

RELATÓRIO GEOTÉCNICO

Avaliação e Capacidade Resistente do Solo de Fundação

Ensaio com Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (DPSH)

Compacidade “*in situ*” (Ensaio Proctor e Avaliação da Compactação com Célula Radioativa)

Prospecção Geotécnica em Poços de Prospecção

ENTIDADE: AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana

OBRA: Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários - Mirandela

LOCAL: Mirandela

Bragança, 24 de novembro de 2020

Autores do Relatório:
Responsável: Prof. António Miguel Paula*
Técnica Superior de Laboratório: Eng. Hermínia Morais*
*- Instituto Politécnico de Bragança

Índice

1	Introdução	1
2	Trabalhos realizados	1
2.1	Ensaio DPSH - Penetrómetro Dinâmico Superpesado (DPSH - Dynamic Penetration Super-Heavy)	2
2.2	Ensaio de compactação “Proctor”	3
2.3	Ensaio de compactação com a célula radioativa (Gamadensímetro Nuclear).....	4
2.4	Inspeção visual em poços de propeção.	5
3	Análise preliminar dos resultados de caracterização geotécnica.	6
3.1	Identificação, classificação, grau de compactação.....	6
3.2	Resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH.....	7
4	Considerações finais	11
	Bibliografia	12

RELATÓRIO TÉCNICO

1 Introdução

Requerido pela AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana, procedeu-se à realização de três ensaios com Penetrómetro Dinâmico Superpesado DPSH (Dynamic Penetration Super-Heavy), ensaios de caracterização da compactação “*in-situ*” e poços de prospeção geotécnica para identificação e caracterização geotécnica no local de implantação da futura construção do “Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários”, (ver Figura 1).

Para a caracterização geotécnica do aterro foram realizados ensaios de campo e de laboratório. Os trabalhos foram efetuados e acompanhados por um corpo técnico especializado, recorrendo a equipamentos devidamente calibrados/verificados em conformidade com as normas em vigor.

Na Figura 1 está representada a localização da zona em estudo.

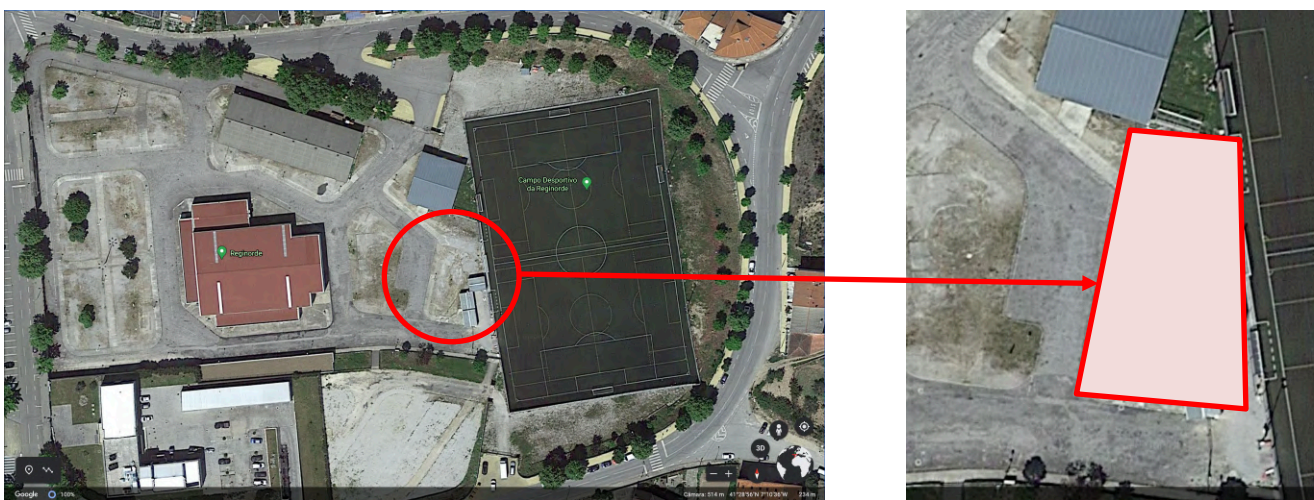


Figura 1 – Vista aérea do local em estudo (imagens do Google Maps).

2 Trabalhos realizados

O estudo de caracterização geotécnica do aterro foi efetuado no dia 23 de novembro de 2020 e consistiu, na realização de três ensaios DPSH - Penetrómetro Dinâmico Super Pesado, dois pontos de caracterização da compactação com o gamadensímetro nuclear à superfície do terreno, recolha de amostras de solo em poços de prospeção e posterior caracterização e identificação do solo em laboratório. A Figura 2 ilustra o local de realização dos trabalhos de prospeção e do equipamento de perfuração.

O plano de trabalhos de caracterização geotécnica do aterro foi definido pela Equipe Projetista e pelo Laboratório de Geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança. Aquando da caracterização do aterro pela equipa técnica, o mesmo ainda se encontra em terra vegetal.

Os pontos de realização dos ensaios DPSH, caracterização da compactação com o gamadensímetro e poços de prospeção geotécnica encontram-se representados no Desenho nº1 do Anexo I.



Figura 2 – Local de realização dos ensaios e equipamento de perfuração.

2.1 Ensaio DPSH - Penetrómetro Dinâmico Superpesado (DPSH - Dynamic Penetration Super-Heavy)

O ensaio DPSH consiste na cravação de uma ponteira normalizada no terreno, com o objetivo de aferir a resistência dinâmica aparente e a tensão admissível (ver Figura 3).

Penetrómetro dinâmico (Dynamic probing tests - DP)

Existem diferentes versões do ensaio em função da massa utilizada:

- Dynamic probing light - DPL (m=10kg)
- Dynamic probing medium - DPM (m=30kg)
- Dynamic probing heavy - DPH (m=50kg)
- Dynamic probing super heavy - DPSH (m=63,5kg)



Figura 3 – Ensaio com penetrómetro dinâmico (DP). Equipamento de ensaio do Instituto Politécnico de Bragança.

O ensaio DPSH consiste na determinação do número de golpes (N) de um martelo ou pilão de massa (M) em queda livre de uma altura (H) sobre o conjunto constituído, de cima para baixo por um batente, um trem de varas e uma ponta cónica (cujas base tem área A), para que ocorra determinado comprimento de penetração

(L). O diâmetro das varas é inferior ao da base do cone da ponta donde resulta a resistência à penetração apenas de forças de reação do terreno sobre a superfície cônica da ponta.

A resistência à penetração é definida como o número de pancadas necessárias para cravar o penetrómetro de uma dada distância (10 ou 20 cm) – N_{10} ou N_{20} . É efetuado um registo contínuo e não existe recolha de amostra.



Figura 4 – Vara e ponteira usada no DPSH

Os ensaios DPSH foram realizados segundo a norma “Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 2: Dynamic probing: EN ISO 22476-2 2005 (en)”. A localização dos 3 pontos realizados com o Penetrómetro Dinâmico Super - Pesado (DPSH) encontram-se no Desenho nº1 do Anexo I, os resultados dos ensaios encontram-se no Anexo II.

2.2 Ensaio de compactação “Proctor”

O ensaio de compactação PROCTOR, consiste na determinação do teor em água ótimo, para cada energia de compactação aplicada, para obter o peso volúmico seco máximo e conseqüentemente à melhor compacidade do solo. Este ensaio de compactação, para além de outras aplicações, permite fixar um termo de comparação com peso volúmico seco máximo e humidade do solo *in situ*. Assim, obter o valor do grau de compacidade/densidade do solo em campo.

A preparação da amostra e execução do ensaio seguiu o previsto na Especificação do LNEC E197-1966 – SOLOS: Ensaio de compactação. A amostra foi moldada em moldes grandes com compactação pesada. Esta compactação fez-se em 5 camadas com 55 pancadas cada uma delas, através de compactador automático. A correção da amostra foi feita segundo a norma ASTM D 4718-87 (2001) – Standard Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles.

Para cada provete ensaiado foi retirado o valor do teor em água, segundo a Norma NP84 – 1965 e o peso volúmico seco máximo do solo. Estes valores foram anotados em gráfico permitindo determinar e traçar a curva baridade seca – teor em água, e achar o ponto máximo da curva, o que corresponde aos valores ótimos desejados.

O resultado do ensaio efetuado encontra-se no Anexo II, sendo, no entanto, de destacar os seguintes valores finais apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 – Valores de compactação Proctor.

	Solo PI1	Solo PI2
Baridade seco máximo do solo (g/cm^3)	2,120	2,050
Peso volúmico seco máxima do solo (kN/m^3)	20,79	20,10
Teor em água ótimo (%)	8,5	9,0

2.3 Ensaio de compactação com a célula radioativa (Gamadensímetro Nuclear).

O ensaio com a célula radioativa em campo permite determinar o teor em água e o peso volúmico do solo. Este ensaio tem como objetivo a comparação entre os valores obtidos em laboratório através do Ensaio de Compactação Proctor e os valores *in situ* obtidos através da célula radioativa.

Em campo (no aterro/solo de fundação), foram realizados dois ensaios com célula radioativa, devidamente identificados no Desenho 1 do Anexo I. Os resultados dos ensaios efetuados encontram-se no Anexo II.

Como referido atrás, o valor do peso volúmico seco máximo do solo à superfície do PI1 é de 20,79 (kN/m^3) e o teor de humidade ótima de 8,5%. Em campo, obteve-se um peso volúmico seco de 20,33 (kN/m^3), teor em água de 8,9%, correspondendo a um grau de compactação do solo à superfície de 97,8%.

Para o solo á superfície no PI2 o valor do peso volúmico seco máximo é de 20,10 (kN/m^3) e o teor de humidade ótima de 9,0%. Em campo, obteve-se um peso volúmico seco de 18,72 (kN/m^3), teor em água de 9,7%, correspondendo a um grau de compactação de aterro de 93,14%.

De referir que este grau de compactação se refere à densidade do solo à superfície. Os valores obtidos não refletem a densidade/compacidade do solo em profundidade, como será observado nos resultados do ensaio DPSH em profundidade.

2.4 Inspeção visual em poços de prospeção

A inspeção visual dos solos foi efetuada através da abertura de dois poços de prospeção até aproximadamente 2,80 metros de profundidade, com uma máquina escavadora, permitindo deste modo o acesso a um técnico para fazer a inspeção visual das paredes e do fundo e recolher amostras deformadas representativas do solo para posteriormente se proceder à sua identificação e classificação em laboratório. Os poços são meios de prospeção que têm como vantagem poder-se efetuar a inspeção visual do terreno atravessado; facilidade em colher amostras deformadas em quantidade considerável, qualquer que seja o tipo de solo.

Os poços de inspeção foram identificados como PI1 e PI2, ver no Desenho 1 do Anexo I. Na Figura 5 estão ilustrados os dois poços de inspeção realizados e o aspeto do solo intersectado. Os poços têm aproximadamente 2,9m de profundidade.



Figura 5 – Poços de prospeção: a) PI1; b) PI2

O resultado do ensaio de identificação e caracterização dos solos interstados nos poços de propeção, PI, encontra-se no Anexo II.

3 Análise preliminar dos resultados de caracterização geotécnica

3.1 Identificação, classificação e compactidade

Os resultados dos ensaios de identificação e caracterização do solo de fundação colhidos nos poços de prospeção encontram-se no Anexo II. Para facilitar a leitura, no Quadro 2, estão apresentados, resumidamente, os principais parâmetros dos ensaios realizados: composição granulométrica do solo; classificação unificada; teor em água e peso volúmico seco; grau de compactação.

Da análise dos resultados obtidos é possível verificar que o material existente na camada superficial do aterro na zona PI1, é um solo grosso, cascalho mal graduado com areia e silte, sendo a percentagem de cascalho cerca de 39%, e na zona do PI2, é um solo grosso, cascalho siltoso com areia, sendo a percentagem de cascalho de cerca 42% do material. O diâmetro médio das partículas (D_{50}) nos dois solos é de cerca de 2 mm.

