfis considerados a profundidades diferentes. É no alinhamento das sondagens S24A e S24B que se encontra uma maior espessura de aterro até aos 6.50 m passado de imediato ao topo da formação xistenta. Nos restantes alinhamentos o topo dos xistos surge em média aos 3m a partir da superfície.

Em alguns pontos das sondagens as rochas xistentas apresentam-se praticamente decompostas, com textura argilosa, onde já não é possível observar qualquer resquício da xistosidade original.

De realçar que as formação xistentas apresentam diferenças significativas na sua composição. Ocorrem xistos de cor negra, carbonosos, com brilho lustroso, e xistos com cores esverdeadas amareladas, devido à presença de óxidos de ferro, e provavelmente sericite. De um modo geral, os xistos negros apresentam-se com um grau de alteração/fracturação superior aos xistos “verdes”.

Tal como já foi referido nas campanhas de prospecção anteriores, o facto de existir duas litologias de natureza xistenta contíguas, implica a presença de uma

superfície de contacto que se apresenta como uma zona de fraqueza estrutural, em adição à xistosidade e fracturação exibida por ambas as litologias.

Com base na prospecção realizada foram elaborados perfis geológico-geotécnicos interpretativos que permitem a visualização das condições geológicas que serão expectáveis de encontrar em profundidade. Estes perfis encontram-se no **ANEXO III**.

2.1.1 ENSAIOS SPT

Com o objectivo de determinar a resistência do solo à penetração de um amostrador standartizado, foram realizados **48 ensaios SPT** dentro dos furos de sondagem, a profundidades previamente definidas ou quando ocorreu mudança de litologia.

O equipamento utilizado para a execução do ensaio é *standartizado* conforme procedimento de referência “*Standard Penetration Test: Internacional Reference Test Procedure*”.

O ensaio consiste na cravação de uma ponteira *standartizada*, através da aplicação de uma energia dinâmica, produzida pela queda de um pilão. A altura de queda e o peso do pilão são igualmente medidas *standart*: o pilão tem um peso de 63,5 Kg, com uma altura de queda de 75 cm.

Na realização do ensaio assegura-se que o furo de sondagem está devidamente limpo de quaisquer detritos de modo a permitir que o amostrador esteja encostado ao terreno natural sem perturbação. O ensaio inicia-se anotando o número de pancadas necessárias para a penetração de 15 cm, registando-se de seguida o número de pancadas necessárias para a penetração de 30 cm. Quando o amostrador não penetrar 30 cm com 60 pancadas, regista-se a penetração conseguida, considerando-se o ensaio finalizado com “nega” (Ng).

De acordo com o definido por Terzaghi-Peck (“*Soil Mechanics in Engineering Practice*”) o índice de resistência à penetração (N_{SPT} – Standard Penetracion Test) é a soma do número de pancadas necessárias à penetração do solo dos

30 cm finais do amostrador. Despreza-se portanto o número de pancadas correspondentes à cravação dos 15 cm iniciais do amostrador.

Embora o ensaio de resistência à penetração não possa ser considerado como um método preciso de investigação, os valores de N_{SPT} obtidos fornecem uma indicação preliminar bastante útil da consistência (solos argilosos) ou estado de compactidade (solos arenosos) das camadas de solo sob investigação. Os valores de referência encontram-se tabelados de acordo com o definido na Especificação LNEC, E219-1968.

Assim, em resultado dos dados obtidos nos ensaios SPT e de acordo com as correlações referidas, consideram-se os seguintes valores para a definição da compactidade dos materiais interceptados ([Tabela 2](#)).

N_{SPT} (nº de pancadas)	Compactidade do material
≤ 4	Muito solto
5 – 10	Solto
11 – 30	Medianamente compacto
31 – 50	Compacto
> 50	Muito compacto

[Tabela 2.](#) Valores de referência para a definição da compactidade dos materiais.

Na [Tabela 3](#) encontram-se sintetizados os valores de N_{SPT} obtidos nos ensaios realizados.

Sondagem	Profundidade do ensaio	Litologia	N_{SPT}	Compactidade do material
S23A	1.50 – 1.95	Aterro	17	Medianamente Compacto
	3.00 – 3.45	Xisto	10	Solto
	4.50 – 4.73	Xisto	Ng	Muito Compacto
	6.00 – 6.27	Xisto	Ng	Muito Compacto

