

RELATÓRIO GEOTÉCNICO

Ensaio com Penetrómetro Dinâmico Super Pesado (DPSH)

Autores do relatório:

Responsável Técnico: Prof. António Miguel Verdelho Paula*

Técnica Superior de Laboratório: Hermínia Morais*

* - Instituto Politécnico de Bragança

ENTIDADE: GRAW MUSH - ENG.

OBRA: “Centro de Compostagem na Unidade de Benlhevai-Vila Flor”, em Benlhevai - Vila Flor

LOCAL: Benlhevai – Vila Flor

Bragança, 10 de fevereiro de 2022

Índice

1	Introdução.....	3
2	Trabalhos realizados.....	3
2.1	Ensaio DPSH - Penetrómetro Dinâmico Superpesado (DPSH - Dynamic Penetration Super-Heavy)	4
3	Análise preliminar dos resultados de caracterização geotécnica.....	5
3.1	Identificação, classificação	5
3.2	Resultados dos ensaios do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH.	6
4	Considerações finais.....	10
	Bibliografia.....	10

RELATÓRIO TÉCNICO

1 Introdução

Requerido pela empresa GRAW MUSH - ENG., procedeu-se à realização de seis ensaios com Penetrómetro Dinâmico Superpesado DPSH (Dynamic Penetration Super-Heavy), para a caracterização geotécnica no local de implantação da “Empreitada do Centro de Compostagem na Unidade de Benlhevai-Vila Flor”, em Benlhevai - Vila Flor” (ver Figura 1).

Para a caracterização geotécnica do aterro foram realizados ensaios de campo. 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.

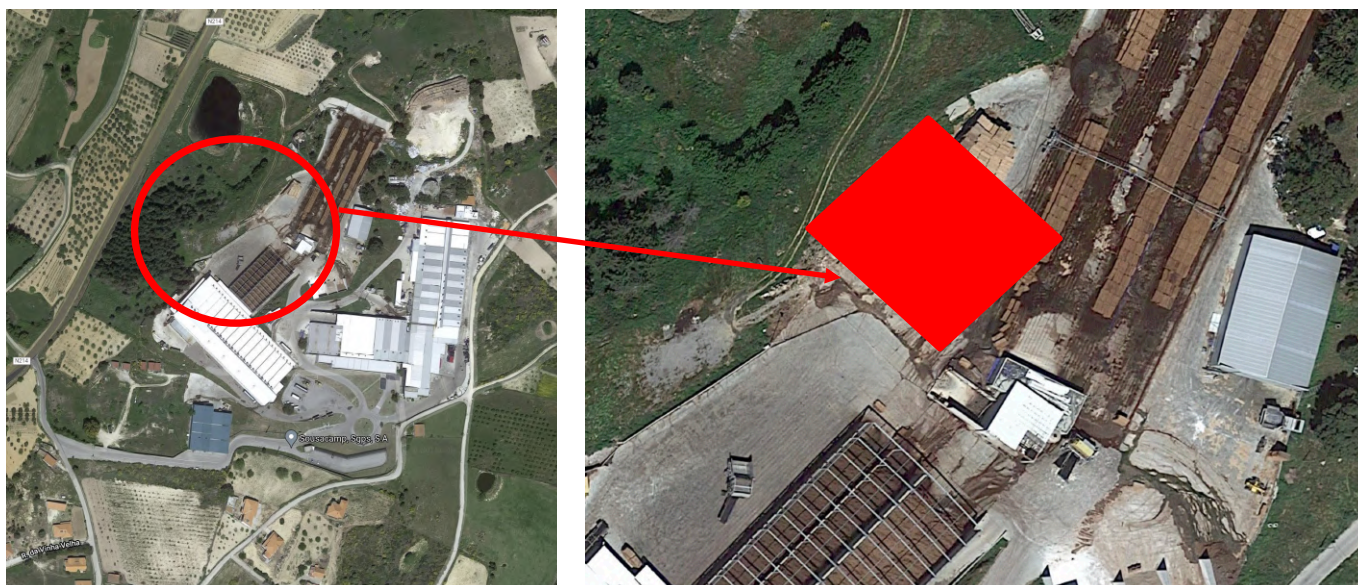


Figura 1 – Vista aérea do local da obra (imagens do Google Maps).

2 Trabalhos realizados

O estudo de caracterização geotécnica do solo de fundação foi efetuado no dia 10 de fevereiro de 2022 e consistiu, na realização de seis ensaios DPSH - Penetrómetro Dinâmico Super Pesado. 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.

Os pontos de realização dos ensaios DPSH encontram-se representados no **Desenho nº1 do Anexo I.**

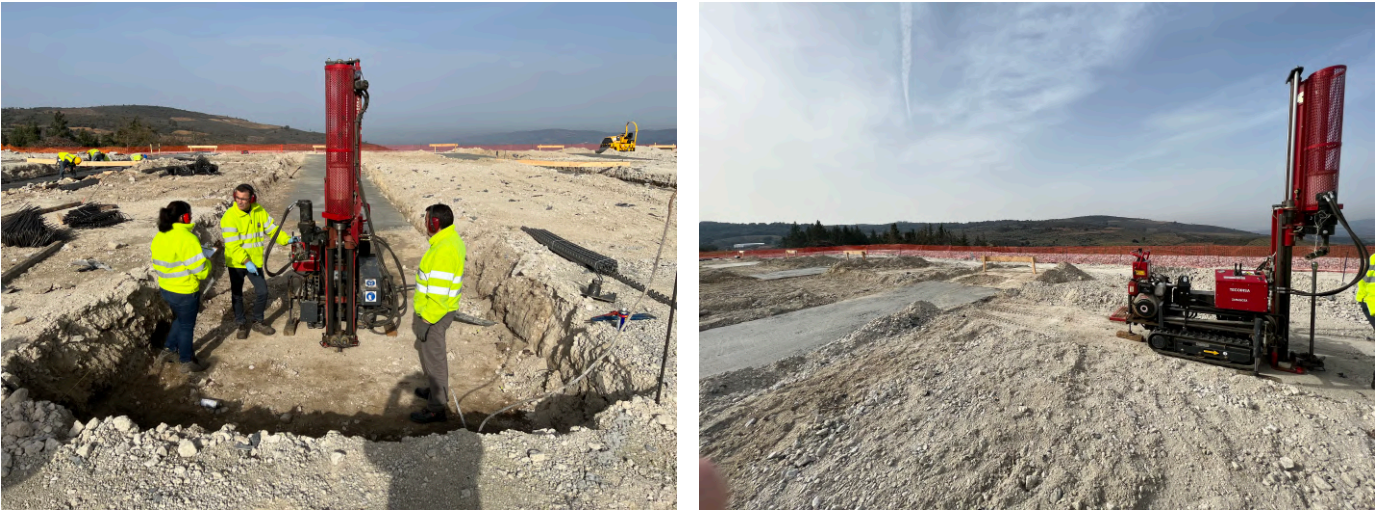


Figura 2 – Local de realização dos ensaios e equipamento de perfuração.

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 cónica 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 4 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 III.

3 Análise preliminar dos resultados de caracterização geotécnica

3.1 Identificação, classificação

Neste estudo não foram realizados ensaios de identificação e caracterização do solo. No entanto, em trabalhos de identificação e caracterização do solo realizados em setembro de 2021 pela mesma equipa e no mesmo local, permitiu identificar e caracterizar o solo de fundação em amostras colhidas no aterro em estudo. Os resultados da identificação, caracterização e classificação do solo encontram-se no Anexo II. Para facilitar a leitura, no Quadro 1, estão apresentados, resumidamente, os principais parâmetros do tipo de solo: composição granulométrica do solo e classificação unificada.

Quadro 1 – Principais parâmetros de identificação e caracterização do solo do aterro.

Ponto de ensaio	Composição Granulométrica									Classificação do Solo	
	% Seixo	% Areia	% Silte	% Argila	$D_{máx}$ (mm)	D_{60} (mm)	D_{50} (mm)	D_{30} (mm)	D_{10} (mm)	ASTM D 2487-85	
P1	55,5	27,5	17,0	n.d.	80,0	10,5	4,8	0,3	s.d	GM	Cascalho siltoso com areia

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

s. d. - sem dados

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 50. Para mais detalhes recomenda-se a análise dos resultados dos ensaios no Anexo III do presente documento. No Quadro 2 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 variam com o ponto de ensaio. Foi de zero metros no ponto de ensaio DPSH6 e de 11,6 metros no DSPH4, neste último não foi atingida a nega no ensaio, tendo sido terminado o ensaio por falta de varas para continuar a penetração. O valor do N_{20} médio da totalidade dos resultados obtidos e sem considerar a nega (último valor de cada ensaio) é igual a 18,3. Os valores do N_{20} obtidos apresentam grande variabilidade ver no Anexo III, dificulta a análise dos resultados obtidos. Estes valores permitem considerar que se trata de um solo com elevada heterogeneidade e com compactidade média (mediamente compacto). Ao longo da realização dos seis ensaios DPSH, foi possível verificar que a ponteira e as varas, quando extraídas do solo, não apresentavam humidade, o que permite concluir a não presença de água no solo/aterro.

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 3 encontra-se um resumo dos resultados obtidos para o r_d (resistência de ponta em MPa).

Quadro 3 – Resultados dos ensaios DPSH nos pontos P1 a P6, resistência de ponta r_d (MPa).

Ponto de ensaio DPSH	Cota da boca do furo (m)	Fim do ensaio (m)	r_d (MPa) (Médio) (por metro)											
			[0,0 - 1,0]	[1,0 - 2,0]	[2,0 - 3,0]	[3,0 - 4,0]	[4,0 - 5,0]	[5,0 - 6,0]	[6,0 - 7,0]	[7,0 - 8,0]	[8,0 - 9,0]	[9,0 - 10,0]	[10,0 - 11,0]	[11,0 - 12,0]
P1/DPSH1	606,15	3,2	8,9	15,0	11,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2/DPSH2	606,35	0,6	43,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3/DPSH3	606,35	7,0	34,3	11,5	6,8	9,1	8,6	11,2	22,7	-	-	-	-	-
P4/DPSH4	606,35	11,6	36,4	17,5	10,04	9,8	15,4	38,5	26,6	21,5	24,5	26,4	22,4	26,1
P5/DPSH5	606,35	3,6	39,48	18,0	28,7	49,8	-	-	-	-	-	-	-	-
P6/DPSH6	606,15	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Da análise do Quadro 3, pode-se observar que o solo apresenta uma resistência de ponta, antes de ser atingida a nega no ensaio, bastante variável, entre 6,8 MPa e 49,8 MPa (valores médios por metro). Com os valores obtidos do N_{20} e r_d , recomenda-se cuidado na utilização deste material no seu estado *in situ* para a fundação

de qualquer tipo de estrutura, principalmente devido à elevada possança que o estrato atravessado apresenta, superior a 11 metros no ponto de ensaio DPSH4.