Quadro 2 – Principais parâmetros de identificação e caracterização do solo do solo de fundação.

Ponto de ensaio	Composição Granulométrica									Classificação do Solo ASTM D 2487-85	
	% Seixo	% Areia	% Silte	% Argila	$D_{máx}$	D_{60}	D_{50}	D_{30}	D_{10}		
					(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)		
PI1	48,3	46,3	5,4	n.d.	80,0	4,5	1,8	0,6	0,12	GP-GM	Cascalho mal graduado com areia e silte
PI2	51,3	26,4	22,3	n.d.	80,0	5,5	2,2	0,3	s.d	GM	Cascalho siltoso com areia

Continuação do Quadro 2

Poço de inspeção	Resultados do ensaio Proctor		Resultados do ensaio com célula radioativa		Grau de compactação "in situ" (%)
	$\gamma_{dmáx}$ (kN/m ³)	w_{opt} (%)	γ_d in situ (kN/m ³)	w in situ (%)	
PI1	20,79	8,5	20,33	8,9	97,8
PI2	20,10	9,0	18,72	9,7	93,1

Legenda do Quadro 2

D_i - Diâmetro correspondente a $i\%$ de passados

$w_{natural}$ (%) - Teor em água natural

$\gamma_{dmáx}$ - peso volúmico seco máximo

w_{opt} - teor em água ótimo

γ_d in situ - peso volúmico seco in situ

w in situ - teor em água in situ

Procedeu-se em seguida à classificação do solo do aterro segundo a classificação unificada (ASTM D2487-85), classificação segundo a AASHTO M145-42 e Classificação LCPC/ SETRA. Os resultados da classificação são apresentados em seguida para os dois tipos de solo. As tabelas de classificação encontram-se no Anexo II.

Solo PI1:

- Classificação unificada (ASTM D2487-85): [GP-GM] – Solo grosso, cascalho mal graduado com areia e silte. Permeabilidade quando compactado muito permeável a impermeável, boa resistência ao corte quando compactado e saturado, desprezável compressibilidade quando compactado e saturado, e boa trabalhabilidade como material de construção. Segundo o MACOPAV é um solo admissível em aterro e em leito de pavimento.
- Classificação segundo a AASHTO M145-42: [A-1-b (0)] – Solos de materiais granulares, predominantemente constituído por cascalho com areia e silte.
- Classificação LCPC/ SETRA: [D₃] – Solos granulares médios a grossos praticamente sem fração fina, materiais sem coesão e permeáveis.

Solo PI2:

- Classificação unificada (ASTM D2487-85): [GM] – Solo grosso, cascalho siltoso com areia. Permeabilidade quando compactado semipermeável a impermeável, boa resistência ao corte quando compactado e saturado, desprezável compressibilidade quando compactado e saturado, e boa trabalhabilidade como material de construção. Segundo o MACOPAV é um solo admissível em aterro e em leito de pavimento.
- Classificação segundo a AASHTO M145-42: [A-1-b (0)] – Solos de materiais granulares, predominantemente constituído por cascalho com areia e silte.
- Classificação LCPC/ SETRA: [C₂(B₅)] – Materiais angulosos muito facetados (0/50mm ≤60%), solo cuja percentagem que passa no peneiro nº 200 está compreendida entre 5% e 35%.

3.2 Resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH.

Os resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH, encontram-se no Anexo III. Para facilitar a leitura e fazer uma análise dos dados obtidos, no Quadro 3 encontra-se um resumo dos resultados obtidos.

Quadro 3 – Resumos dos resultados obtidos dos ensaios de penetrômetro dinâmico superpesado, DPSH.

Ponto de ensaio DPSH	Cota da boca do furo (m)	Fim do ensaio (m)	N ₂₀ (Médio) (por metro)						
			[0,0 m - 1,0m]	[1,0 m - 2,0m]	[2,0 m -3,0m]	[3,0 m -4,0m]	[4,0 m -5,0m]	[5,0 m -6,0m]	[6,0 m -7,0m]
P1/DPSH1	230.50	6.4	18.6	10.6	2.2	6.4	18.8	25.6	50.5
P2/DPSH2	230.50	4.2	10.6	8.4	5.4	9.0	60.0	-	-
P3/DPSH3	230.50	2.8	10.8	5.6	34.3	-	-	-	-

Para cada ensaio DPSH é feito um gráfico – diagrama de penetração – onde se representa, em abcissas, o número de pancadas e, em ordenadas, a profundidade. A partir do número de pancadas e da resistência dinâmica de ponta (r_d) é possível obter a capacidade de carga do terreno a vários níveis de profundidade.

Os ensaios foram terminados quando o número de pancadas para penetrar a ponta 20 cm (N_{20}) é igual ou superior a 60. Para mais detalhes recomenda-se a análise dos resultados dos ensaios no Anexo III do presente documento. No Quadro 3 apresentam-se as profundidades a que foram terminados os ensaios e um resumo dos resultados obtidos.

Da análise dos resultados dos ensaios, é possível observar que as profundidades de ensaio foram de 6,4 metros para o DPSH1, 4,2 metros para o DPSH2 e de 2,8 metros para o DPSH3. O valor do N_{20} médio, sem considerar a nega (último valor de cada ensaio) é igual a 10,1. Este valor é baixo o que permite referir a baixa compacidade dos solos atravessados pelo ensaio. Ao longo da realização dos três ensaios DPSH, foi possível verificar que a ponteira e as varas, quando extraídas do solo, se apresentava húmida no DPSH1 a partir de 3,8 metro e com pouca humidade no DPSH 2 e DPSH3, o que confirma presença de água no aterro principalmente, na zona do DPSH1.

Os valores de N_{20} podem ser projetados em conjunto com a resistência de ponta (r_d). O termo r_d é determinado através da equação 1 (para mais pormenores recomenda-se a leitura de Matos Fernandes (2011)):

$$r_d = \frac{m \cdot g \cdot h}{A \cdot e} \quad [1]$$

No Quadro 4 encontra-se um resumo dos resultados obtidos para o r_d (resistência de ponta em MPa). Da análise do Quadro 4, pode-se observar que o solo do aterro apresenta uma resistência de ponta, antes de ser atingida a nega no ensaio, bastante variável e com valores baixos, variando entre 2,6 MPa e 29,9 MPa. Com os valores obtidos dos r_d não se aconselha a utilização deste material no seu estado *in situ* para a fundação de qualquer tipo de estrutura.

Quadro 4 – Resultados dos ensaios DPSH nos pontos P1 a P3, resistência de ponta rd (MPa).

Ponto de ensaio DPSH	rd (MPa) (Médio) (por metro)							Média
	[0,0 m - 1,0m]	[1,0 m - 2,0m]	[2,0 m -3,0m]	[3,0 m -4,0m]	[4,0 m -5,0m]	[5,0 m -6,0m]	[6,0 m -7,0m]	
P1/DPSH1	21.7	12.4	2.6	7.5	22.0	29.9	59.0	22.1
P2/DPSH2	12.4	9.8	6.3	10.5	70.1	-	-	21.8
P3/DPSH3	12.6	6.5	40.0	-	-	-	-	19.7

- Correlação N_{SPT} - N_{DPSH}

Segundo Afonso (2016), para um solo classificado com GM pela classificação unificada e para o equipamento usado neste trabalho, pode-se admitir a seguinte relação empírica:

$$N_{SPT}=0,96 \cdot N_{DPSH} \quad [2]$$

Em que:

N_{SPT} – número de pancadas do ensaio Standard Penetration Test;

N_{DPSH} – número de pancadas do ensaio penetrómetro dinâmico superpesado.

As correlações obtidas não são aplicadas para outros tipos de solos nem para outros equipamentos, mesmo com características semelhantes. Caso contrário pode levar a resultados incorretos.

Mesmo assim, o emprego desta relação deve ser feito com as devidas reservas, sendo apenas aconselhável em avaliações preliminares.

No Quadro 5 estão representados os resultados obtidos pela relação entre o número de pancadas do ensaio Penetrómetro Dinâmico Superpesado (DPSH) e o número de pancadas do ensaio Standard Penetration Test (SPT).

Quadro 5 – Relação entre o N_{SPT} e o N_{DPSH} .

Ponto de ensaio DPSH	Fim do ensaio (m)	N_{SPT} (Médio) (por metro)= $0,96 \cdot N_{DPSH}$						
		[0,0 m - 1,0m]	[1,0 m - 2,0m]	[2,0 m -3,0m]	[3,0 m -4,0m]	[4,0 m -5,0m]	[5,0 m -6,0m]	[6,0 m -7,0m]
P1/DPSH1	6.4	17.9	10.2	2.1	6.1	18.0	24.6	48.5
P2/DPSH2	4.2	10.2	8.1	5.2	8.6	57.6	-	-
P3/DPSH3	2.8	10.4	5.4	32.9	-	-	-	-

- Estimativa da tensão máxima admissível (q_a) em sapatas de fundação

Na estimativa dos valores da tensão máxima admissível em sapatas de fundação, usou-se a expressão empírica:

$$q_a = N_{SPT}/100 \text{ (MPa)} \quad [3]$$

em que:

q_a – tensão admissível das sapatas de fundação [MPa];

N_{SPT} – número de pancadas do ensaio SPT.

Reduzido do respetivo coeficiente de segurança (neste caso, estando-se em presença de cascalhos siltosos com areia, o coeficiente de segurança aplicado foi de 50%).

No Quadro 6 estão representados os valores obtidos para a tensão máxima admissível estimada.

Quadro 6 – Tensão máxima admissível estimada em sapatas de fundação.

Ponto de ensaio DPSH	Fim do ensaio (m)	q_a (kPa), tensão admissível em sapatas de fundação						
		[0,0 m - 1,0m]	[1,0 m - 2,0m]	[2,0 m -3,0m]	[3,0 m -4,0m]	[4,0 m -5,0m]	[5,0 m -6,0m]	[6,0 m -7,0m]
P1/DPSH1	6.4	178.6	101.8	21.1	61.4	180.5	245.8	484.8
P2/DPSH2	4.2	101.8	80.6	51.8	86.4	576.0	-	-
P3/DPSH3	2.8	103.7	53.8	329.3	-	-	-	-

Da análise do Quadro 6, pode-se observar que na plataforma do aterro apresenta uma tensão admissível, antes de ser atingida a nega no ensaio, entre 21.1 MPa e 245.8 MPa. Estes valores permitem referir a grande heterogeneidade nos resultados obtidos e por vezes com valores da capacidade resistente bastante baixa. Pode também referir-se que o aterro não apresenta uma compactação homogénea e eficiente, variando muito de ponto para ponto e em alguns pontos extremamente deficiente.

- Estimativa do ângulo de atrito efetivo interno do solo ϕ' .

Na estimativa dos valores da do ângulo de atrito efetivo interno do solo, usou-se a expressão empírica (Thornburn, 1974) e (Wolff, 1989):

$$\phi'(^{\circ}) = 27.1 + 0.3 \cdot (N_1)_{60} - 0.00054 \cdot (N_1)_{60}^2 \quad [4]$$

em que:

$\phi'(^{\circ})$ – ângulo de atrito efetivo interno do solo em graus

$(N_1)_{60}$ – número de pancadas do ensaio SPT corrigido devido à tensão efetiva vertical ao nível do ensaio

Pelo facto de o valor do N_{SPT} ser um valor estimado e obtido em função do N_{DPSH} , neste caso o $(N_1)_{60}$ é considerado igual ao valor N_{SPT} do Quadro 5.

No Quadro 7 estão representados os valores obtidos para o ângulo de atrito interno efetivo do solo. Dos resultados obtidos, mais vez se averigua a fraca capacidade de carga do solo atravessado. O valor do ângulo de atrito varia entre os valores de 27,7° e 34,2° (sem considerar a nega). Tratando-se de cascalhos arenosos por vezes mal graduados significa que se apresentam em estados soltos ou muito soltos.