Sondagem	Profundidade do ensaio	Litologia	N _{SPT}	Compacidade do material
	7.50 – 7.74	Xisto	Ng	Muito Compacto
	9.00 – 9.11	Xisto	Ng	Muito Compacto
	10.50 – 10.70	Xisto	Ng	Muito Compacto
	12.00 – 12.10	Xisto	Ng	Muito Compacto
S23B	1.50 – 1.95	Aterro	9	Solto
	3.00 – 3.45	Xisto	18	Medianamente Compacto
	4.50 – 4.95	Xisto	Ng	Muito Compacto
	6.00 – 6.45	Xisto	Ng	Muito Compacto
S24A	1.50 – 1.95	Aterro	7	Solto
	3.00 – 3.45	Aterro	18	Medianamente Compacto
	4.50 – 4.95	Aterro	28	Medianamente Compacto
	6.00 – 6.35	Xistos	Ng	Muito Compacto
S24B	1.50 – 1.95	Aterro	5	Solto
	3.00 – 3.45	Aterro	13	Medianamente Compacto
	4.50 – 4.95	Aterro	19	Medianamente Compacto
	6.00 – 6.45	Aterro	46	Compacto
	7.50 – 7.86	Areia	Ng	Muito Compacto
	9.00 – 9.40	Areia	Ng	Muito Compacto
	10.50 – 10.86	Xistos	Ng	Muito Compacto
	12.00 – 12.05	Xistos	Ng	Muito Compacto
S25A	1.50 – 1.95	Aterro	10	Solto
	3.00 – 3.08	Xisto	Ng	Muito Compacto
	4.50 – 4.95	Xisto	46	Compacto
	6.00 – 6.45	Xisto	12	Medianamente Compacto
	7.50 – 7.75	Xisto	Ng	Muito Compacto
	9.00 – 9.23	Xisto	Ng	Muito Compacto
	10.50 – 10.60	Xisto	Ng	Muito Compacto
	12.00 – 12.09	Xisto	Ng	Muito Compacto
S25B	1.50 – 1.95	Aterro	9	Solto
	3.00 – 3.45	Xisto	20	Medianamente Compacto
	4.50 – 4.95	Xisto	45	Compacto
	6.00 – 6.45	Xisto	58	Muito Compacto

Sondagem	Profundidade do ensaio	Litologia	N _{SPT}	Compacidade do material
S26A	1.50 – 1.95	Aterro	7	Solto
	3.00 – 3.05	Xisto	Ng	Muito Compacto
	4.50 – 4.70	Xisto	Ng	Muito Compacto
	6.00 – 6.08	Xisto	Ng	Muito Compacto
S26B	1.50 – 1.95	Aterro	6	Solto
	3.00 – 3.45	Aterro	43	Compacto
	4.50 – 4.95	Xisto	15	Medianamente Compacto
	6.00 – 6.27	Xisto	Ng	Muito Compacto
	7.50 – 7.76	Xisto	Ng	Muito Compacto
	9.00 – 9.22	Xisto	Ng	Muito Compacto
	10.50 – 10.71	Xisto	Ng	Muito Compacto
	12.00 – 12.07	Xisto	Ng	Muito Compacto

Tabela 3. Valores N_{SPT} e compacidade dos materiais ensaiados.

3 - CONCLUSÕES

De um modo geral as condições geológicas-geotécnicas encontradas nesta campanha de prospecção na zona Sul (chaminé), confirmam o já apontado na 1ª campanha de prospecção.

Para o cálculo das tensões admissíveis poderá utilizar-se a fórmula de Meyerhof para terrenos granulares não coesivos, ou seja:

$$Q_{adm} = (N_{spt} \cdot \Delta_h / 12) \cdot (B + 0,3) / B)^2$$

Onde :

Q_{adm} = Carga Admissível no terreno em Kg / cm²

N_{spt} = Número de pancadas do ensaio de penetração dinâmico

Δ_h = Assentamento admissível para edifícios em número de polegadas (no nosso caso e para sapatas isoladas ou continuas sempre igual a 1)

B = largura da sapata em metros

Tendo em conta os objectivos da presente campanha, expõe-se as seguintes considerações de organizadas por alinhamento de sondagens onde se realizarão os ensaios sísmicos.

3.1 PERFIL AA' (S23A E S23B)

No Perfil AA' (S23A e S23B), a partir da superfície e até à uma profundidade de cerca de 3,00m, encontram-se os materiais de aterro, de natureza essencialmente arenosa, de granularidade fina a média, e no geral bem calibrada. Estes materiais são considerados numa zona geotécnica ZG4, de características geomecânicas muito heterogéneas e geotecnicamente muito fracas. Na sondagem S23A foi interceptado uma argamassa, com calhaus de quartzo e seixos dispersos, com uma espessura de cerca de 0,50m (entre os 3.00 e 3.50 m de profundidade.)

Após estes materiais de aterro, neste perfil, interceptou-se a formação pertencente ao Complexo Xisto-Grauváquico, constituído por sedimentos xistentos, de tonalidades esverdeadas com óxidos de ferro principalmente nas zonas de fractura e clivagem.

Os xistos na zona da S23A apresentam-se de um modo geral mais fracturados que no local da S23B.