- 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 4 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 4 – 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 - 1,0]	[1,0 - 2,0]	[2,0 - 3,0]	[3,0 - 4,0]	[4,0 - 5,0]	[5,0 - 6,0]	[6,0 - 7,0]	[7,0 - 8,0]	[8,0 - 9,0]	[9,0 - 10,0]	[10,0 - 11,0]	[11,0 - 12,0]
P1/DPSH1	3,2	7,3	12,3	9,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2/DPSH2	0,6	25,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3/DPSH3	7,0	28,2	9,4	5,6	7,5	7,1	9,2	8,9	-	-	-	-	-
P4/DPSH4	11,6	30,0	14,4	8,3	8,1	12,7	31,7	21,9	17,7	35,5	21,7	18,4	21,4
P5/DPSH5	3,6	32,4	14,8	23,6	32,6	-	-	-	-	-	-	-	-
P6/DPSH6	0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- 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:

$$q_a = \frac{N_{SPT}}{5} \times 98,1 \text{ (kPa)} \quad [3]$$

em que:

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

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

No Quadro 5 estão representados os valores obtidos para a tensão máxima admissível estimada.

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 suporte de um solo/ aterro para a “Empreitada Centro de Compostagem na Unidade de Benlhevai-Vila Flor”, em Benlhevai - Vila Flor.

O solo 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 superior 50% do material. O diâmetro médio das partículas (D_{50}) é de 4,8mm. A compactidade do aterro/solo em estudo é mediamente compacta.

Como a nega nos ensaios DPSH foi atingida a profundidades muito variadas e os valores dos resultados obtidos para o N_{20} foram em alguns pontos baixos a médios, com elevada dispersão, é necessário ter cuidado na utilização deste material no seu estado *in situ* para a fundação de qualquer tipo de estrutura, principalmente devido à elevada possança do estrato atravessado na zona do ensaio DPSH4.

Com base nos resultados do ensaio do penetrómetro dinâmico superpesado, DPSH, é possível estimar a tensão máxima admissível do solo/aterro para o dimensionamento das fundações. A tensão admissível varia de ponto para ponto. Os valores das tensões admissíveis mínimo e máximo é de 109,2 kPa e 696,9 kPa, sem considerar a nega do ensaio.

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

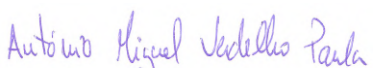
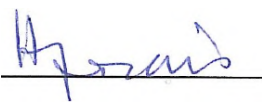
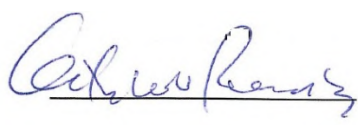
Afonso, André Filipe; Paula, António Miguel; Braz César, Manuel (2016). “Correlações entre resultados de ensaios de penetração dinâmica (DP) com o ensaio standard penetration test (SPT)”. 15º Congresso Nacional de Geotecnia / 8º Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia, Faculdade de Engenharia da Universidade 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, 10 de fevereiro de 2022.

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

ANEXOS

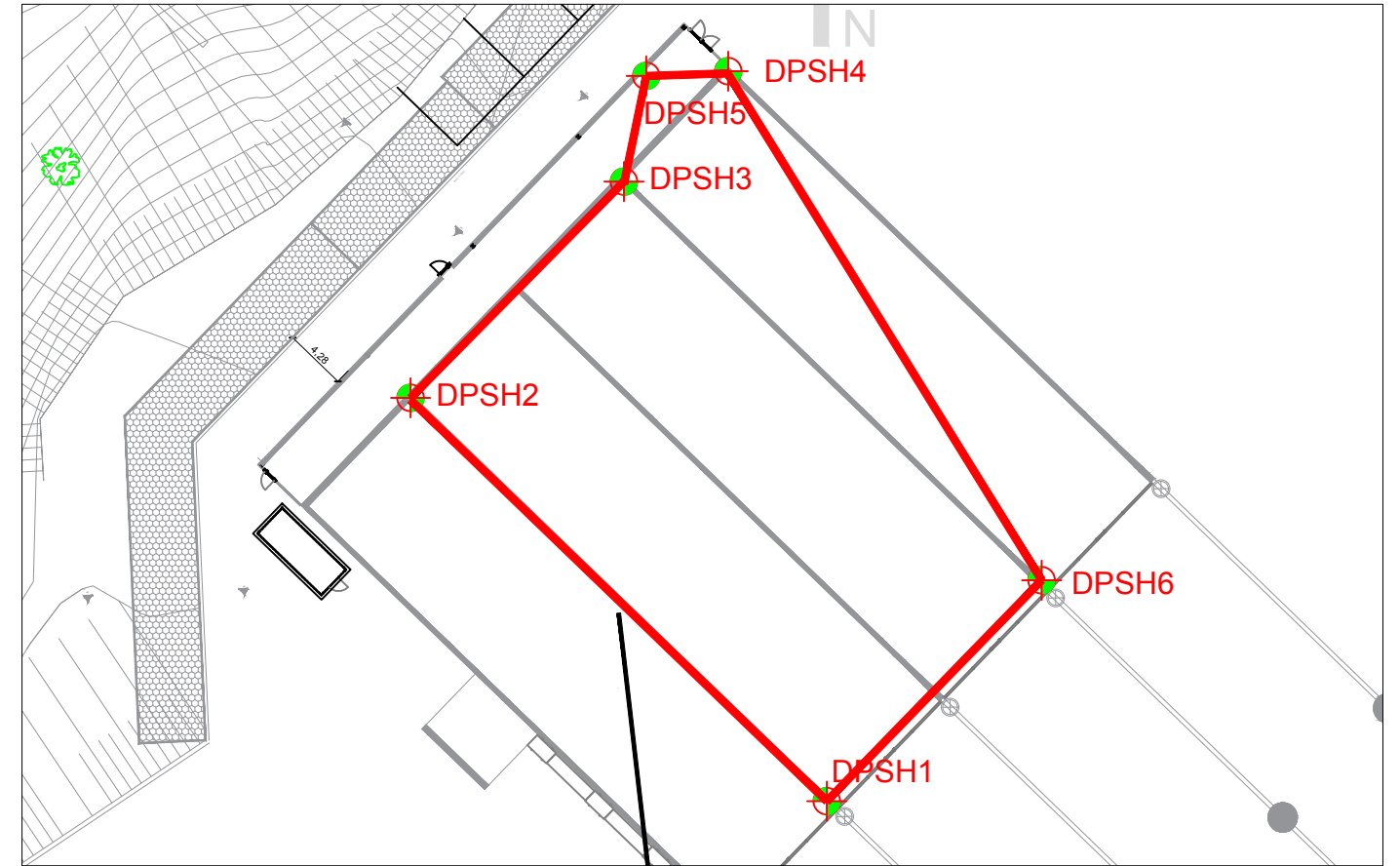
ANEXO I (Cortes e planta dos pontos de ensaio DPSH)



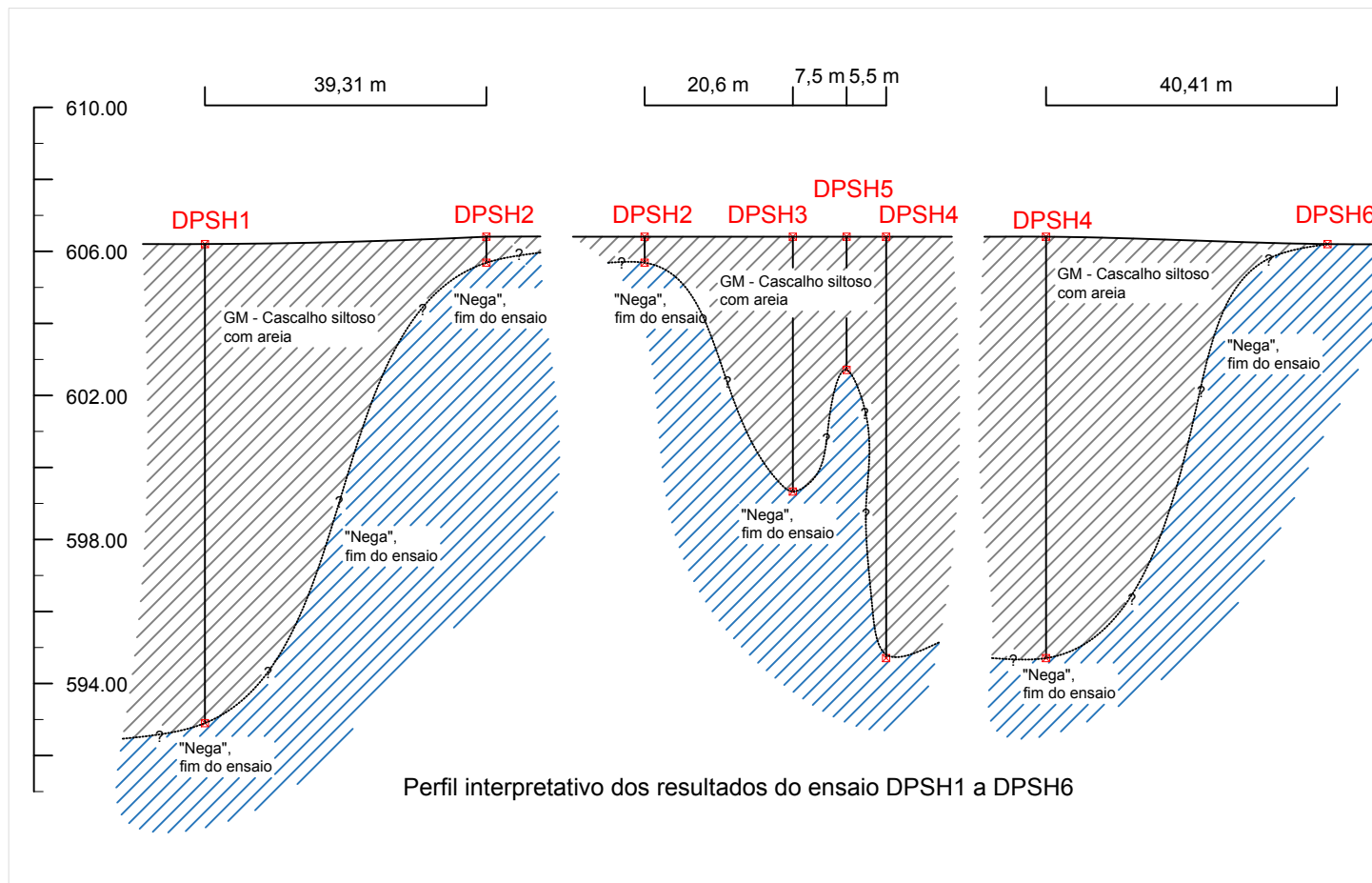
Escala 1/1000

LEGENDA:

⊕ DPSHi - Pontos de realização do Ensaio DPSH Dynamic Penetration Super-Heavy

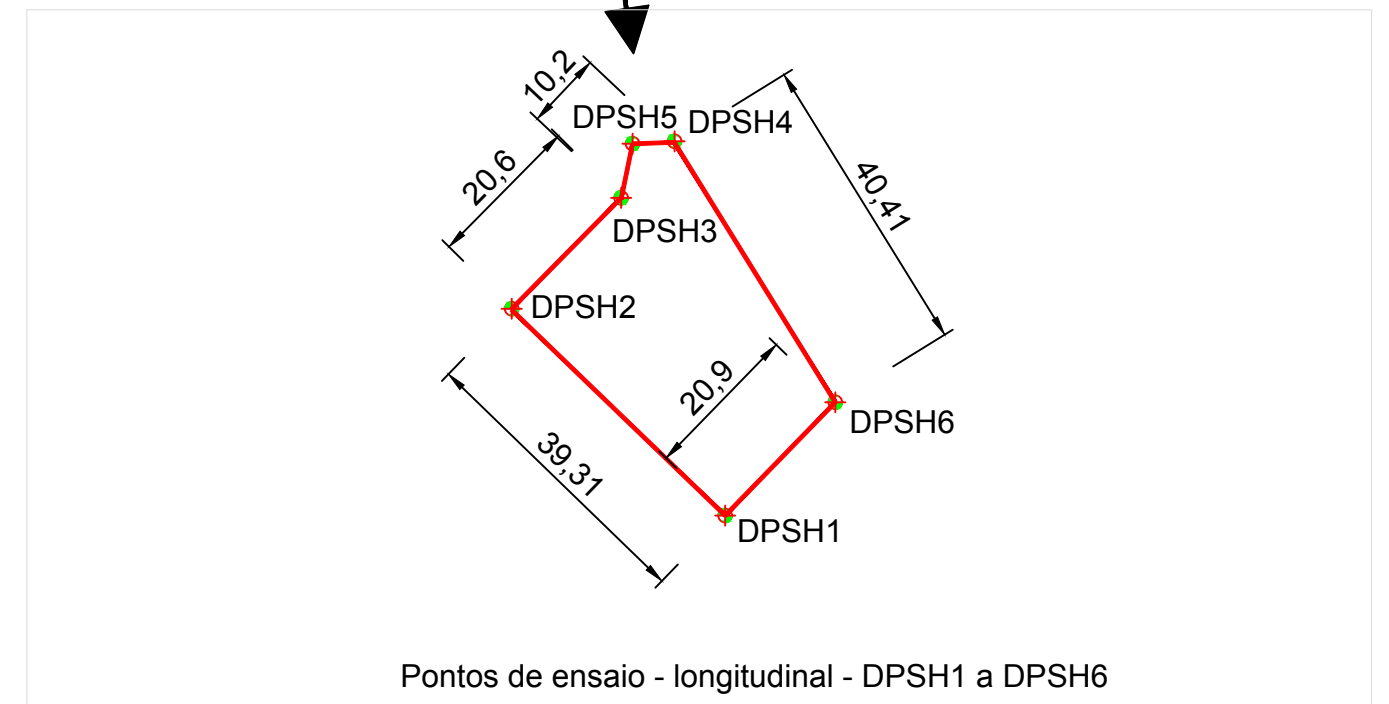


Escala 1/500



Escala no desenho

Perfil interpretativo dos resultados do ensaio DPSH1 a DPSH6




Pontos de ensaio - longitudinal - DPSH1 a DPSH6

Escala 1/1000

<p>INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão</p>		<p>Laboratório de Geotecnia Telefone: (+351)273303000 Fax: (+351)273313051 E-mail: estig@ipb.pt</p>	<p>Escola Superior de Tecnologia e Gestão Campus de Santa Apolónia - Apartado 1134 5301-857 Bragança Portugal</p>
esc:	data:	Cliente: GRAW MUSH - ENG	
1/---	14-02-2022	Perfil interpretativo dos resultados do ensaio DPSH1 a 6	
projectou:	n.º:	Obra/Local:	
	1	CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR na Unidade de Benlhevai-Vila Flor	

ANEXO II (Resultados dos ensaios de Identificação e Caracterização)

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão	ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA	
	Norma de Referência: LNEC E 239 - 1970	
	Amostra:	S1
	Data da Colheita:	06/09/2021
Ciente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.	Obra: "EMPREITADA DE DEMOLIÇÕES, ATERRO E MURO SUPORTE DA PLATAFORMA NA UNIDADE DE BENLHEVAI-VILA FLOR" Local: Benlhevai - Vila Flor

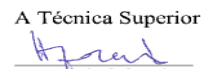
Massa total da amostra: (g)	mt=	5021,40
Massa retida no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m10=	2784,70
Massa passada no peneiro de 2.00 mm (nº10) (g)	m' 10=	2236,70

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')	615,40	12,26	12,26	87,74
50.8 - (2')	348,60	6,94	19,20	80,80
38,10- (1 1/2')	316,50	6,30	25,50	74,50
25,4 - (1')	329,40	6,56	32,06	67,94
19 - (3/4')	151,00	3,01	35,07	64,93
9,51 - (3/8')	459,70	9,15	44,22	55,78
4.76 - (n4)	287,10	5,72	49,94	50,06
2 - (n10)	277,00	5,52	55,46	44,54
< 2,00 - (n10)	2236,70	44,54		
TOTAL	5021,40	100,00		
Fracção passada no peneiro de 2,00 mm (nº10)				
Massa da amostra a ensaiar, ma=	86,70		$N''10=(m'10/mt) \times 100=$	44,54
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	12,70	6,52	61,98	38,02
40	11,40	5,86	67,84	32,16
60	8,20	4,21	72,05	27,95
140	15,20	7,81	79,86	20,14
200	6,10	3,13	82,99	17,01
< 200	33,10			
TOTAL	86,70			

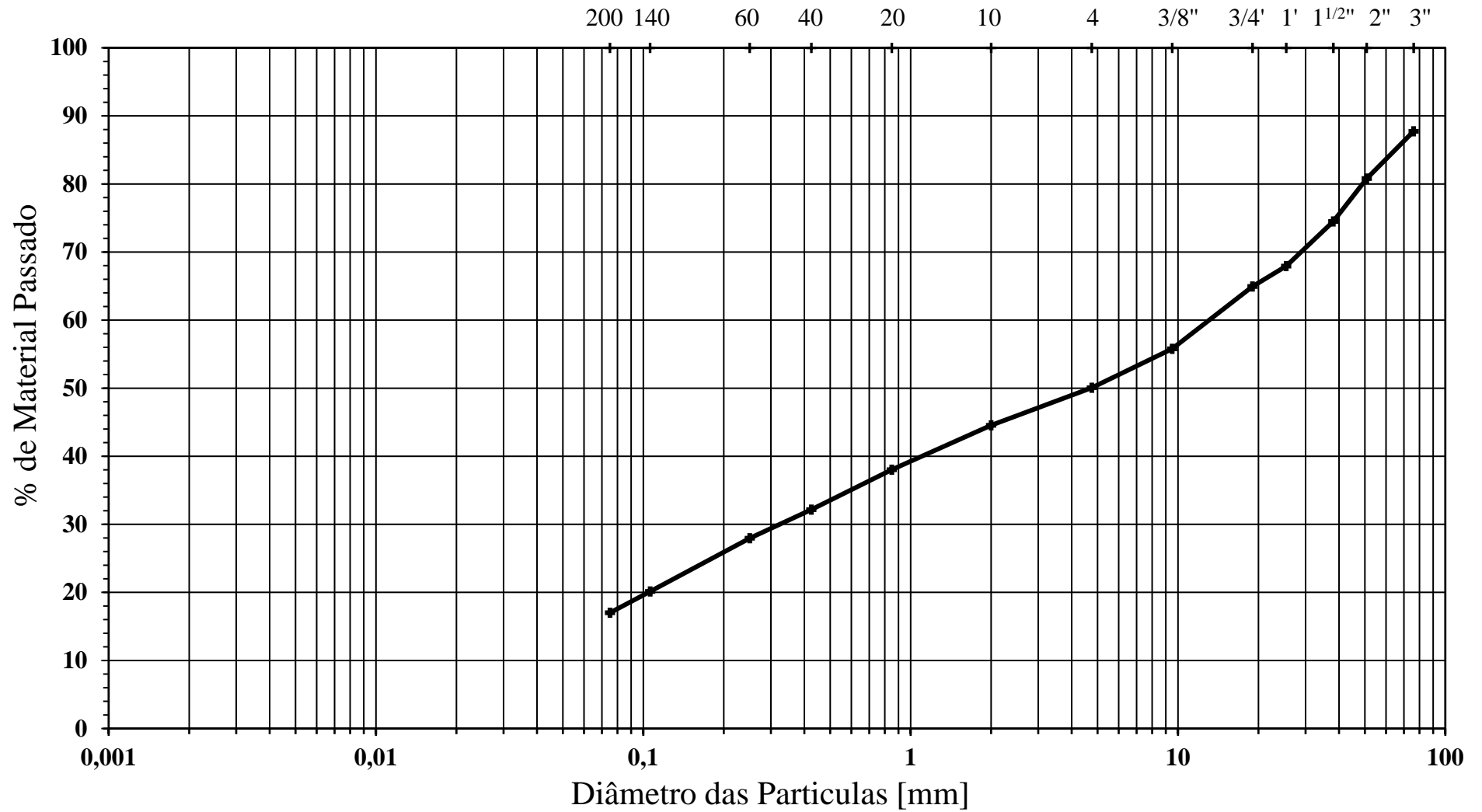
Bragança, 09 de setembro de 2021

O Técnico


 Octávio Pereira

A Técnica Superior

 Hermínia Morais

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA - S1



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

 INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão		Classificação dum Solo			
		Amostra nº:	PI2	Local:	Benlhevai - Vila Flor
Data Recolha:	06/09/2021				
Cliente:	CAPSFIL - Carlos Augusto Pinto dos Santos e Filho, S.A.	Obra:	"EMPREITADA DE DEMOLIÇÕES, ATERRO E MURO SUPORTE DA PLATAFORMA NA UNIDADE DE BENLHEVAI-VILA FLOR"		

Análise Granulométrica					
Nº Peneiro (mm)	75	4,76 (#4)	2,00 (#10)	0,425 (#40)	0,074 (#200)
Passada Acumulada (%)	87,74	50,06	44,54	32,16	17,01
Retida Acumulada (%)	12,26	49,94	55,46	67,84	82,99

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 (%)	55,5
Areia (%)	27,5
Silte e Argila (%)	17,0
Índice de Grupo	0

D60 (mm)	10,5
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%.