Quadro 7 – Ângulo de atrito interno efetivo do solo – estimado.

Ponto de ensaio DPSH	Fim do ensaio (m)	ϕ' (°), ângulo de atrito interno do solo						
		[0,0 m - 1,0m]	[1,0 m - 2,0m]	[2,0 m -3,0m]	[3,0 m -4,0m]	[4,0 m -5,0m]	[5,0 m -6,0m]	[6,0 m -7,0m]
P1/DPSH1	6.4	32.3	30.1	27.7	28.9	32.3	34.1	40.4
P2/DPSH2	4.2	30.1	29.5	28.6	29.7	42.6	-	-
P3/DPSH3	2.8	30.2	28.7	36.4	-	-	-	-

4 Considerações finais

Este relatório teve como objetivo a realização de uma campanha de ensaios geotécnicos *in situ*, com finalidade de caracterizar e identificar a capacidade de um solo/aterro para a fundação da futura construção do “Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários”, em Mirandela.

O solo/aterro é constituído por cascalho com areia e silte, com classificação unificada (segundo a norma ASTM D 2487-85) de GM. A percentagem de cascalho é de cerca 50% do material. O diâmetro médio das partículas (D_{50}) é de cerca de 2 mm. O grau de compactação do aterro à superfície varia entre 93% a 98%. No entanto a compactação desce drasticamente em profundidade.

Com base nos resultados do ensaio do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH, é possível estimar a tensão máxima admissível do solo/aterro para dimensionamento de fundações. Varia de ponto para ponto e com valores entre 21.1 MPa e 245.8 MPa.. Após análise dos resultados obtidos, é recomendável o não uso deste solo/aterro no seu estado *in situ* como solo de fundação nova construção de um edifício destinado a Balneários para dar apoio ao Campo Desportivo da Reginorde em Mirandela. Eliminando-se assim os problemas que se possam verificar de assentamentos totais, diferenciais e problemas de estabilidade.

Como consideração adicional, caso se use a solução de fundações superficiais para a fundação da futura construção, recomenda-se o reforço das fundações superficiais com microestacas ou o adensamento do solo/aterro com processos de vibroflutuação (técnica que permite compactar, em profundidade os solos granulares sem coesão, como areias, seixos e certos aterros). Outra solução que pode ser usada, é a melhorar do solo/aterro de fundação pelo processo de 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.

Denote-se que os tipos de soluções a adotar, serão condicionados entre outros aspetos, pelo plano de cargas da obra, assentamentos máximos admissíveis, posicionamento do nível freático, possível interseção de blocos rochosos.

O Laboratório de Geotecnia do Instituto Politécnico de Bragança manifesta a disponibilidade da sua Equipa Técnica para prestar os esclarecimentos e acompanhamento técnico julgado necessários.

Bibliografia

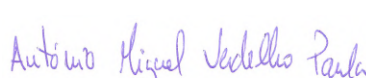
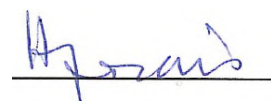
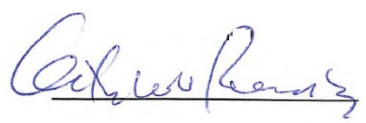
Afonso, André Filipe; Paula, António Miguel; Braz César, Manuel (2016). “Correlações entre resultados de ensaios de penetração dinâmica (DP) com o ensaio standard penetration test (SPT)”. 15º Congresso Nacional de Geotecnia / 8º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 19 a 23 de junho de 2016.

Geotechnical investigation and testing – Field testing – Part 2: Dynamic probing: EN ISO 22476-2 2005 (en)

ASTM. (1985). D 2487-85: Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System). American Society for Testing and Materials.

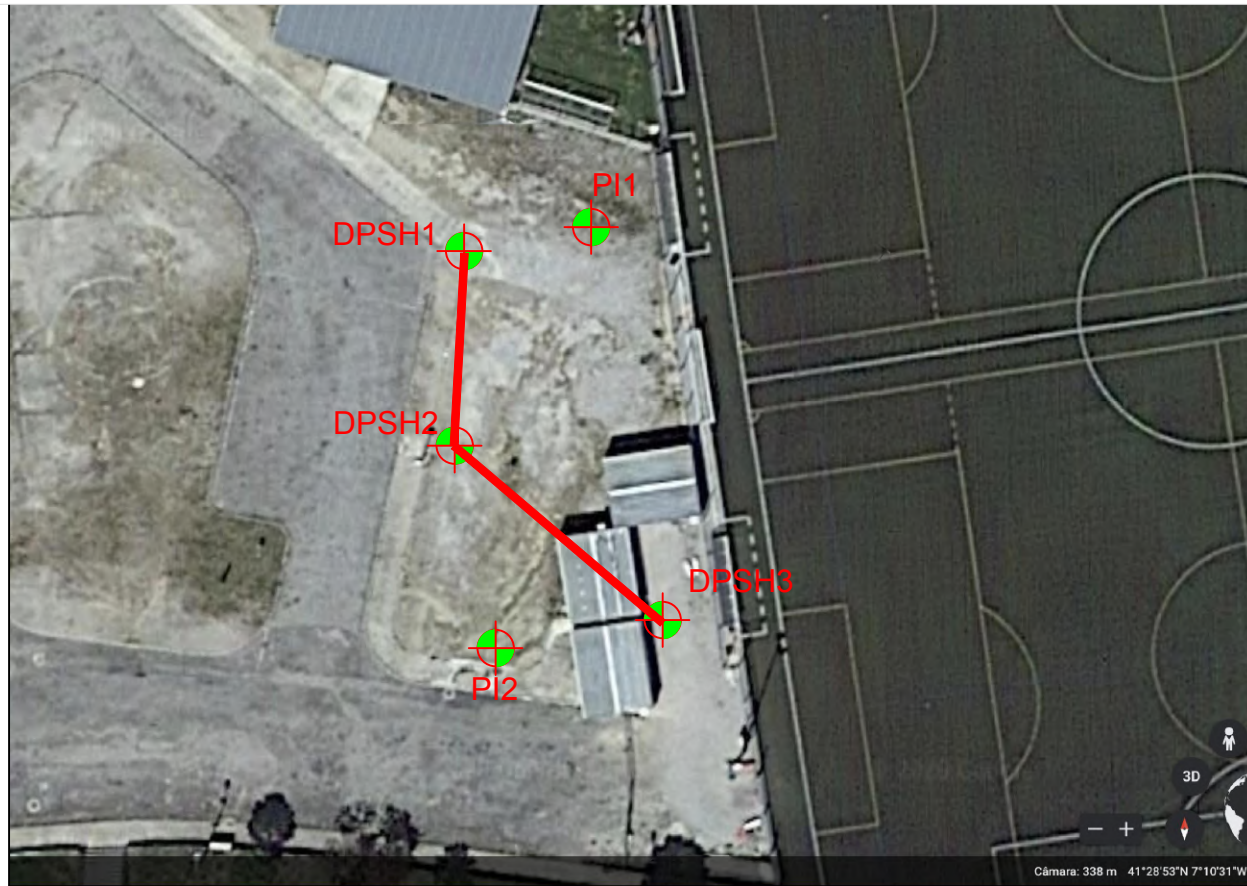
Especificação do LNEC E197-1966 – SOLOS: Ensaio de compactação.

IPB-ESTG, Bragança, 25 de novembro de 2020.

		
António Miguel V. Paula (Responsável)	Hermínia Morais (Técnica Superior)	Octávio Pereira (Técnico)



ANEXOS

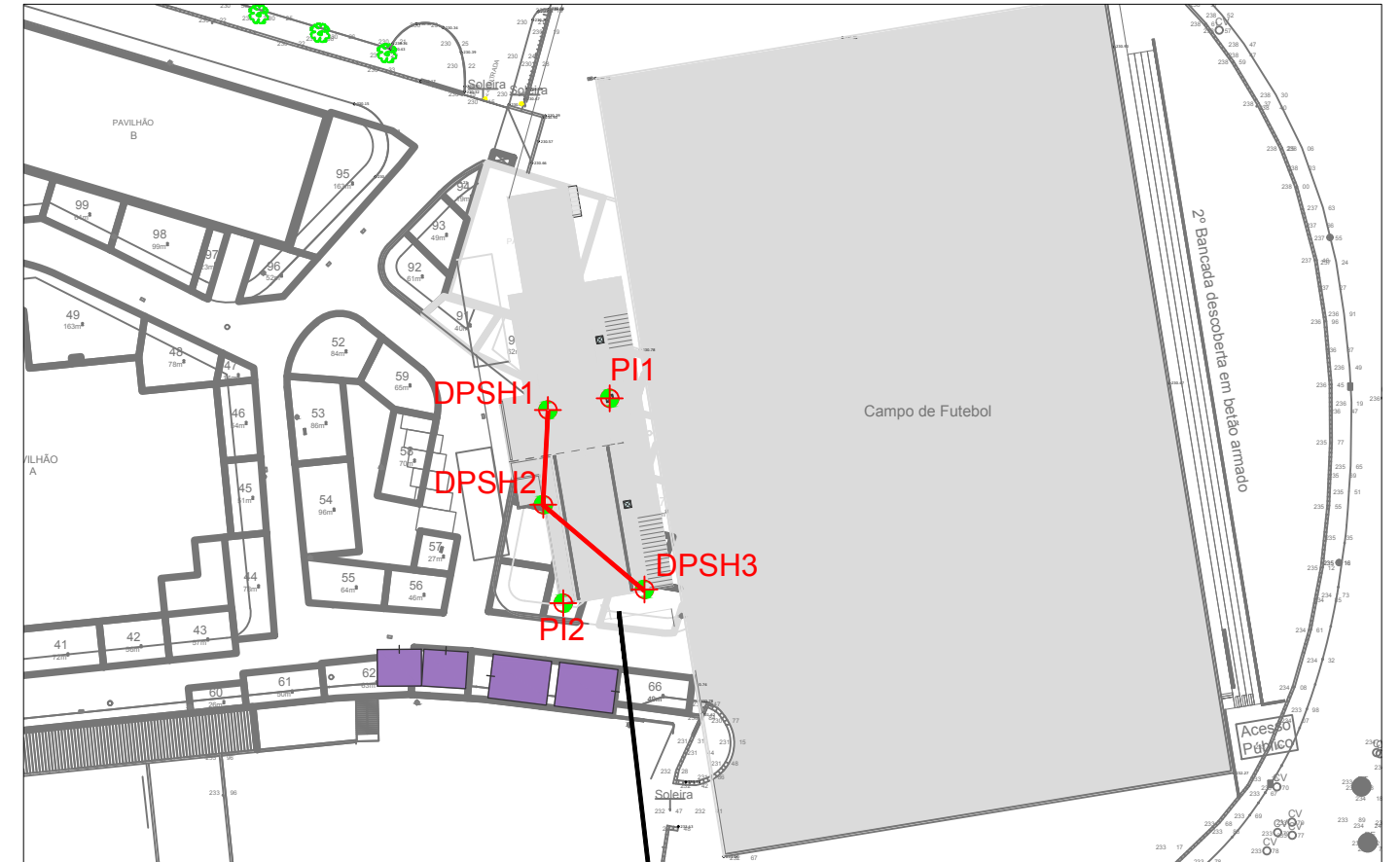
**ANEXO I (Cortes e planta dos pontos de ensaio DPSH e Poços de
Prospecção)**