No topo dos xistos, individualizou-se uma zona geotécnica ZG3 com valores de N_{SPT} entre 10 e 30 pancadas. Esta zona corresponde ao topo da formação xistenta mais fracturada. Apresenta uma espessura média de cerca de 2 m (cotas 13-11m).

Nesta zona os valores dos ensaios SPT estão compreendidos entre $10 < N_{SPT} < 30$. e estima-se uma tensão máxima admissível de cerca de 180 kPa.

A partir dos 4.00 m de profundidade delimitou-se o topo da zona geotécnica ZG1, com valores de $N_{SPT} > 60$, admitindo tensões admissíveis na ordem dos 400 KPa, crescente em profundidade de acordo com a melhoria das características geomecânicas do substrato rochoso.

3.2 PERFIL BB' (S24A E S24B)

No Perfil BB' (S24A e S24B), a partir da superfície e até à uma profundidade de cerca de 6,00m, encontram-se os materiais de aterro, de natureza essencialmente arenosa, de granularidade fina a média, e na geral bem calibrada. Estes materiais são considerados numa zona geotécnica ZG4, de características geomecânicas muito heterogéneas e geotecnicamente muito fracas.

Na sondagem S24B, em termos globais, a percentagem de material recuperado foi muito baixa, indicando que o material atravessado se encontra muito alterado/fracturado. A cerca dos 6,00 m de profundidade (cota 8-9m), interceptou-se material arenoso com nódulos argilosos dispersos, provenientes da alteração dos sedimentos xistosos subjacentes ou adjacentes (uma vez que não se observou estes materiais na S24A).

Após os materiais de aterro, e na sondagem S24A, interceptou-se a formação pertencente ao Complexo Xisto-Grauváquico, constituído por sedimentos xistosos, de tonalidades negras, lustrosos.

Assim, a partir dos cerca de 6,00 m de profundidade delimitou-se o topo da zona geotécnica ZG1, com valores de $N_{SPT} > 60$, admitindo tensões admissíveis na ordem dos 400 KPa, crescente em profundidade de acordo com a melhoria das características geomecânicas do substrato rochoso.

3.3 PERFIL CC' (S25A E S25B)

No Perfil CC' (S25A e S25B), a partir da superfície e até à uma profundidade de cerca de 1,50 a 2,60 m, encontram-se, respectivamente, os materiais de aterro, de natureza essencialmente arenosa. Estes materiais são classificados na zona geotécnica ZG4, de características geomecânicas muito heterogéneas e geotecnicamente muito fracas.

A sondagem S25A apresenta uma grande variabilidade vertical em termos das características de compacidade do material.

Após os materiais de aterro, individualizou-se uma zona ZG3, com cerca de 1 m de espessura, correspondendo ao topo do material xistento fracturado.

Entre os 4 e 6 m de profundidade, delimitou-se uma ZG2 constituída pelos xistos esverdeados, com características geomecânicas mais resistentes.

Salienta-se que na sondagem S25A os valores de N_{SPT} se apresentam mais erráticos, delimitando-se ainda duas bolsas de material com características distintas. Uma ZG1 entre os 3 e 4 m de profundidade, delimitada com apenas um ensaio SPT (este valor poderá ser anómalo, em resultado de se ter interceptado um fragmento rochoso), e uma ZG3 entre sensivelmente os 6 e 7 m de profundidade com características de resistência mais fracas. Esta zona, corresponde à transição entre os “xistos verdes” e os “xistos negros” denunciando assim uma zona de fraqueza estrutural.

A partir sensivelmente dos 7,00 m de profundidade delimitou-se o topo da zona geotécnica ZG1, com valores de $N_{SPT} > 60$, admitindo tensões admissíveis na ordem dos 400 KPa, crescente em profundidade de acordo com a melhoria das características geomecânicas do substrato rochoso.

3.4 PERFIL DD' (S26A E S26B)

No Perfil DD' (S26A e S26B), a partir da superfície e até à uma profundidade máxima de 4,00 (S26B) encontram-se os materiais de aterro, de natureza essencialmente arenosa. Estes materiais são considerados numa zona geotécnica ZG4, de características geomecânicas muito heterogéneas e geotecnicamente muito fracas.

Na sondagem S26A, em termos globais, o material apresenta-se mais fracturado, com a intercepção das duas tipologias de xistos existentes (a sondagem S26B apenas intercepta os xistos negros).

Na sondagem S26B, foi individualizada uma zona geotécnica ZG3, em materiais xistentos muito fracturados, entre os 4,00 e 5,00 m de profundidade (cota 11-9m)

Após estes materiais delimitou-se o topo da zona geotécnica ZG1 (cota 13 m – S26A e 9 m na S26B), com valores de $N_{SPT} > 60$, admitindo tensões admissíveis na ordem dos 400 KPa, crescente em profundidade de acordo com a melhoria das características geomecânicas do substrato rochoso.

Susana Paisana

Geóloga

José Marques da Cruz

Eng.º Civil