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



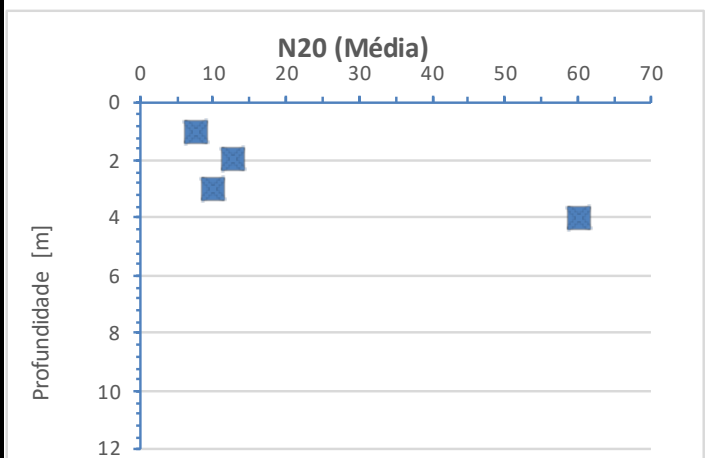
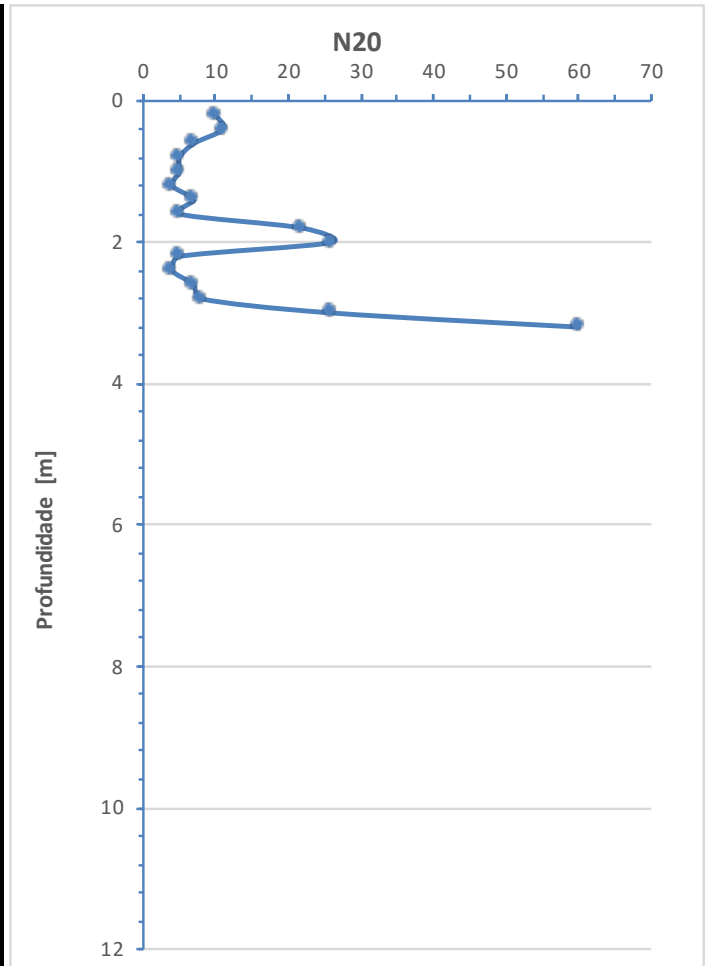
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	1	Sondagem nº:	P1
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):	606,15	
Data:	10/02/22	Nível de água:	Não detectado

Ciente:	GRAW MUSH - ENG.	Obra:	"CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"
		Local:	BENLHEVAI-VILA FLOR

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0,2	10	4,2		8,2	
0,4	11	4,4		8,4	
0,6	7	4,6		8,6	
0,8	5	4,8		8,8	
1	5	5		9	
N₂₀ (Méd)	7,6	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1,2	4	5,2		9,2	
1,4	7	5,4		9,4	
1,6	5	5,6		9,6	
1,8	22	5,8		9,8	
2	26	6		10	
N₂₀ (Méd)	12,8	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2,2	5	6,2		10,2	
2,4	4	6,4		10,4	
2,6	7	6,6		10,6	
2,8	8	6,8		10,8	
3	26	7		11	
N₂₀ (Méd)	10	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3,2	60	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)	60	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!



*=10cm

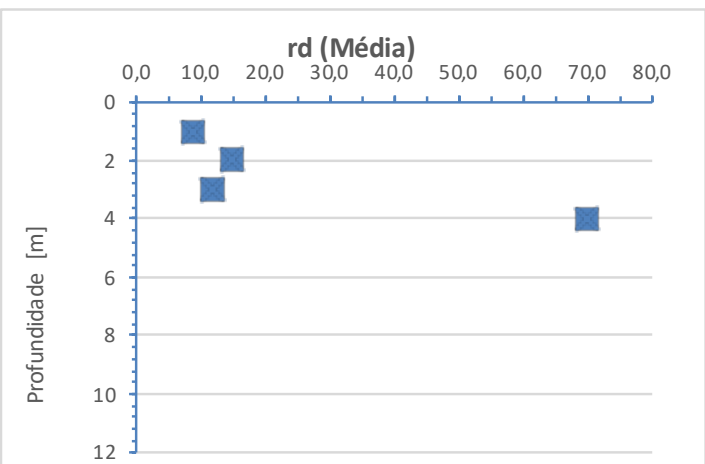
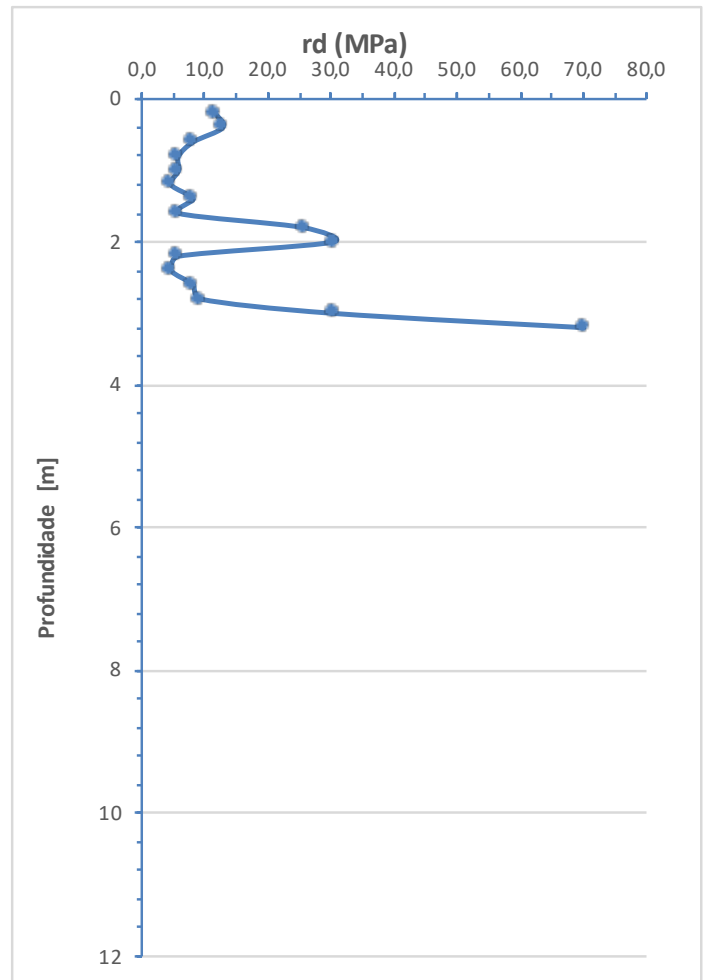


INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaio de Penetração com DPSH

Posição: 1 Sondagem nº: P1		Este:		Direita do eixo:	
		Norte:			
		Elevação (Z): 606,15			
		Data: 10/02/22		Nível de água: Não Detectado	
Cliente: GRAW MUSH - ENG.		Obra: "CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"			
		Local: BENLHEVAI-VILA FLOR			

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0,2	11,68	4,2		8,2	
0,4	12,85	4,4		8,4	
0,6	8,18	4,6		8,6	
0,8	5,84	4,8		8,8	
1	5,84	5		9	
rd (Méd)	8,88	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
1,2	4,67	5,2		9,2	
1,4	8,18	5,4		9,4	
1,6	5,84	5,6		9,6	
1,8	25,70	5,8		9,8	
2	30,37	6		10	
rd (Méd)	14,95	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
2,2	5,84	6,2		10,2	
2,4	4,67	6,4		10,4	
2,6	8,18	6,6		10,6	
2,8	9,34	6,8		10,8	
3	30,37	7		11	
rd (Méd)	11,68	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
3,2	70,08	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)	70,08	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=10cm

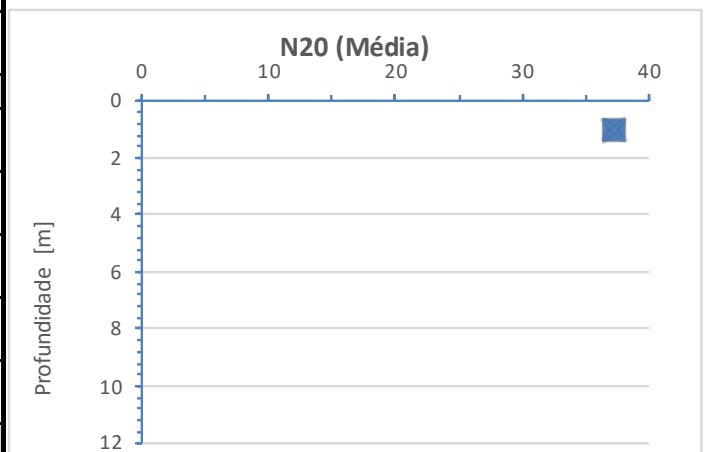
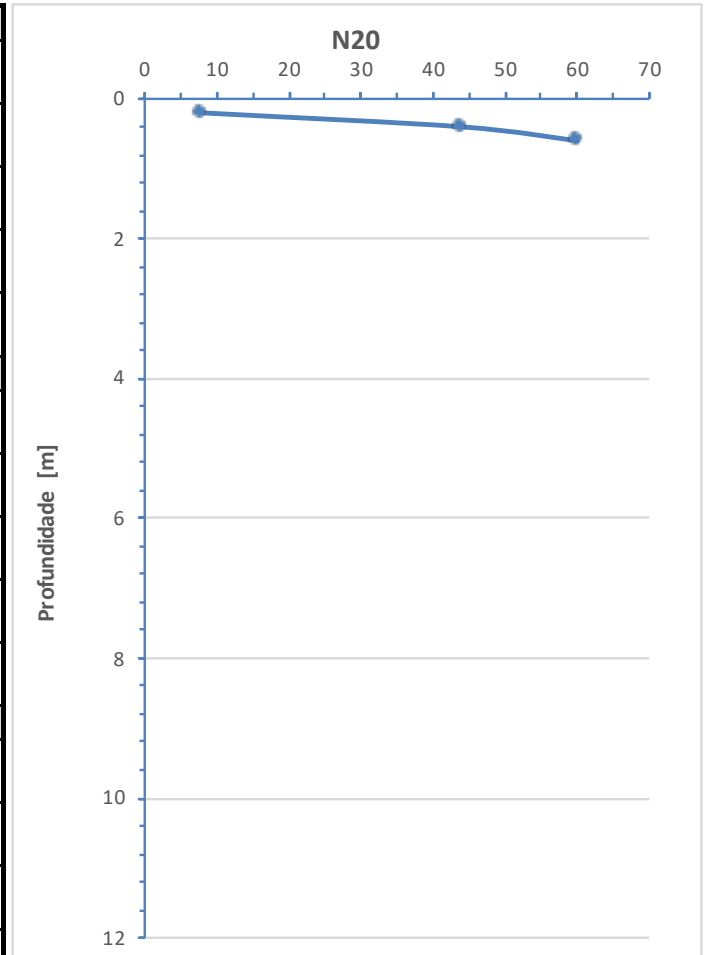


INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaio de Penetração com DPSH

Posição:	2	Sondagem nº:	P2	
Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:	
	Norte:			
	Elevação (Z):	606,35		
Data:	10/02/22	Nível de água:	Não detectado	
Ciente:	GRAW MUSH - ENG.		Obra:	"CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"
			Local:	BENLHEVAI-VILA FLOR

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0,2	8	4,2		8,2	
0,4	44	4,4		8,4	
0,6	60	4,6		8,6	
0,8		4,8		8,8	
1		5		9	
N₂₀ (Méd)	37,3	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1,2		5,2		9,2	
1,4		5,4		9,4	
1,6		5,6		9,6	
1,8		5,8		9,8	
2		6		10	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2,2		6,2		10,2	
2,4		6,4		10,4	
2,6		6,6		10,6	
2,8		6,8		10,8	
3		7		11	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	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



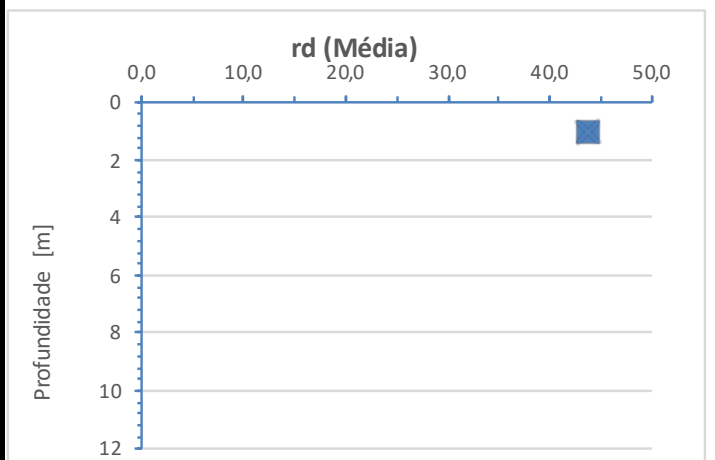
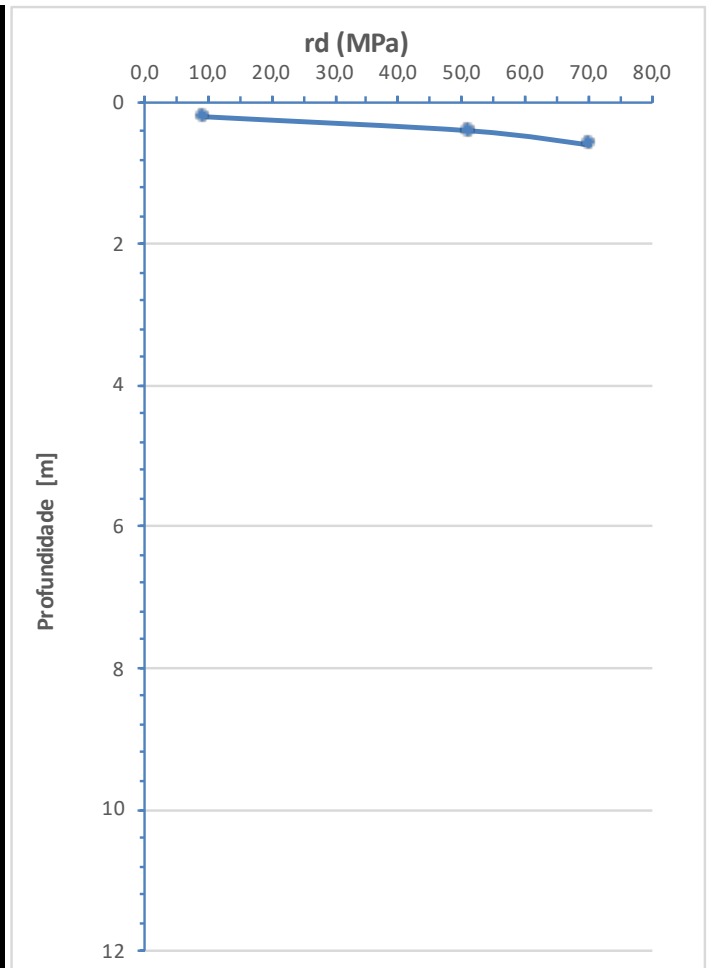
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaio de Penetração com DPSH

Posição:	2	Sondagem nº:	P2
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):	606,35	
Data:	10/02/22	Nível de água:	Não detectado

Cliente:	GRAW MUSH - ENG.	Obra:	"CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"
		Local:	BENLHEVAI-VILA FLOR

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0,2	9,34	4,2		8,2	
0,4	51,39	4,4		8,4	
0,6	70,08	4,6		8,6	
0,8		4,8		8,8	
1		5		9	
rd (Méd)	43,61	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
1,2		5,2		9,2	
1,4		5,4		9,4	
1,6		5,6		9,6	
1,8		5,8		9,8	
2		6		10	
rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
2,2		6,2		10,2	
2,4		6,4		10,4	
2,6		6,6		10,6	
2,8		6,8		10,8	
3		7		11	
rd (Méd)	#DIV/0!	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)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=17cm



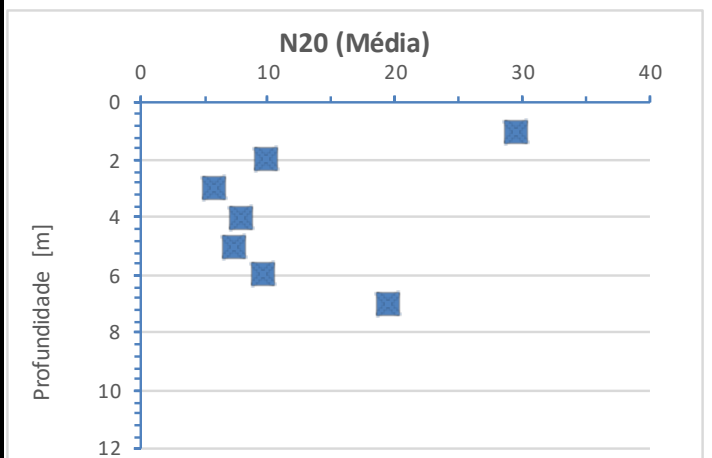
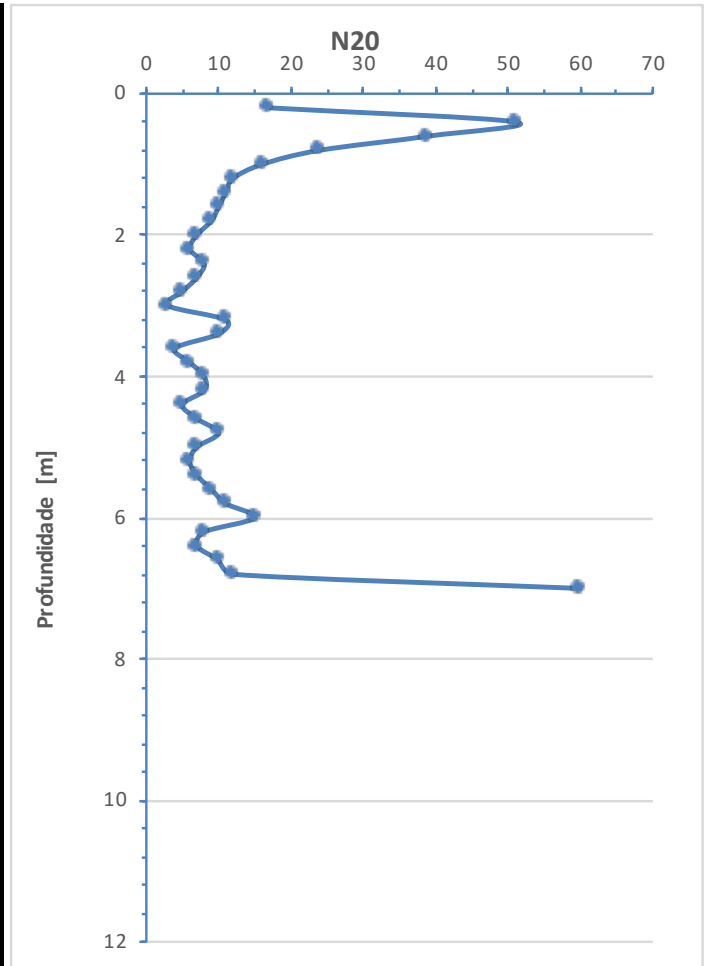
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	3	Sondagem nº:	P3
Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):		
Data:	10/02/22	Nível de água:	Não detectado

Ciente:	GRAW MUSH - ENG.	Obra:	"CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"
		Local:	BENLHEVAI-VILA FLOR

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0,2	17	4,2	8	8,2	
0,4	51	4,4	5	8,4	
0,6	39	4,6	7	8,6	
0,8	24	4,8	10	8,8	
1	16	5	7	9	
N₂₀ (Méd)	29,4	N₂₀ (Méd)	7,4	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1,2	12	5,2	6	9,2	
1,4	11	5,4	7	9,4	
1,6	10	5,6	9	9,6	
1,8	9	5,8	11	9,8	
2	7	6	15	10	
N₂₀ (Méd)	9,8	N₂₀ (Méd)	9,6	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2,2	6	6,2	8	10,2	
2,4	8	6,4	7	10,4	
2,6	7	6,6	10	10,6	
2,8	5	6,8	12	10,8	
3	3	7	60	11	
N₂₀ (Méd)	5,8	N₂₀ (Méd)	19,4	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3,2	11	7,2		11,2	
3,4	10	7,4		11,4	
3,6	4	7,6		11,6	
3,8	6	7,8		11,8	
4	8	8		12	
N₂₀ (Méd)	7,8	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!