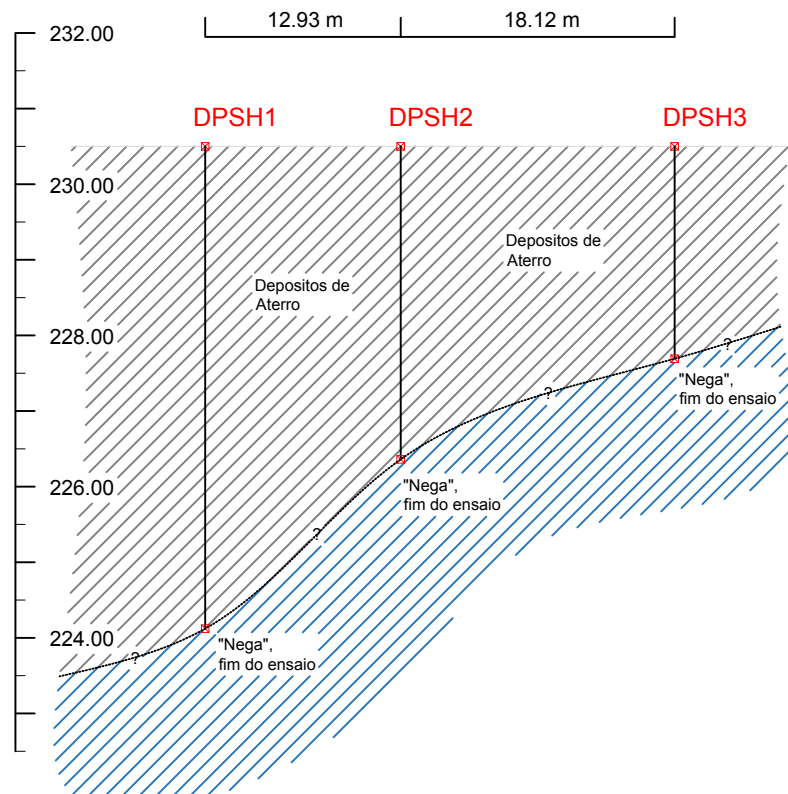
Escala 1/500

LEGENDA:

-  **DPSHi** - Pontos de realização do Ensaio DPSH Dynamic Penetration Super-Heavy
-  **Pli** - Pontos de prospeção/Inspeção

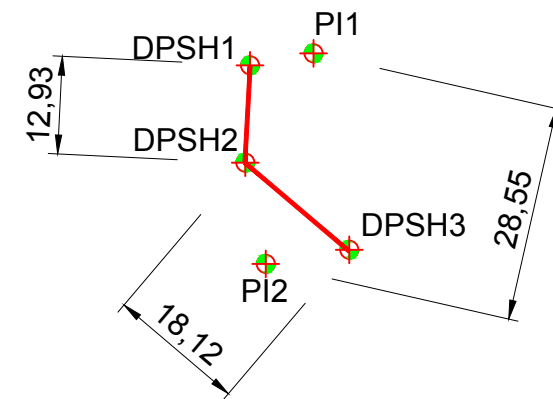


Escala 1/1000




Perfil interpretativo dos resultados do ensaio DPSH1 a DPSH3

Escala horizontal 1/1000




Pontos de ensaio - longitudinal - DPSH1 a DPSH2
Poços de prospeção - longitudinal - PI1 a PI2

Escala 1/1000

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Laboratório de Geotecnia Telefone: (+351)273303000 Fax: (+351)273313051 E-mail: estig@ipb.pt	Escola Superior de Tecnologia e Gestão Campus de Santa Apolónia - Apartado 1134 5301-857 Bragança Portugal
esc:	data:	Cliente: AMTQT - Assoc. de Munic. da Terra Quente Transmontana	
1/---	02-12-2020	Perfil interpretativo dos resultados do ensaio DPSH1 a 3	
projectou:	n.º:	Obra/Local:	
	1	Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde Balneários - Mirandela	

ANEXO II (Resultados dos ensaios de Compactação Proctor, Célula Radioativa e Identificação)

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Classificação dum Solo			
		Amostra nº:	PI1	Local:	Mirandela
Cliente:	AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana	Data Recolha:	23/11/2020		
Obra:	Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Regiorde - Balneários - Mirandela				

Análise Granulométrica					
Nº Peneiro (mm)	75	4,76 (#4)	2,00 (#10)	0,425 (#40)	0,074 (#200)
Passada Acumulada (%)	100,00	60,92	51,74	24,7	5,38
Retida Acumulada (%)	0,00	39,08	48,26	75,3	94,62

Limite de Liquidez	NR
Limite de Plasticidade	NR
Índice de Plasticidade	NP
Teor de Matéria Orgânica	

D60 (mm)	4,5
D30 (mm)	0,6
D10 (mm)	0,12

Coefficiente de Uniformidade	NR
Coefficiente de Curvatura	NR
Cascalho (%)	39,1
Areia (%)	55,5
Silte e Argila (%)	5,4
Índice de Grupo	0


Classificação Unificada (ASTM D2487-85):	GP-GM
Classificação (AASHTO M145-42):	A-1-b (0)
Classificação LCPC/ SETRA:	D ₃

Observações:

GP-GM - Solo grosso, cascalho mal graduado com areia e silte. Permeabilidade quando compactado muito permeável a impermeável, boa resistência ao corte quando compactado e saturado, desprezável compressibilidade quando compactado e saturado, e boa trabalhabilidade como material de construção. Segundo o MACOPAV é um solo admissível em aterro e em leito de pavimento.

A-1-b (0) - Solos de materiais granulares, predominantemente constituídos por cascalho, areia grossa e silte.

D₃ - Solos granulares médios a grossos praticamente sem fração fina, materiais sem coesão e permeáveis.

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Classificação dum Solo			
		Amostra nº:	PI2	Local:	Mirandela
Data Recolha:	23/11/2020				
Cliente:	AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana	Obra:	Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários - Mirandela		

Análise Granulométrica					
Nº Peneiro (mm)	75	4,76 (#4)	2,00 (#10)	0,425 (#40)	0,074 (#200)
Passada Acumulada (%)	100,00	58,18	48,73	31,79	22,31
Retida Acumulada (%)	0,00	41,82	51,27	68,21	77,69

Limite de Liquidez	NR
Limite de Plasticidade	NR
Índice de Plasticidade	NP
Teor de Matéria Orgânica	

Coefficiente de Uniformidade	NR
Coefficiente de Curvatura	NR
Cascalho (%)	41,8
Areia (%)	35,9
Silte e Argila (%)	22,3
Índice de Grupo	0

D60 (mm)	5,5
D30 (mm)	0,3
D10 (mm)	s.d


Classificação Unificada (ASTM D2487-85):	GM
Classificação (AASHTO M145-42):	A-1-b (0)
Classificação LCPC/ SETRA:	C₂B₅

Observações:

GM - Solo grosso, cascalho siltoso com areia. Permeabilidade quando compactado semipermeável a impermeável, boa resistência ao corte quando compactado e saturado, desprezável compressibilidade quando compactado e saturado, e boa trabalhabilidade como material de construção. Segundo o MACOPAV é um solo admissível em aterro e em leito de pavimento.

A-1-b (0) - Solos de materiais granulares, predominantemente constituídos por cascalho, areia grossa e silte.

C₂(B₅) - Materiais angulosos muito facetados (0/50mm ≤60%), solo cuja percentagem que passa no peneiro nº 200 está compreendida entre 5% e 35%.

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA	
	Norma de Referência: LNEC E 239 - 1970	
	Amostra:	PI1
	Data da Colheita:	26/11/2020
Ciente:	AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana	Obra: Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários - Mirandela
		Local: Mirandela

Massa total da amostra: (g)	mt=	6373,50
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m10=	2421,00
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m' 10=	3952,50

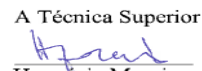
Fracção retida no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g) (mx)	% Retida $N_x=(mx/mt) \times 100$	% Acumulada retida (N'x)	% Acumulada que passa (N"x=100-N'x)
76.1 - (3')	0,00	0,00	0,00	100,00
50.8 - (2')	1083,80	17,00	17,00	83,00
38,10 - (1 1/2')	110,50	1,73	18,74	81,26
25,4 - (1')	317,80	4,99	23,72	76,28
19 - (3/4')	114,50	1,80	25,52	74,48
9,51 - (3/8')	373,50	5,86	31,38	68,62
4.76 - (n4)	490,80	7,70	39,08	60,92
2 - (n10)	585,10	9,18	48,26	51,74
< 2,00 - (n10)	3952,50	62,01		
TOTAL	7028,50	110,28		


Fracção passada no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	89,90	$N''10=(m'10/mt) \times 100=$		62,01
Peneiros	Massa retida (g) (mx)	% Retida (total) $N_x=(mx/ma) \times N''10$	% Acumulada retida total (N'x)	% total acumulada que passa (N"x=100-N'x)
20	22,60	15,59	63,85	36,15
40	16,60	11,45	75,30	24,70
60	10,10	6,97	82,27	17,73
140	13,70	9,45	91,72	8,28
200	4,20	2,90	94,62	5,38
< 200	22,70			
TOTAL	89,90			

Bragança, 27 de novembro de 2020

O Técnico

 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Herminia Morais

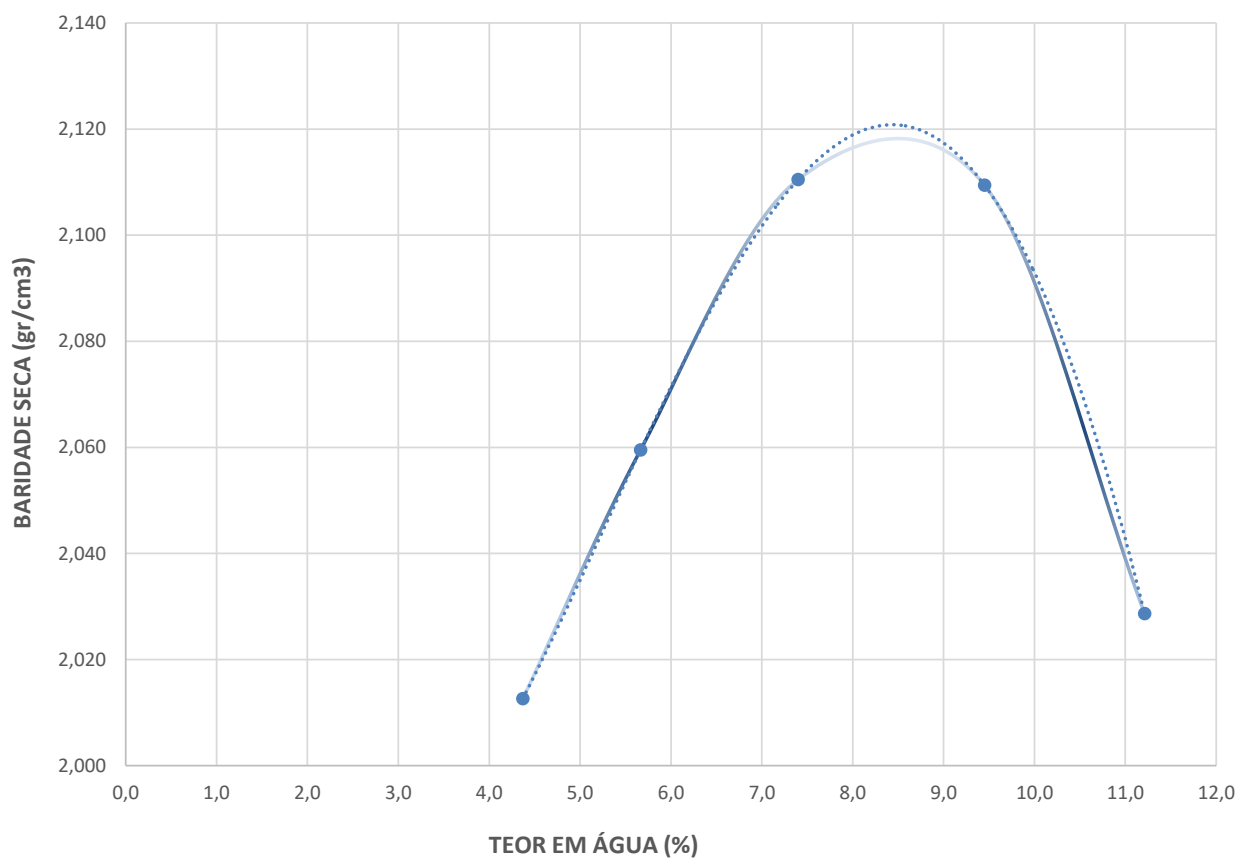
	RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE	
	COMPACTAÇÃO	
	Norma Referência: LNEC E 197:1966	
	Amostra:	PI1
	Data da Colheita:	27/11/2020
Cliente: AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana	Obra:	Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde -Balneários - Mirandela
	Local:	Mirandela

COMPACTAÇÃO USADA: PESADA

Wop= 8,5%

$\gamma_{Sm\acute{a}x}$ = 2,120g/cm³

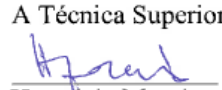
CURVA PROCTOR




Bragança, 27 de novembro de 2020

O Técnico

 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Herminia Morais

		RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE	
		COMPACTAÇÃO	
		Norma Referência: LNEC E 197:1966	
		Amostra:	PI1
		Data da Colheita:	27/11/2020
Ciente:	AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana	Obra:	Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde -Balneários - Mirandela
		Local:	Mirandela

COMPACTAÇÃO USADA: PESADA

TEOR EM ÁGUA NATURAL:

Número do ensaio		1	2	3	4	5
P1	Peso do molde vazio (gr)	4822	4822	4822	4822	4822
P2	Peso do molde mais solo húmido (gr)	9210	9368	9557	9645	9535
ps = P2-P1	Peso do solo húmido (gr)	4388	4546	4735	4823	4713
V	Volume do molde (cm ³)	2089	2089	2089	2089	2089
Yw = ps/V	Baridade húmida (0,001gr/cm ³)	2,101	2,176	2,267	2,309	2,256

TEORES EM ÁGUA

Número do recipiente		2	1	3	5	10
pt	Peso do recipiente (0,1gr)	162,1	162,6	161,5	170,2	163,7
pa+s+t	Peso do recipiente e solo húmido (0,1gr)	525,2	548,7	601,3	535,0	620,0
ps+t	Peso do recipiente e solo seco (0,1gr)	510,0	528,0	571,0	503,5	574,0
pa=pa+s+t-(ps+t)	Peso da água (0,1gr)	15,2	20,7	30,3	31,5	46,0
ps=ps+t-pt	Peso do solo seco (0,1gr)	347,9	365,4	409,5	333,3	410,3
W = (pa/ps)*100	Teor em água (0,1%)	4,4	5,7	7,4	9,5	11,2

RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE

w	Teor em água (0,1%)	4,4	5,7	7,4	9,5	11,2
$\gamma^S = \frac{(100 * \gamma_w)}{(100 + W)}$	Baridade seca (0,001gr/cm ³)	2,013	2,059	2,110	2,109	2,029

Baridade seca máxima ($\gamma_{S_{m\acute{a}x}}$): 2,120

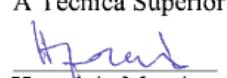
(0,01gr/cm³)

Teor de humidade óptimo (W_{op}): 8,5 (0,1%)

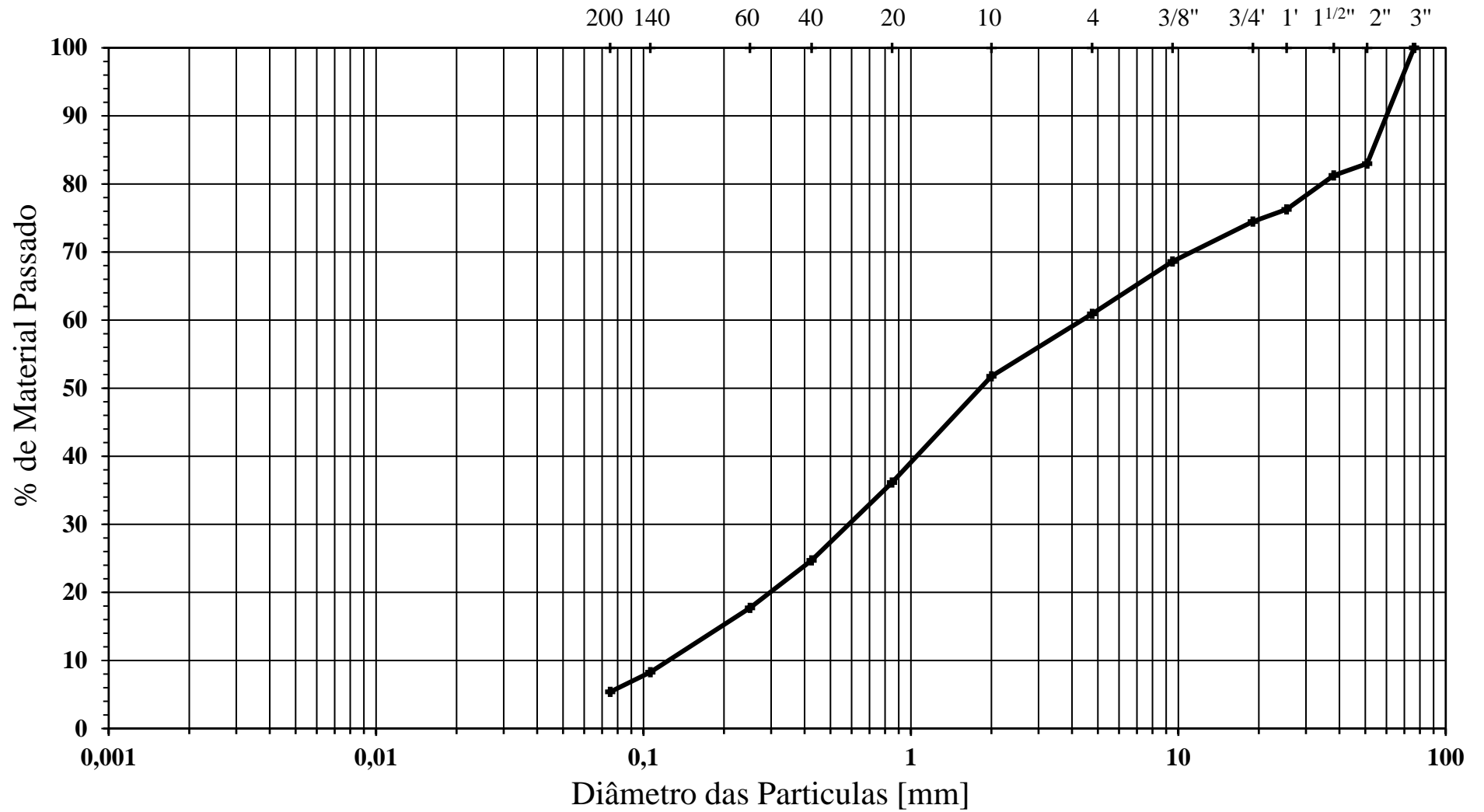
Bragança, 27 de novembro de 2020

O Técnico


 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Herminia Morais

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA - PI1



Argila	Siltes			Areia			Seixo		
	Fino	Médio	Grosso	Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA	
	Norma de Referência: LNEC E 239 - 1970	
	Amostra:	PI2
	Data da Colheita:	26/11/2020
Ciente:	AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana	Obra: Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários - Mirandela
		Local: Mirandela

Massa total da amostra: (g)	mt=	4820,90
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m10=	2421,00
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m' 10=	2399,90

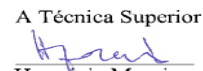
Fracção retida no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Peneiros	Massa retida (g) (mx)	% Retida $N_x=(mx/mt) \times 100$	% Acumulada retida (N'x)	% Acumulada que passa (N"x=100-N'x)
76.1 - (3')	0,00	0,00	0,00	100,00
50.8 - (2')	750,60	15,57	15,57	84,43
38,10 - (1 ¹ / ₂ ')	126,60	2,63	18,20	81,80
25,4 - (1')	243,50	5,05	23,25	76,75
19 - (3/4')	77,20	1,60	24,85	75,15
9,51 - (3/8')	380,40	7,89	32,74	67,26
4.76 - (n4)	437,60	9,08	41,82	58,18
2 - (n10)	456,00	9,46	51,27	48,73
< 2,00 - (n10)	2399,90	49,78		
TOTAL	4871,80	101,06		


Fracção passada no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	86,70	$N"10=(m'10/mt) \times 100=$		49,78
Peneiros	Massa retida (g) (mx)	% Retida (total) $N_x=(mx/ma) \times N"10$	% Acumulada retida total (N'x)	% total acumulada que passa (N"x=100-N'x)
20	17,00	9,76	61,04	38,96
40	12,50	7,18	68,21	31,79
60	6,00	3,45	71,66	28,34
140	7,50	4,31	75,96	24,04
200	3,00	1,72	77,69	22,31
< 200	40,70			
TOTAL	86,70			

Bragança, 27 de novembro de 2020

O Técnico

 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Herminia Morais

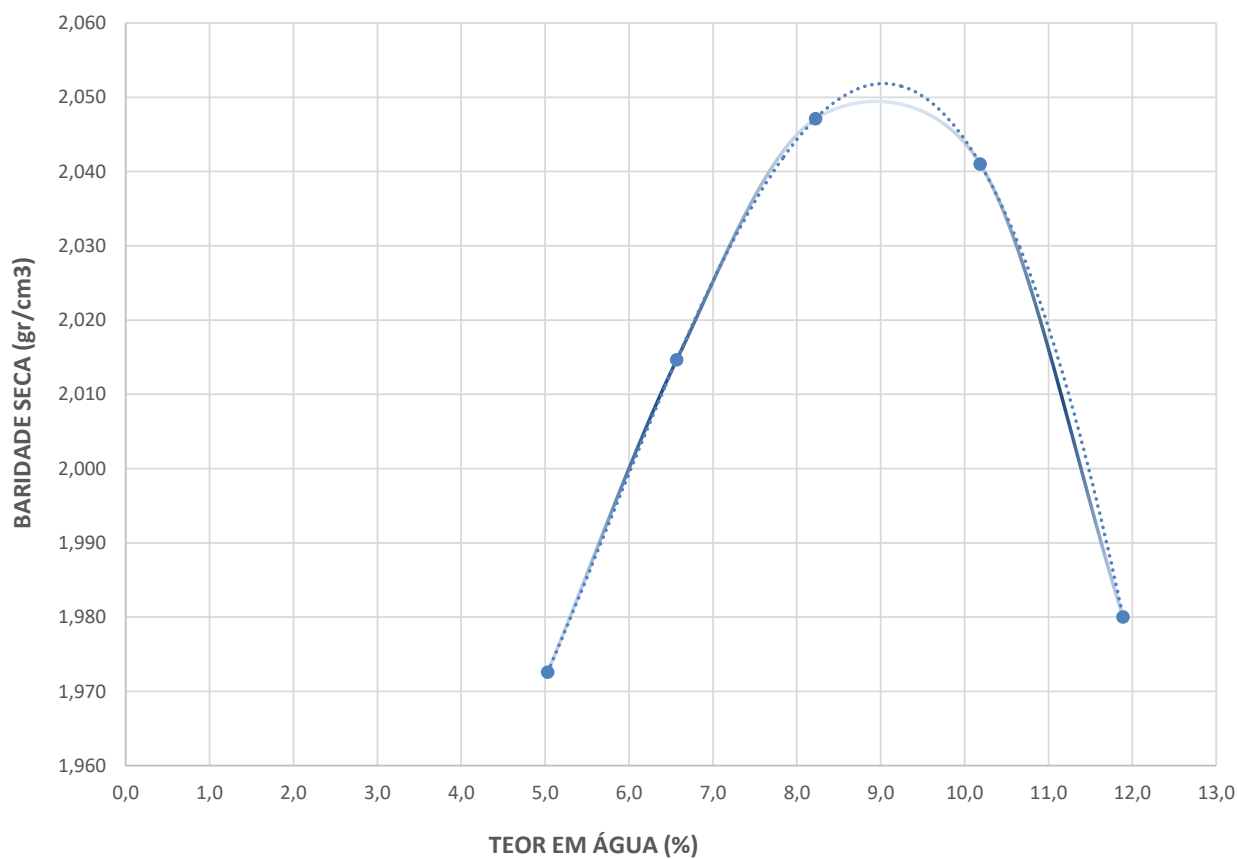
	RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE	
	COMPACTAÇÃO	
	Norma Referência: LNEC E 197:1966	
	Amostra:	PI2
	Data da Colheita:	27/11/2020
Cliente:	AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana	Obra: Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde -Balneários - Mirandela Local: Mirandela