*=cm

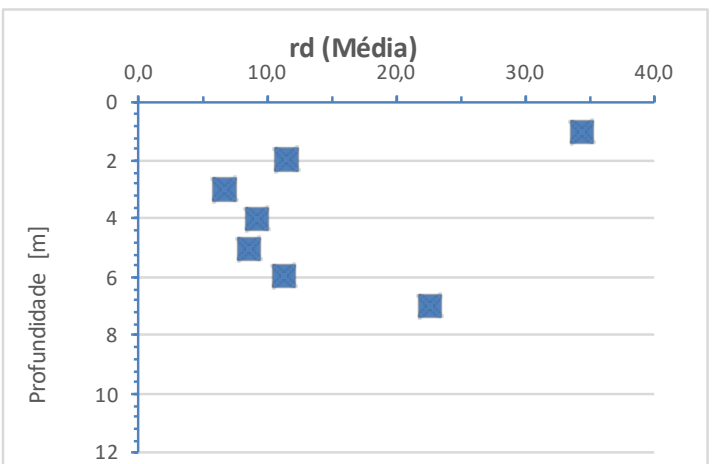
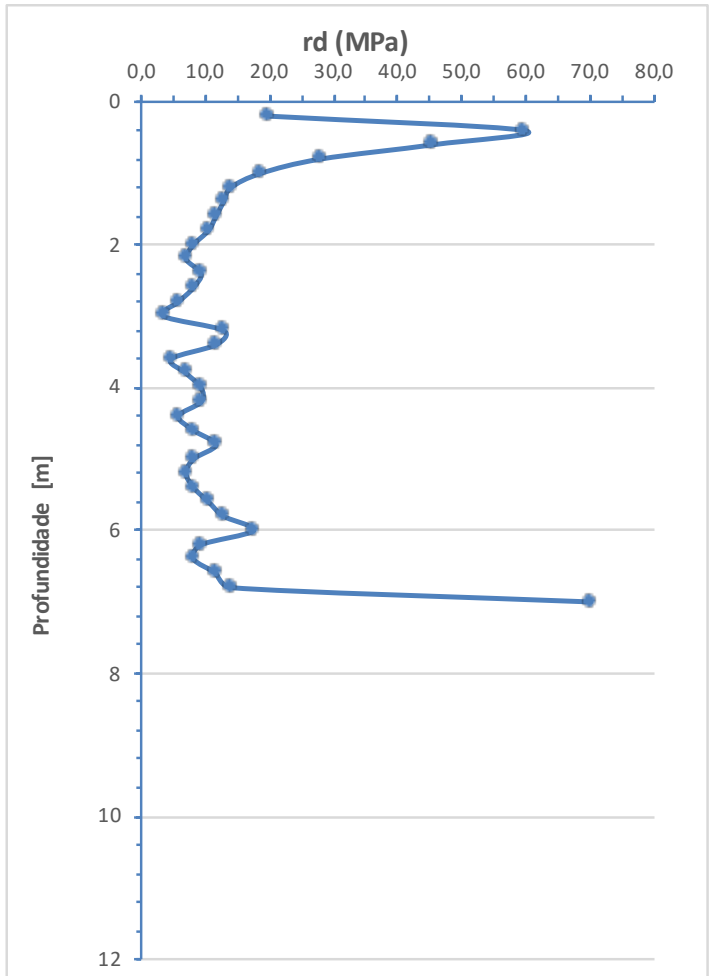


INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaio de Penetração com DPSH

Posição:	3	Sondagem nº:	P3	
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:	
	Norte:			
	Elevação (Z):	606,35		
Data:	10/02/22	Nível de água:	Não detectado	
Cliente:	GRAW MUSH - ENG.		Obra:	"CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"
			Local:	BENLHEVAI-VILA FLOR

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0,2	19,86	4,2	9,34	8,2	
0,4	59,57	4,4	5,84	8,4	
0,6	45,55	4,6	8,18	8,6	
0,8	28,03	4,8	11,68	8,8	
1	18,69	5	8,18	9	
rd (Méd)	34,34	rd (Méd)	8,64	rd (Méd)	#DIV/0!
1,2	14,02	5,2	7,01	9,2	
1,4	12,85	5,4	8,18	9,4	
1,6	11,68	5,6	10,51	9,6	
1,8	10,51	5,8	12,85	9,8	
2	8,18	6	17,52	10	
rd (Méd)	11,45	rd (Méd)	11,21	rd (Méd)	#DIV/0!
2,2	7,01	6,2	9,34	10,2	
2,4	9,34	6,4	8,18	10,4	
2,6	8,18	6,6	11,68	10,6	
2,8	5,84	6,8	14,02	10,8	
3	3,50	7	70,08	11	
rd (Méd)	6,77	rd (Méd)	22,66	rd (Méd)	#DIV/0!
3,2	12,85	7,2		11,2	
3,4	11,68	7,4		11,4	
3,6	4,67	7,6		11,6	
3,8	7,01	7,8		11,8	
4	9,34	8		12	
rd (Méd)	9,11	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=cm

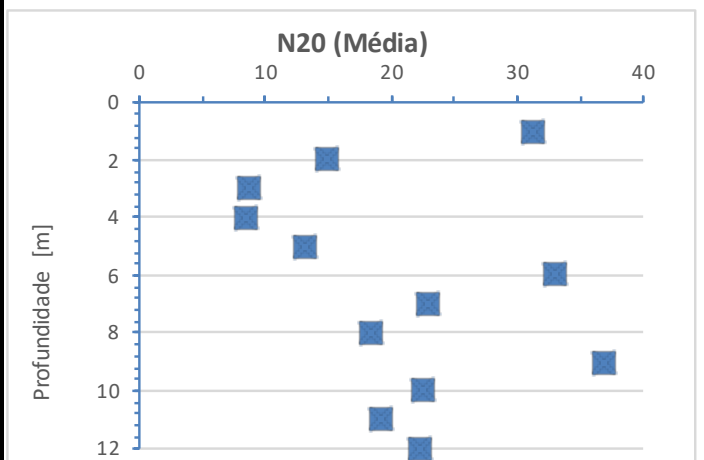
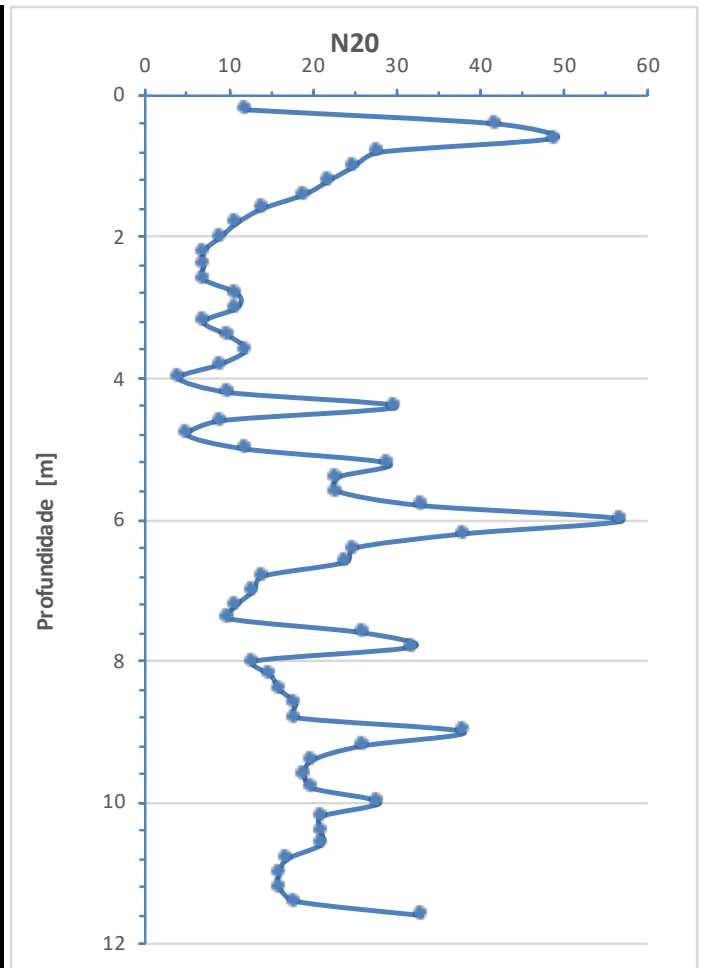


INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	4	Sondagem nº:	P4	
Coordenadas	Este	606,35	Esquerda do eixo:	
	Norte:			
	Elevação (Z):			
Data:	10/02/22	Nível de água:	Não detectado	
Ciente:	GRAW MUSH - ENG.		Obra:	"CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"
			Local:	BENLHEVAI-VILA FLOR

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0,2	12	4,2	10	8,2	15
0,4	42	4,4	30	8,4	16
0,6	49	4,6	9	8,6	18
0,8	28	4,8	5	8,8	18
1	25	5	12	9	38
N₂₀ (Méd)	31,2	N₂₀ (Méd)	13,2	N₂₀ (Méd)	37
1,2	22	5,2	29	9,2	26
1,4	19	5,4	23	9,4	20
1,6	14	5,6	23	9,6	19
1,8	11	5,8	33	9,8	20
2	9	6	57	10	28
N₂₀ (Méd)	15	N₂₀ (Méd)	33,0	N₂₀ (Méd)	22,6
2,2	7	6,2	38	10,2	21
2,4	7	6,4	25	10,4	21
2,6	7	6,6	24	10,6	21
2,8	11	6,8	14	10,8	17
3	11	7	13	11	16
N₂₀ (Méd)	8,6	N₂₀ (Méd)	22,8	N₂₀ (Méd)	19,2
3,2	7	7,2	11	11,2	16
3,4	10	7,4	10	11,4	18
3,6	12	7,6	26	11,6	33
3,8	9	7,8	32	11,8	
4	4	8	13	12	
N₂₀ (Méd)	8,4	N₂₀ (Méd)	18,4	N₂₀ (Méd)	22,333