COMPACTAÇÃO USADA: PESADA

Wop= 9,0%

$\gamma_{Sm\acute{a}x}$ = 2,050g/cm³

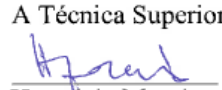
CURVA PROCTOR




Bragança, 27 de novembro de 2020

O Técnico

 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Herminia Morais

		RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE	
		COMPACTAÇÃO	
		Norma Referência: LNEC E 197:1966	
		Amostra:	PI2
		Data da Colheita:	27/11/2020
Ciente:	AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana	Obra:	Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde -Balneários - Mirandela
		Local:	Mirandela

COMPACTAÇÃO USADA: PESADA

TEOR EM ÁGUA NATURAL:

Número do ensaio		1	2	3	4	5
P1	Peso do molde vazio (gr)	4822	4822	4822	4822	4822
P2	Peso do molde mais solo húmido (gr)	9150	9307	9450	9520	9450
ps = P2-P1	Peso do solo húmido (gr)	4328	4485	4628	4698	4628
V	Volume do molde (cm ³)	2089	2089	2089	2089	2089
Yw = ps/V	Baridade húmida (0,001gr/cm ³)	2,072	2,147	2,215	2,249	2,215

TEORES EM ÁGUA

Número do recipiente		2	1	3	6	10
pt	Peso do recipiente (0,1gr)	162,1	162,6	161,5	161,4	163,7
pa+s+t	Peso do recipiente e solo húmido (0,1gr)	527,5	552,0	609,0	633,0	622,0
ps+t	Peso do recipiente e solo seco (0,1gr)	510,0	528,0	575,0	589,4	573,3
pa=pa+s+t-(ps+t)	Peso da água (0,1gr)	17,5	24,0	34,0	43,6	48,7
ps=ps+t-pt	Peso do solo seco (0,1gr)	347,9	365,4	413,5	428,0	409,6
W = (pa/ps)*100	Teor em água (0,1%)	5,0	6,6	8,2	10,2	11,9

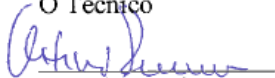
RELAÇÕES BARIDADE SECA - TEOR DE HUMIDADE

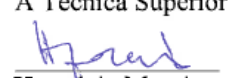
w	Teor em água (0,1%)	5,0	6,6	8,2	10,2	11,9
$\gamma^s = \frac{(100 * \gamma_w)}{(100 + W)}$	Baridade seca (0,001gr/cm ³)	1,973	2,015	2,047	2,041	1,980

Baridade seca máxima ($\gamma_{S_{m\acute{a}x}}$): 2,050 (0,01gr/cm³)

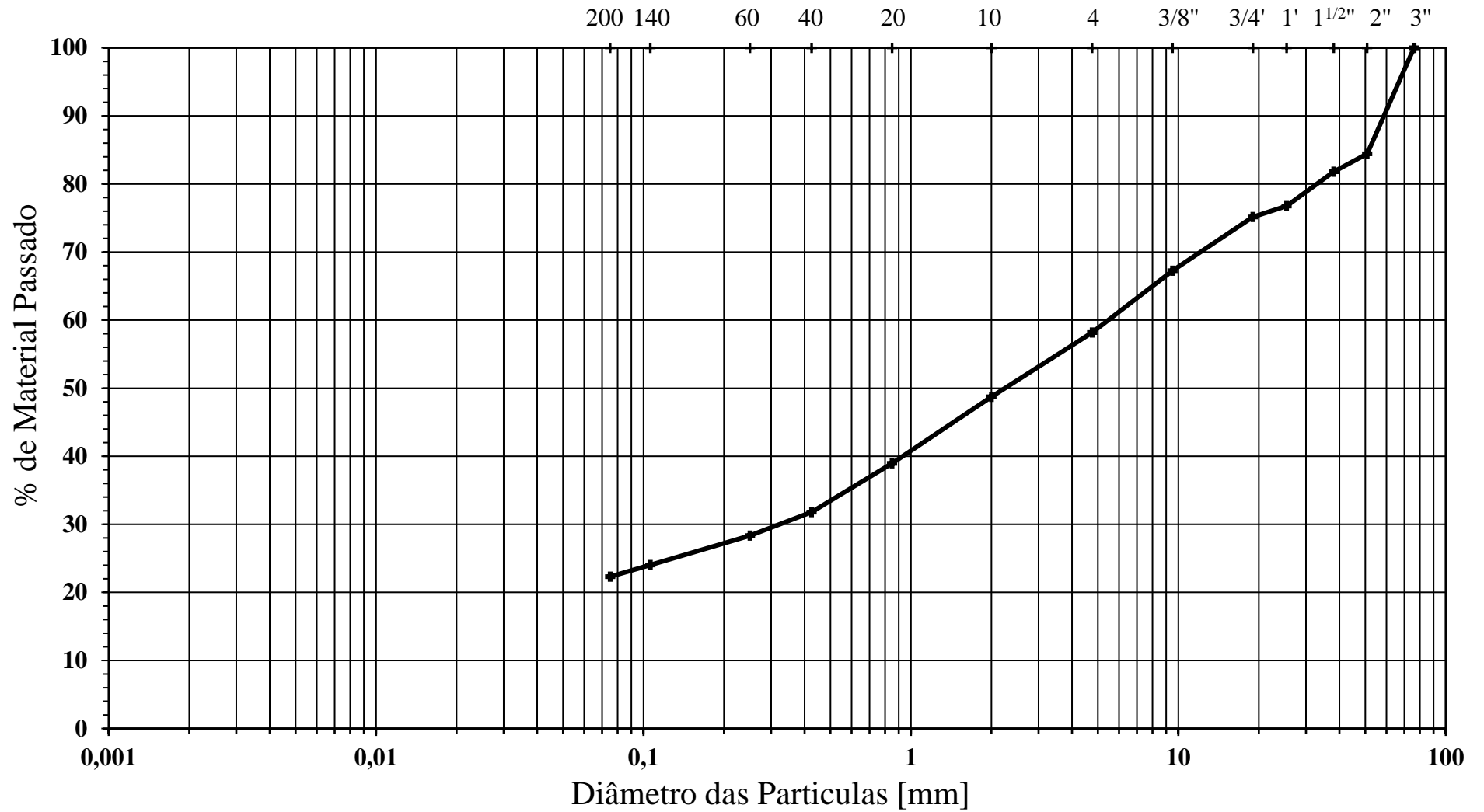
Teor de humidade óptimo (W_{op}): 9,0 (0,1%)

Bragança, 27 de novembro de 2020

O Técnico

 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Herminia Morais

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA - PI2



Argila	Siltes			Areia			Seixo		
	Fino	Médio	Grosso	Fina	Média	Grossa	Fino	Médio	Grosso

ANEXO III (Resultados dos pontos de prospeção e de realização dos ensaios DPSH)



INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

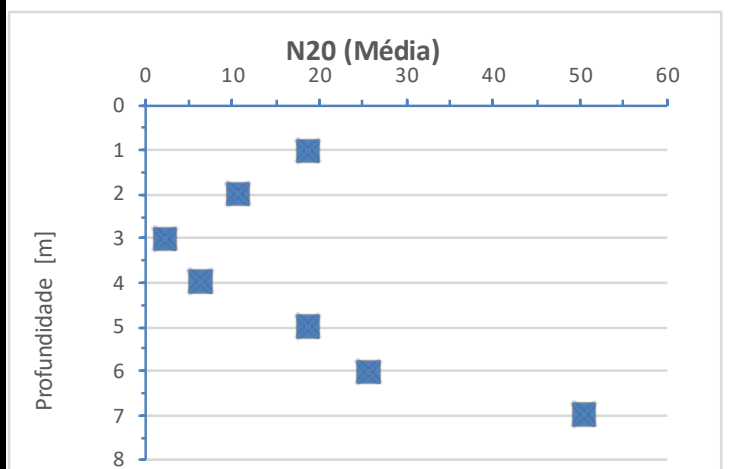
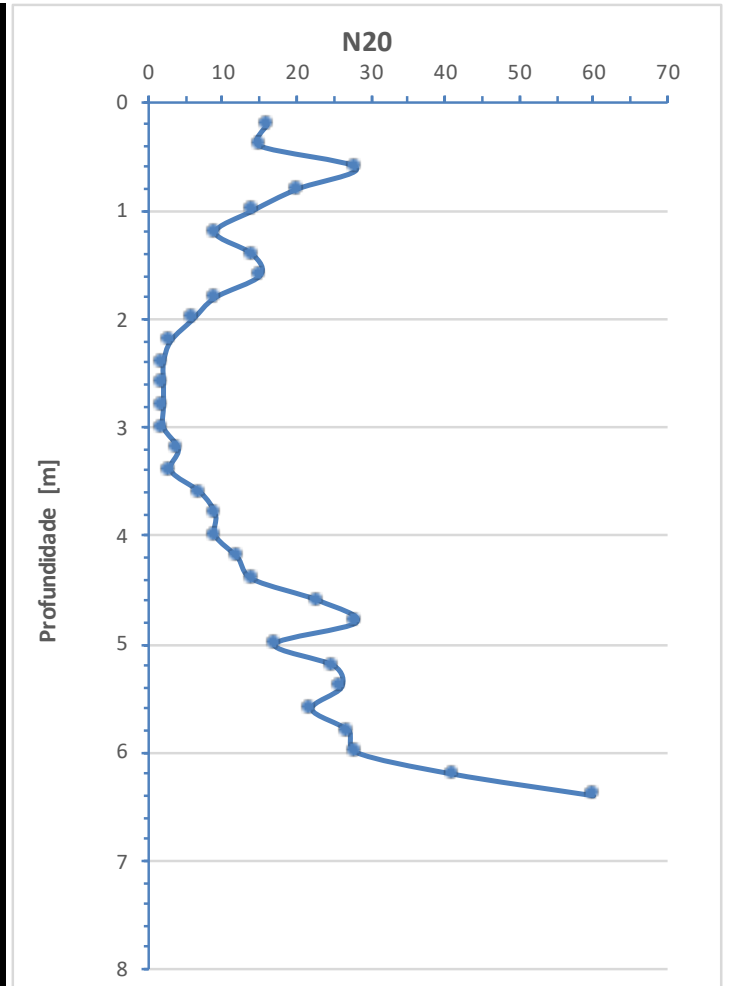
Posição:	1	Sondagem nº:	P1
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):		
Data:	23/11/20	Nível de água:	Detectado (3,80 m)

Cliente: AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana

Obra: Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários - Mirandela

Local: Mirandela

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	16	4.2	12	8.2	
0.4	15	4.4	14	8.4	
0.6	28	4.6	23	8.6	
0.8	20	4.8	28	8.8	
1	14	5	17	9	
N₂₀ (Méd)	18.6	N₂₀ (Méd)	18.8	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1.2	9	5.2	25	9.2	
1.4	14	5.4	26	9.4	
1.6	15	5.6	22	9.6	
1.8	9	5.8	27	9.8	
2	6	6	28	10	
N₂₀ (Méd)	10.6	N₂₀ (Méd)	25.6	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2.2	3	6.2	41	10.2	
2.4	2	6.4	60	10.4	
2.6	2	6.6		10.6	
2.8	2	6.8		10.8	
3	2	7		11	
N₂₀ (Méd)	2.2	N₂₀ (Méd)	50.5	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3.2	4	7.2		11.2	
3.4	3	7.4		11.4	
3.6	7	7.6		11.6	
3.8	9	7.8		11.8	
4	9	8		12	
N₂₀ (Méd)	6.4	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!





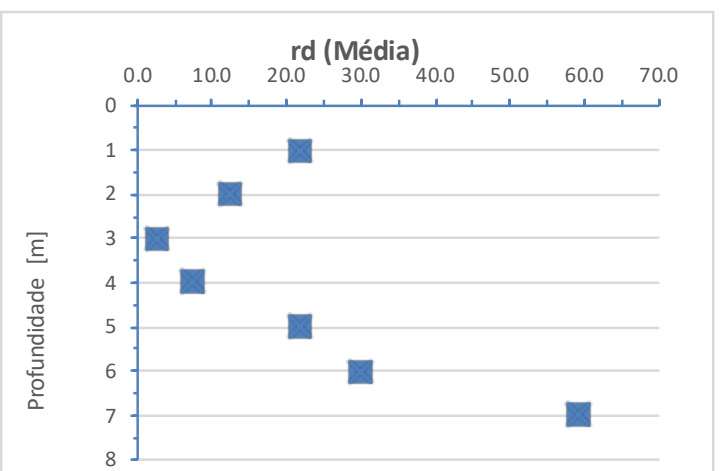
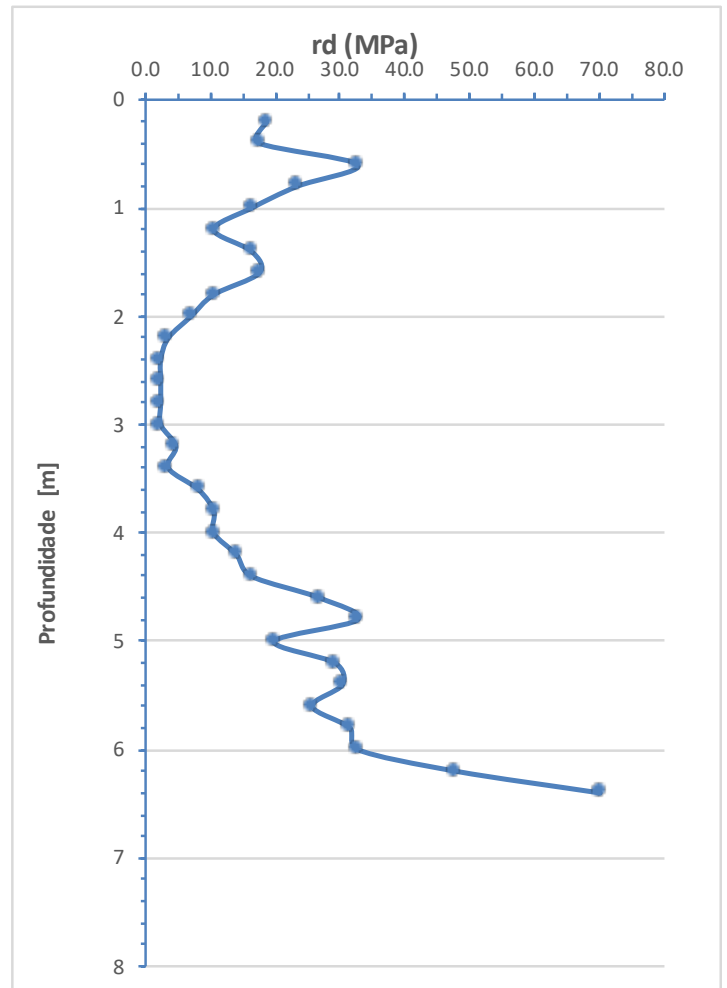
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	1	Sondagem n°:	P1
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):		
Data:	23/11/20	Nível de água:	Detectado (3,80 m)

Cliente:	AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana	Obra:	Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários - Mirandela
		Local:	Mirandela

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	18.69	4.2	14.02	8.2	
0.4	17.52	4.4	16.35	8.4	
0.6	32.70	4.6	26.86	8.6	
0.8	23.36	4.8	32.70	8.8	
1	16.35	5	19.86	9	
rd (Méd)	21.72	rd (Méd)	21.96	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2	10.51	5.2	29.20	9.2	
1.4	16.35	5.4	30.37	9.4	
1.6	17.52	5.6	25.70	9.6	
1.8	10.51	5.8	31.54	9.8	
2	7.01	6	32.70	10	
rd (Méd)	12.38	rd (Méd)	29.90	rd (Méd)	#DIV/0!
2.2	3.50	6.2	47.89	10.2	
2.4	2.34	6.4	70.08	10.4	
2.6	2.34	6.6		10.6	
2.8	2.34	6.8		10.8	
3	2.34	7		11	
rd (Méd)	2.57	rd (Méd)	58.98	rd (Méd)	#DIV/0!
3.2	4.67	7.2		11.2	
3.4	3.50	7.4		11.4	
3.6	8.18	7.6		11.6	
3.8	10.51	7.8		11.8	
4	10.51	8		12	
rd (Méd)	7.48	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



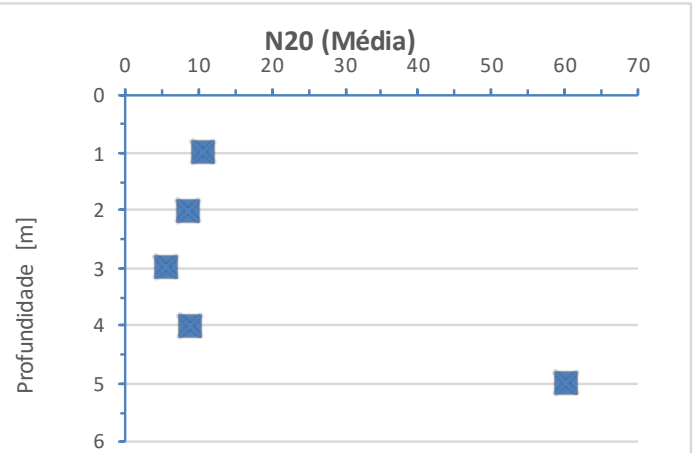
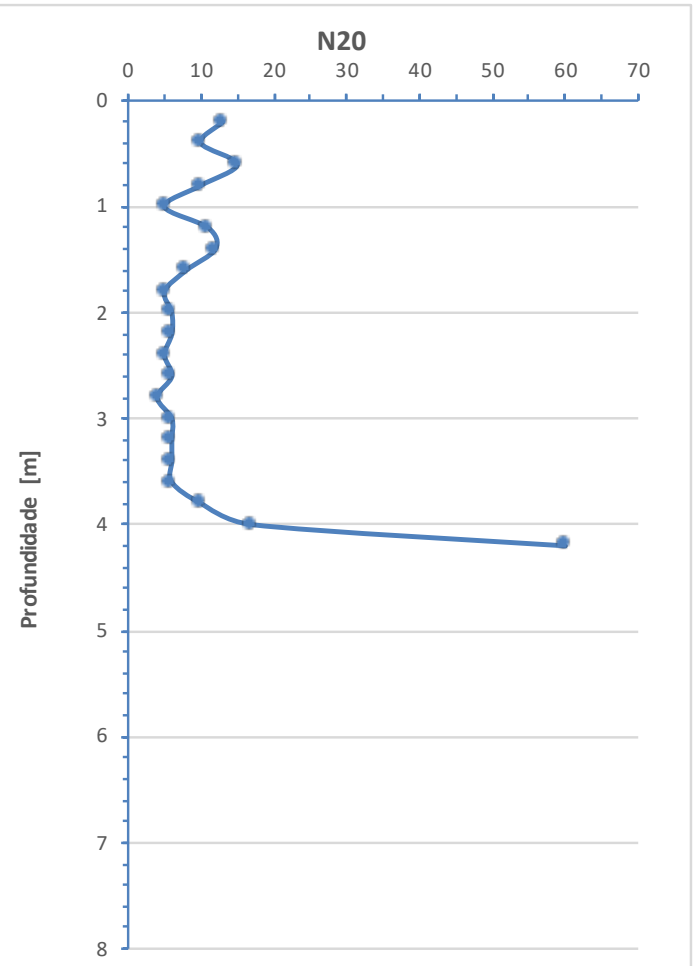


INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	2	Sondagem nº:	P2	
Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:	
	Norte:			
	Elevação (Z):			
Data:	23/11/20	Nível de água:	Não detectado	
Cliente:	AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana		Obra:	Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários - Mirandela
			Local:	Mirandela

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	13	4.2	60	8.2	
0.4	10	4.4		8.4	
0.6	15	4.6		8.6	
0.8	10	4.8		8.8	
1	5	5		9	
N₂₀ (Méd)	10.6	N₂₀ (Méd)	60	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1.2	11	5.2		9.2	
1.4	12	5.4		9.4	
1.6	8	5.6		9.6	
1.8	5	5.8		9.8	
2	6	6		10	
N₂₀ (Méd)	8.4	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2.2	6	6.2		10.2	
2.4	5	6.4		10.4	
2.6	6	6.6		10.6	
2.8	4	6.8		10.8	
3	6	7		11	
N₂₀ (Méd)	5.4	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3.2	6	7.2		11.2	
3.4	6	7.4		11.4	
3.6	6	7.6		11.6	
3.8	10	7.8		11.8	
4	17	8		12	
N₂₀ (Méd)	9	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!



*=10cm



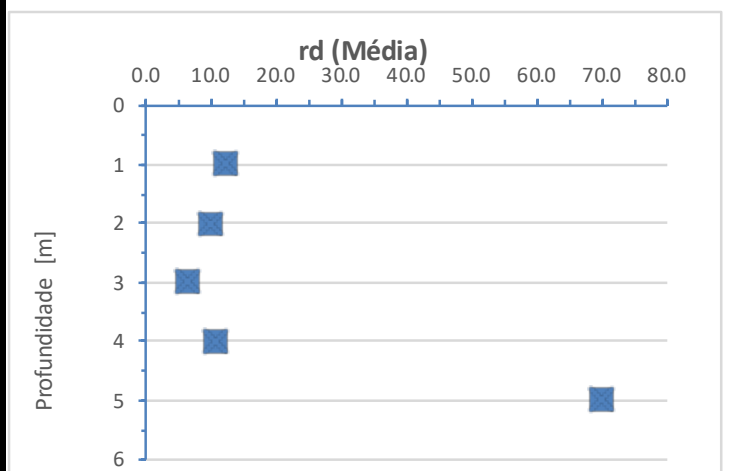
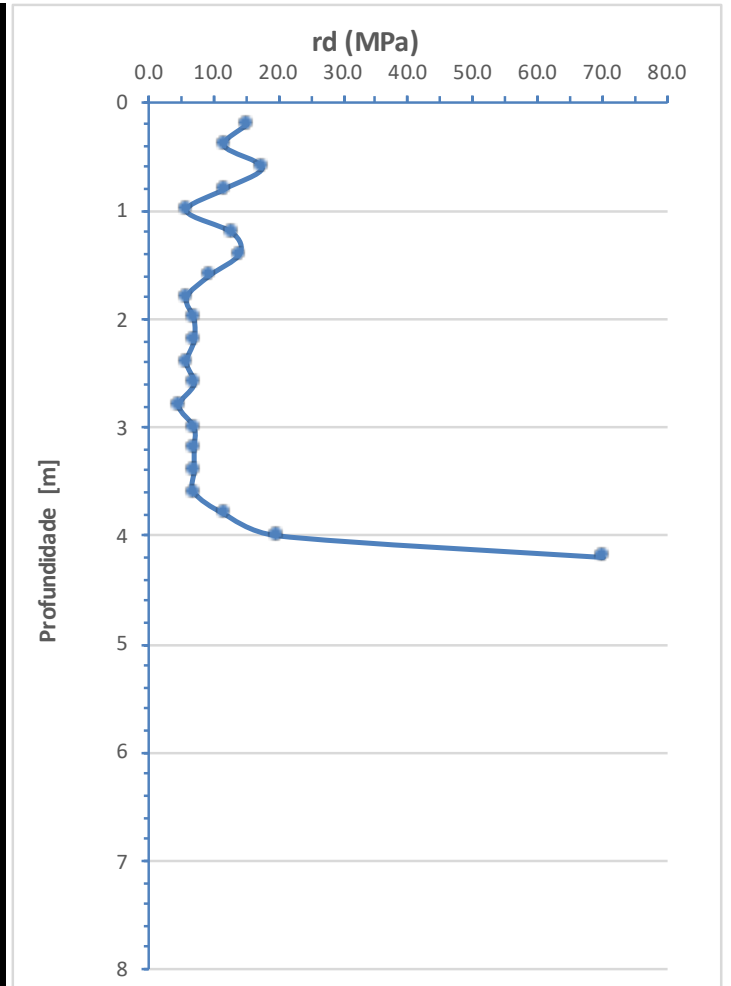
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	2	Sondagem nº:	P2
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):		
Data:	23/11/20	Nível de água:	Não detectado