*Não foi atingida a nega



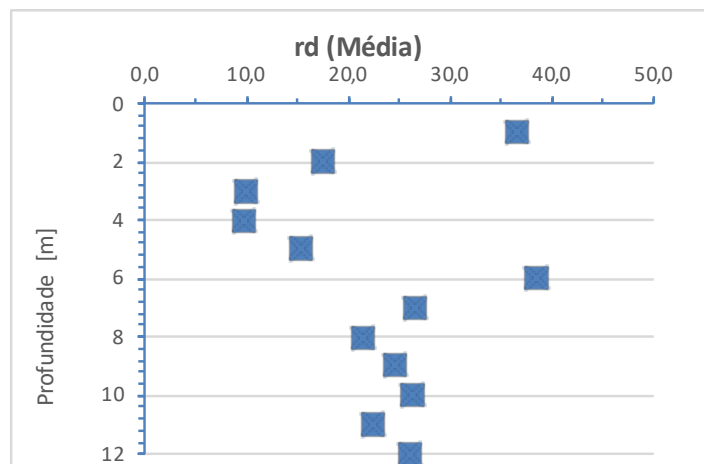
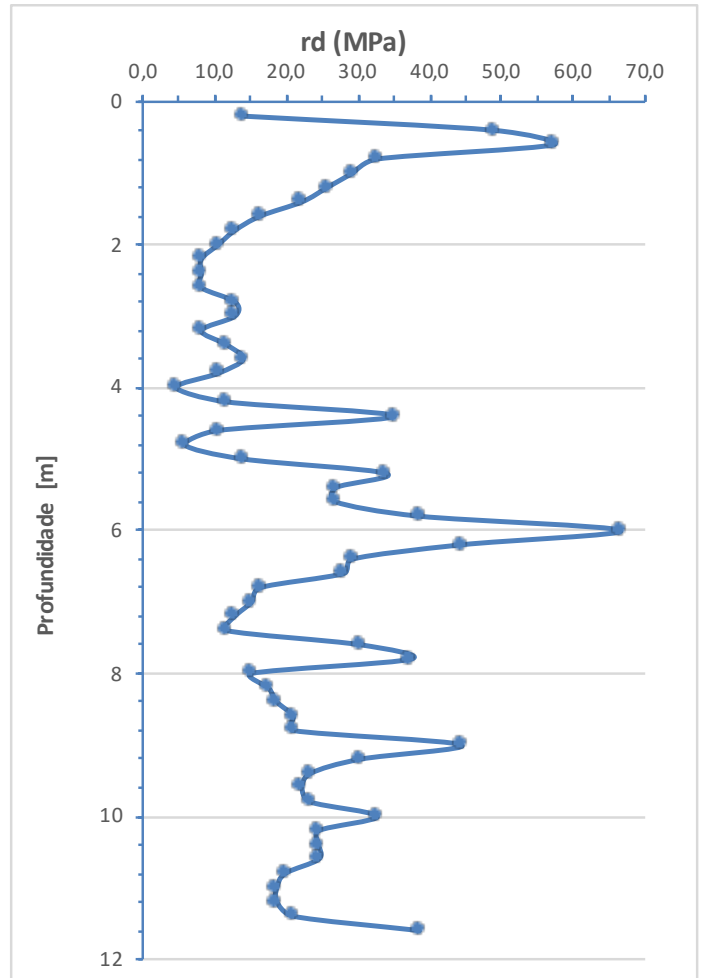
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaio de Penetração com DPSH

Posição:	4	Sondagem nº:	P4
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):		
Data:	10/02/22	Nível de água:	Não detectado

Ciente:	GRAW MUSH - ENG.		Obra:	"CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"
		Local:	BENLHEVAI-VILA FLOR	

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0,2	14,02	4,2	11,68	8,2	17,52
0,4	49,06	4,4	35,04	8,4	18,69
0,6	57,23	4,6	10,51	8,6	21,02
0,8	32,70	4,8	5,84	8,8	21,02
1	29,20	5	14,02	9	44,38
rd (Méd)	36,44	rd (Méd)	15,42	rd (Méd)	24,53
1,2	25,70	5,2	33,87	9,2	30,37
1,4	22,19	5,4	26,86	9,4	23,36
1,6	16,35	5,6	26,86	9,6	22,19
1,8	12,85	5,8	38,54	9,8	23,36
2	10,51	6	66,58	10	32,70
rd (Méd)	17,52	rd (Méd)	38,54	rd (Méd)	26,40
2,2	8,18	6,2	44,38	10,2	24,53
2,4	8,18	6,4	29,20	10,4	24,53
2,6	8,18	6,6	28,03	10,6	24,53
2,8	12,85	6,8	16,35	10,8	19,86
3	12,85	7	15,18	11	18,69
rd (Méd)	10,04	rd (Méd)	26,63	rd (Méd)	22,43
3,2	8,18	7,2	12,85	11,2	18,69
3,4	11,68	7,4	11,68	11,4	21,02
3,6	14,02	7,6	30,37	11,6	38,54
3,8	10,51	7,8	37,38	11,8	
4	4,67	8	15,18	12	
rd (Méd)	9,81	rd (Méd)	21,49	rd (Méd)	26,09



*=cm



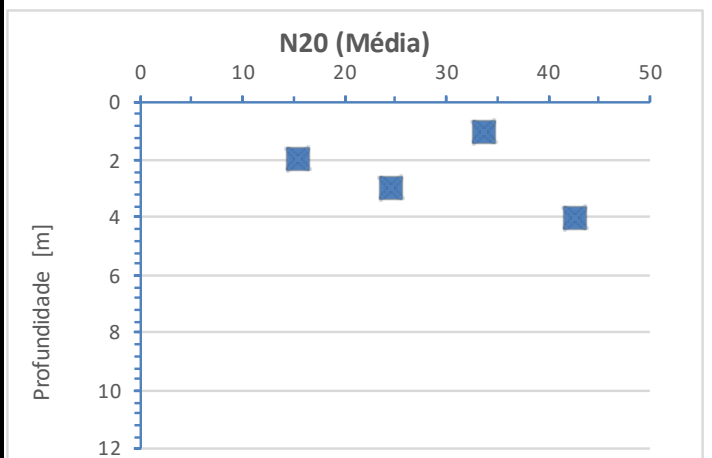
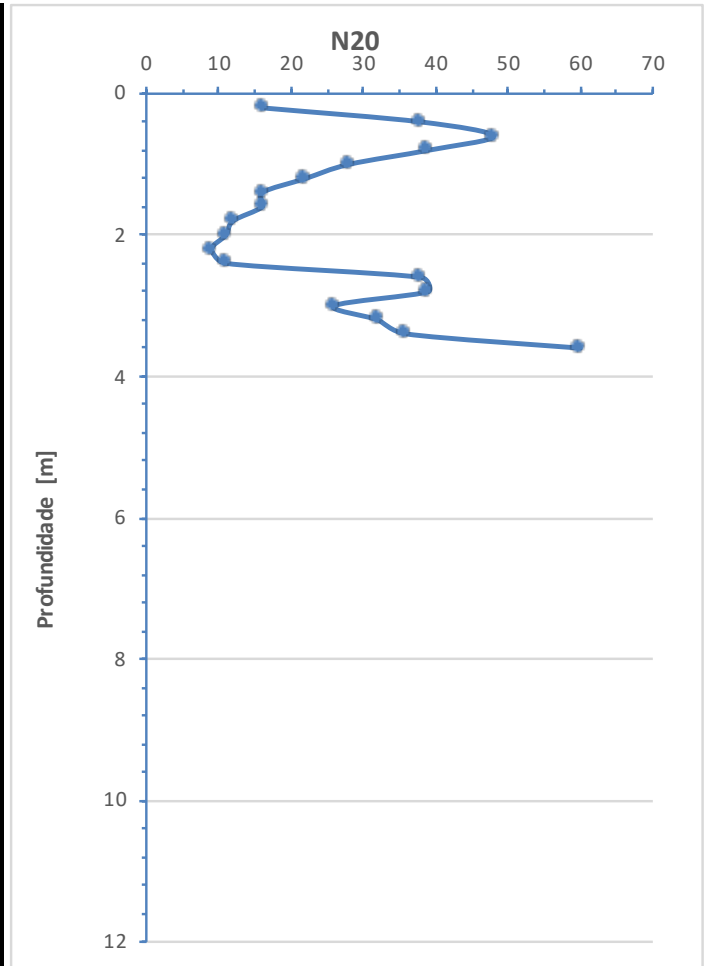
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaio de Penetração com DPSH

Posição:	5	Sondagem nº:	P5
Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):		
Data:	10/02/22	Nível de água:	Não detectado

Ciente:	GRAW MUSH - ENG.	Obra:	"CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"
		Local:	BENLHEVAI-VILA FLOR

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0,2	16	4,2		8,2	
0,4	38	4,4		8,4	
0,6	48	4,6		8,6	
0,8	39	4,8		8,8	
1	28	5		9	
N₂₀ (Méd)	33,8	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1,2	22	5,2		9,2	
1,4	16	5,4		9,4	
1,6	16	5,6		9,6	
1,8	12	5,8		9,8	
2	11	6		10	
N₂₀ (Méd)	15,4	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2,2	9	6,2		10,2	
2,4	11	6,4		10,4	
2,6	38	6,6		10,6	
2,8	39	6,8		10,8	
3	26	7		11	
N₂₀ (Méd)	24,6	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
3,2	32	7,2		11,2	
3,4	36	7,4		11,4	
3,6	60	7,6		11,6	
3,8		7,8		11,8	
4		8		12	
N₂₀ (Méd)	42,667	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!



*=18cm

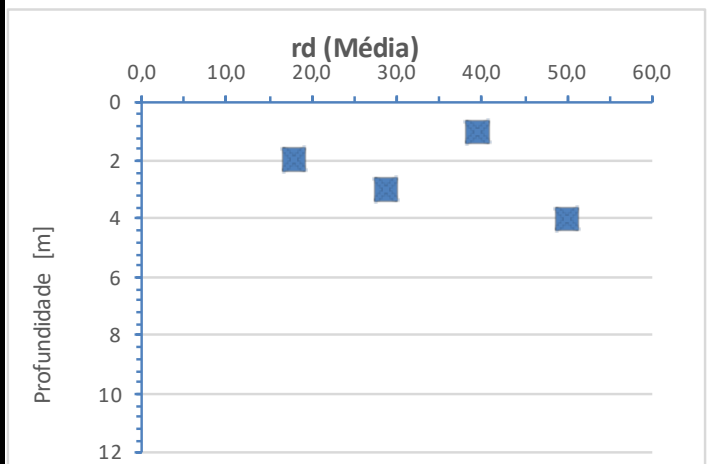
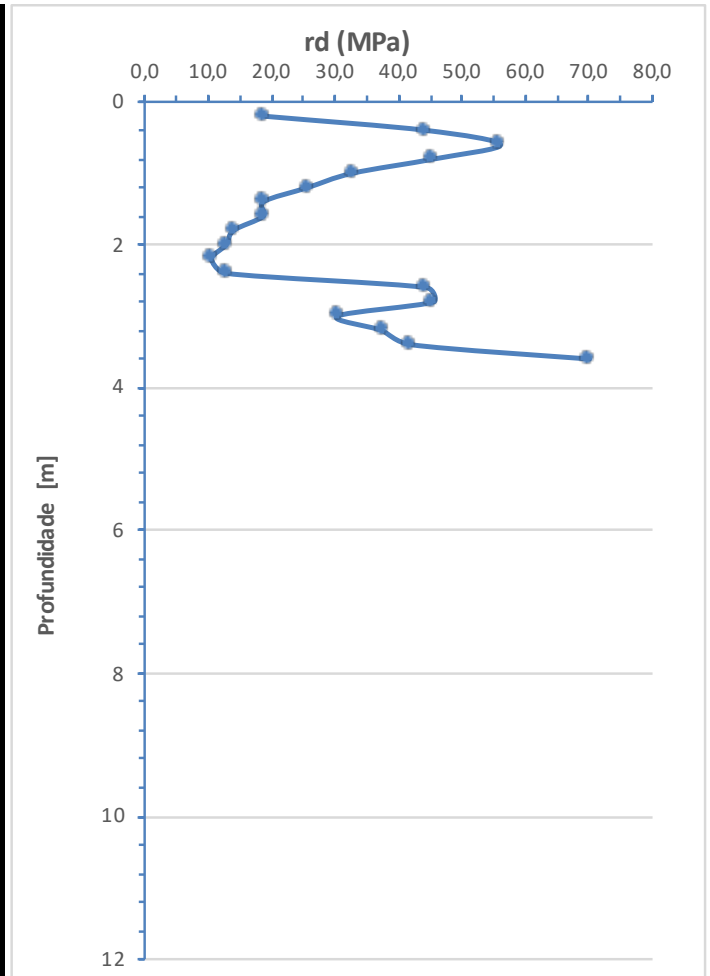


INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	3	Sondagem nº:	P3	
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:	
	Norte:			
	Elevação (Z):	606,35		
Data:	10/02/22	Nível de água:	Não detectado	
Cliente:	GRAW MUSH - ENG.		Obra:	"CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"
			Local:	BENLHEVAI-VILA FLOR

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0,2	18,69	4,2		8,2	
0,4	44,38	4,4		8,4	
0,6	56,06	4,6		8,6	
0,8	45,55	4,8		8,8	
1	32,70	5		9	
rd (Méd)	39,48	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
1,2	25,70	5,2		9,2	
1,4	18,69	5,4		9,4	
1,6	18,69	5,6		9,6	
1,8	14,02	5,8		9,8	
2	12,85	6		10	
rd (Méd)	17,99	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
2,2	10,51	6,2		10,2	
2,4	12,85	6,4		10,4	
2,6	44,38	6,6		10,6	
2,8	45,55	6,8		10,8	
3	30,37	7		11	
rd (Méd)	28,73	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
3,2	37,38	7,2		11,2	
3,4	42,05	7,4		11,4	
3,6	70,08	7,6		11,6	
3,8		7,8		11,8	
4		8		12	
rd (Méd)	49,83	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=18cm



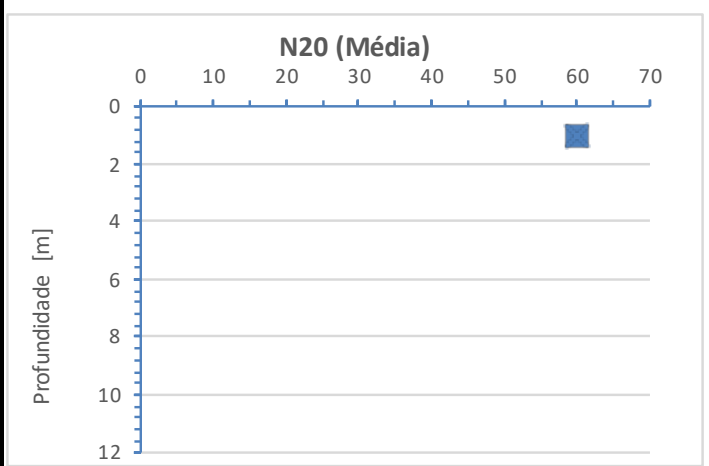
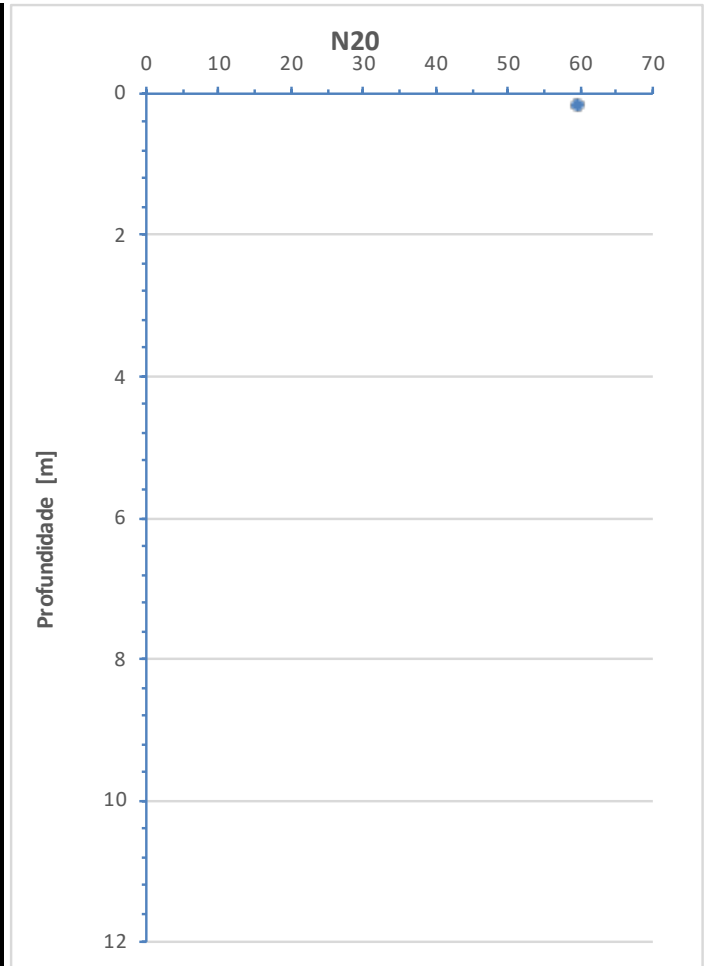
INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaio de Penetração com DPSH

Posição:	5	Sondagem nº:	P5
Coordenadas	Este		Esquerda do eixo:
	Norte:		
	Elevação (Z):		
Data:	10/02/22	Nível de água:	Não detectado

Ciente:	GRAW MUSH - ENG.	Obra:	"CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"
		Local:	BENLHEVAI-VILA FLOR

Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀	Z(m)	N ₂₀
0,2	60	4,2		8,2	
0,4		4,4		8,4	
0,6		4,6		8,6	
0,8		4,8		8,8	
1		5		9	
N₂₀ (Méd)	60	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
1,2		5,2		9,2	
1,4		5,4		9,4	
1,6		5,6		9,6	
1,8		5,8		9,8	
2		6		10	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	N₂₀ (Méd)	#DIV/0!
2,2		6,2		10,2	
2,4		6,4		10,4	
2,6		6,6		10,6	
2,8		6,8		10,8	
3		7		11	
N₂₀ (Méd)	#DIV/0!	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!



*=18cm

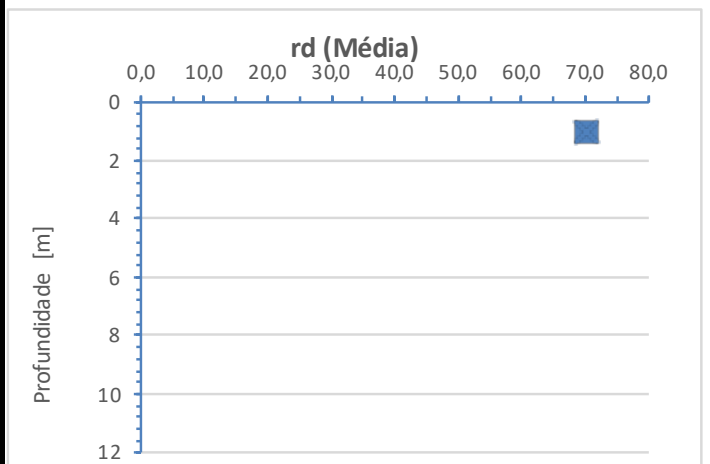
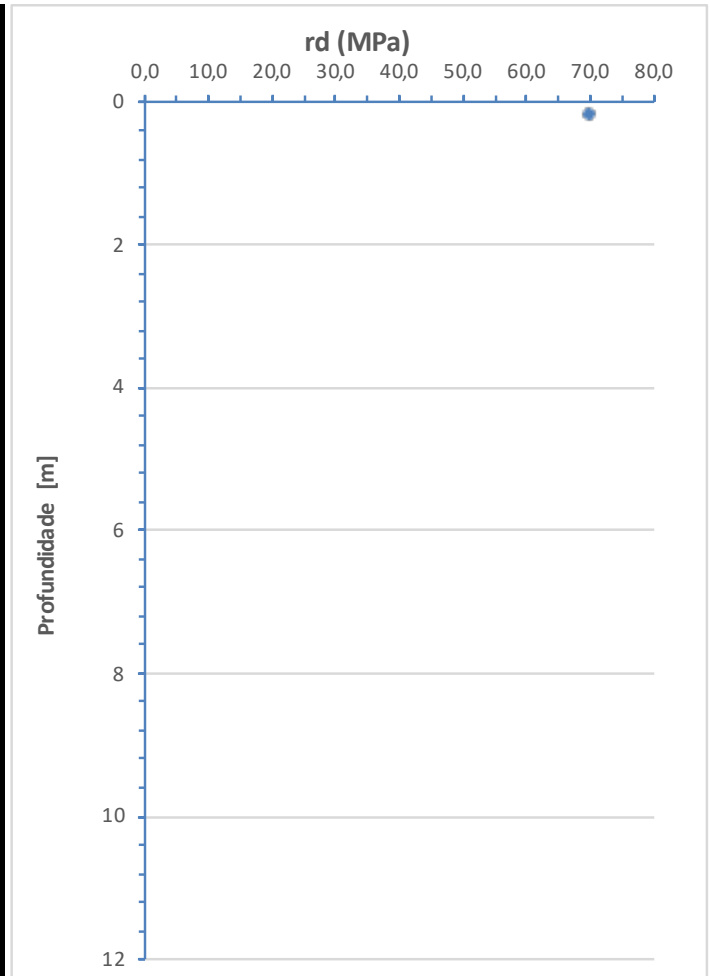


INSTITUTO POLITÉCNICO DE BRAGANÇA Escola Superior de Tecnologia e Gestão

Ensaios de Penetração com DPSH

Posição:	6	Sondagem nº:	P6	
Coordenadas	Este:		Direita do eixo:	
	Norte:			
	Elevação (Z):	606,15		
Data:	10/02/22	Nível de água:	Não detectado	
Cliente:	GRAW MUSH - ENG.		Obra:	"CENTRO DE COMPOSTAGEM - BENLHEVAI-VILA FLOR"
			Local:	BENLHEVAI-VILA FLOR

Z(m)	r _d	Z(m)	r _d	Z(m)	r _d
0,2	70,08	4,2		8,2	
0,4		4,4		8,4	
0,6		4,6		8,6	
0,8		4,8		8,8	
1		5		9	
rd (Méd)	70,08	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
1,2		5,2		9,2	
1,4		5,4		9,4	
1,6		5,6		9,6	
1,8		5,8		9,8	
2		6		10	
rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!
2,2		6,2		10,2	
2,4		6,4		10,4	
2,6		6,6		10,6	
2,8		6,8		10,8	
3		7		11	
rd (Méd)	#DIV/0!	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)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!	rd (Méd)	#DIV/0!



*=18cm