Cliente:	AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana	Obra:	Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários - Mirandela
		Local:	Mirandela

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	15.18	4.2	70.08	8.2	
0.4	11.68	4.4		8.4	
0.6	17.52	4.6		8.6	
0.8	11.68	4.8		8.8	
1	5.84	5		9	
rd (Méd)	12.38	rd (Méd)	70.08	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2	12.85	5.2		9.2	
1.4	14.02	5.4		9.4	
1.6	9.34	5.6		9.6	
1.8	5.84	5.8		9.8	
2	7.01	6		10	
rd (Méd)	9.81	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
2.2	7.01	6.2		10.2	
2.4	5.84	6.4		10.4	
2.6	7.01	6.6		10.6	
2.8	4.67	6.8		10.8	
3	7.01	7		11	
rd (Méd)	6.31	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
3.2	7.01	7.2		11.2	
3.4	7.01	7.4		11.4	
3.6	7.01	7.6		11.6	
3.8	11.68	7.8		11.8	
4	19.86	8		12	
rd (Méd)	10.51	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=10cm



INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

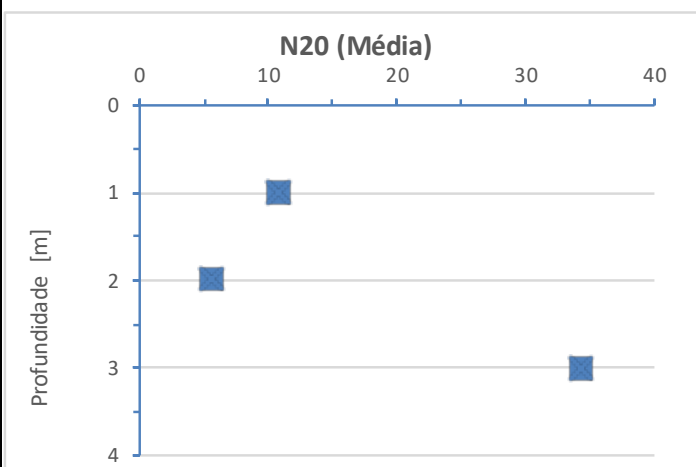
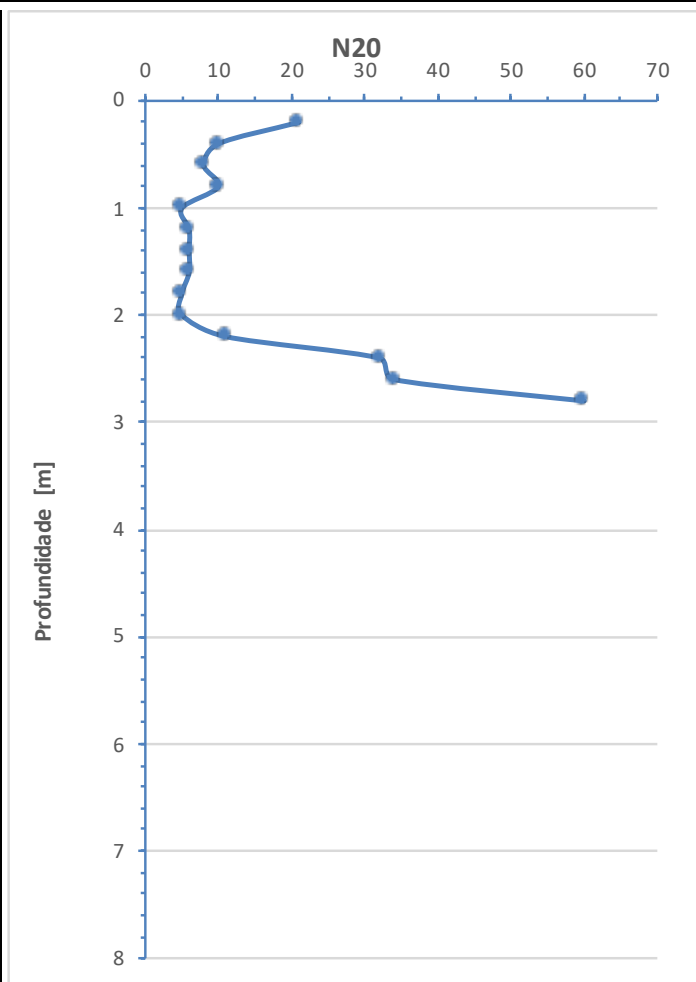
Ensaio de Penetração com DPSH

Posição:	3	Sondagem nº:	P3
Coordenadas	Este	Esquerda do eixo:	
	Norte:		
	Elevação (Z):		
Data:	23/11/20	Nível de água:	Não detectado

Cliente: AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana

Obra: Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários - Mirandela
Local: Mirandela

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0.2	21	4.2		8.2	
0.4	10	4.4		8.4	
0.6	8	4.6		8.6	
0.8	10	4.8		8.8	
1	5	5		9	
N₂₀ (Méd)	10.8	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1.2	6	5.2		9.2	
1.4	6	5.4		9.4	
1.6	6	5.6		9.6	
1.8	5	5.8		9.8	
2	5	6		10	
N₂₀ (Méd)	5.6	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2.2	11	6.2		10.2	
2.4	32	6.4		10.4	
2.6	34	6.6		10.6	
2.8	60	6.8		10.8	
3		7		11	
N₂₀ (Méd)	34.25	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3.2		7.2		11.2	
3.4		7.4		11.4	
3.6		7.6		11.6	
3.8		7.8		11.8	
4		8		12	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!



*=17cm



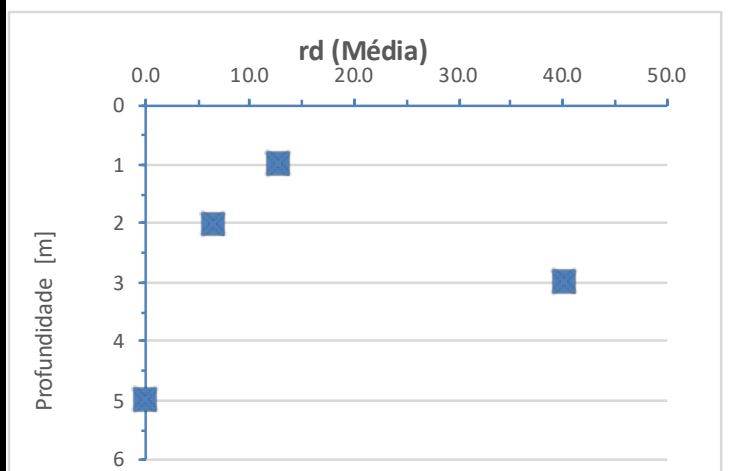
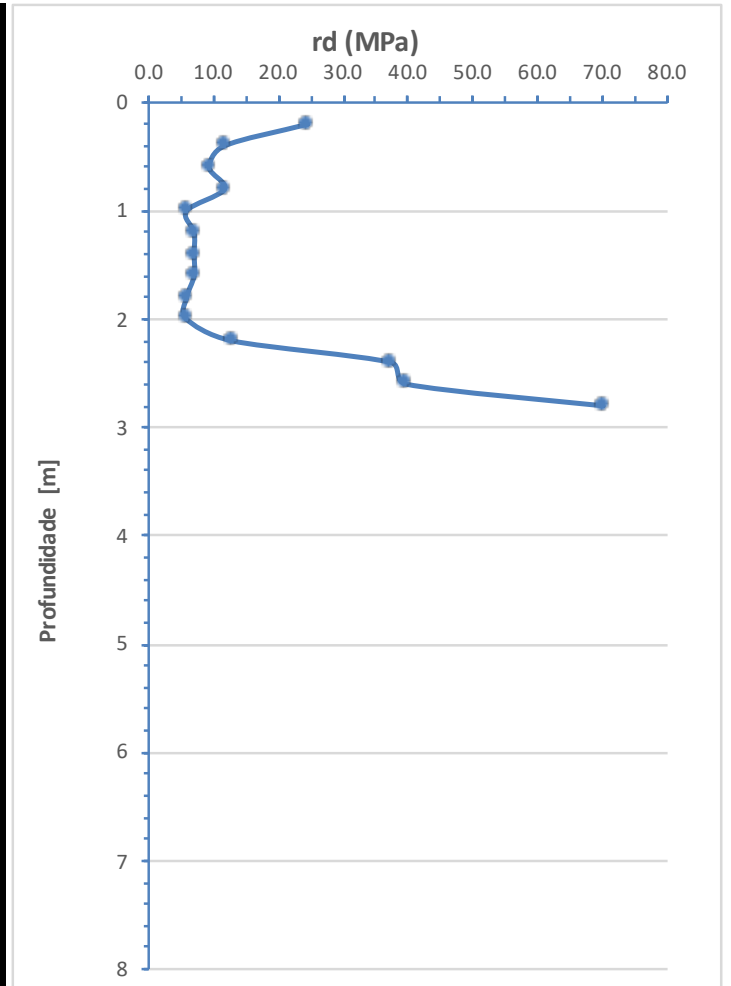
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaio de Penetração com DPSH

Posição:	3	Sondagem nº:	P3
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):		
Data:	23/11/20	Nível de água:	Não detectado

Cliente:	AMTQT - Associação de Municípios da Terra Quente Transmontana	Obra:	Edifício de Apoio ao Campo Desportivo da Reginorde - Balneários - Mirandela
		Local:	Mirandela

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0.2	24.53	4.2		8.2	
0.4	11.68	4.4		8.4	
0.6	9.34	4.6		8.6	
0.8	11.68	4.8		8.8	
1	5.84	5		9	
rd (Méd)	12.61	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
1.2	7.01	5.2		9.2	
1.4	7.01	5.4		9.4	
1.6	7.01	5.6		9.6	
1.8	5.84	5.8		9.8	
2	5.84	6		10	
rd (Méd)	6.54	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
2.2	12.85	6.2		10.2	
2.4	37.38	6.4		10.4	
2.6	39.71	6.6		10.6	
2.8	70.08	6.8		10.8	
3		7		11	
rd (Méd)	40.00	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
3.2		7.2		11.2	
3.4		7.4		11.4	
3.6		7.6		11.6	
3.8		7.8		11.8	
4		8		12	
rd (Méd)		rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=17cm