

ENSAIO TRIAXIAL - CID

ASTM D 7181

- RELATÓRIO -

Requerente: MOTA-ENGIL, Engenharia SA

Refª: S32-P69.1

Profundidade: 12,50-13,50 m

Classificação: Areia argilosa

Estado: Intacta

Tipo de ensaio: Triaxial - CID

RELATÓRIO DE ENSAIO TRIAXIAL

Características do equipamento:

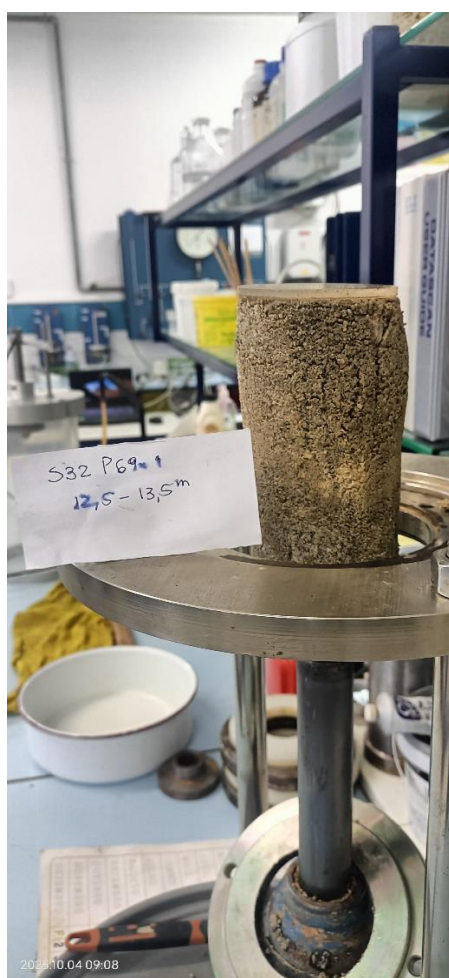
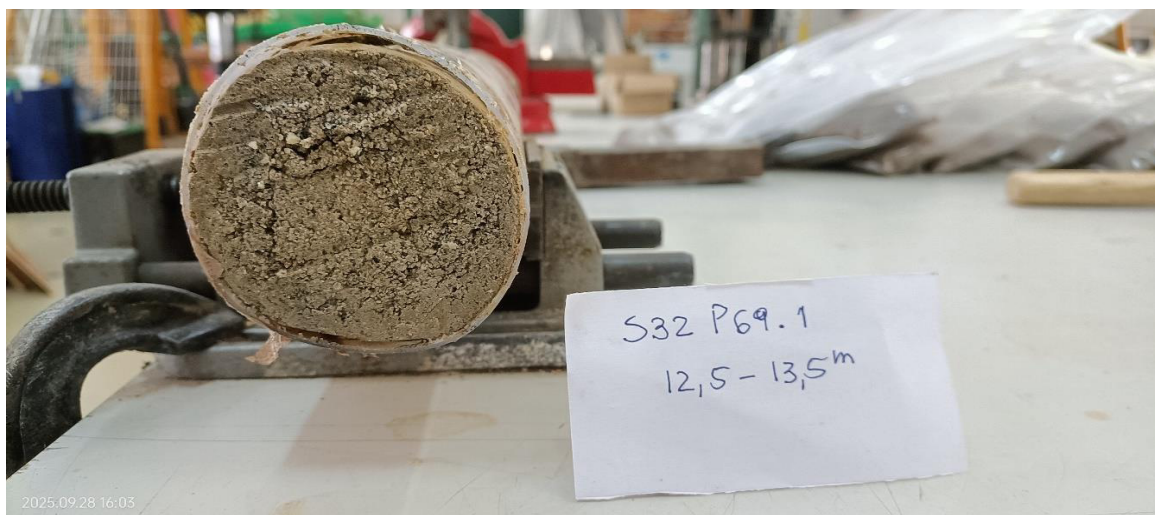
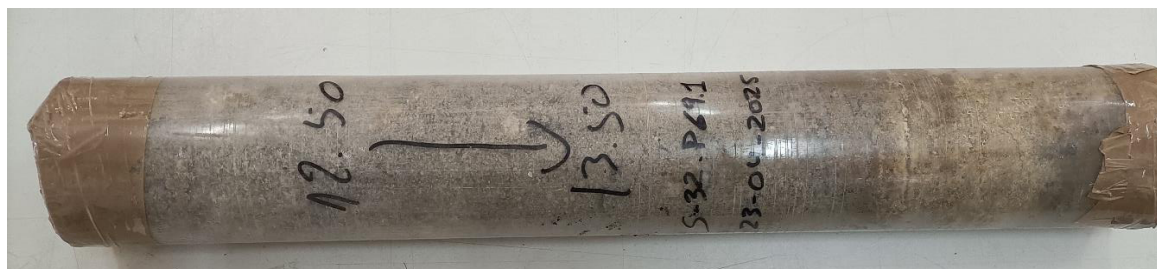
Estação Triaxial nº	1	
Diâmetro médio das amostras; $\varnothing$ =	72,0	(mm)
Área média das secções; A =	4071,50	(mm ²)
Altura média dos provetes; H =	134,67	(mm)

Equipamento de ensaio : Célula triaxial, com controlo automático das tensões e leitura automatizada de todos os dispositivos de leitura.

Tipo de registo	Automático	
Atuadores pressão ELDPC - GDS	3	1000 kPa
Capacidade vol. do atuador	1	200 cc
Transdutor de deslocamento externo	1	25 mm
Célula de carga submersível	1	10 MPa
Prensa GDSLF50	1	50 kN

Designação dos ensaios : CIU - Consolidados não drenados, com medição de pressões intersticiais





Propriedades dos provetes:

Proвете	σ'_{cons} (kPa)	H_i (mm)	ϕ_i (mm)	γ (kN/m ³)	γ_d (kN/m ³)	e_0	S_0 (%)
A	100	134,0	72,0	18,43	14,22	0,841	93,77
B	200	135,0	72,0	18,38	14,24	0,839	92,45
C	400	135,0	72,0	18,58	14,29	0,833	96,13

Fase de saturação dos provetes

Procedimento :

Fase 1 - Aplicação de uma percolação ascendente de água durante cerca de 20 min para remoção das bolhas de ar de maior dimensão. Condições de ensaio:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{cam}} &= 30 \text{ kPa} \\ u_{(\text{base})} &= 10 \text{ kPa} \\ u_{(\text{topo})} &= 0 \text{ kPa} \quad (\text{saída para a atmosfera})\end{aligned}$$

Fase 2 - Foi utilizada uma bomba de vácuo ligada à linha da contrapressão (topo do provete), aplicando-se uma deflexão de 550 torr, mantendo-se na linha da pressão intersticial (base do provete) uma pressão de 10 kPa, durante 30 minutos, para facilitar a saturação completa do provete.

Fase 2 - Aplicação de uma contrapressão (u_{back}) mínima de 300 kPa, de um modo sequencial (30kPa/h) de modo a garantir uma tensão efectiva de 25 kPa. Estas condições foram mantidas até o provete se considerar saturado.

Proвете	σ'_{cons} (kPa)	Condições iniciais			Saturação		
		H_i (mm)	ϕ_i (mm)	w_i (%)	u_{back} (kPa)	B	Condição
A	100	134,0	72,0	29,55	300,0	0,960	OK
B	200	135,0	72,0	12,12	299,0	0,960	OK
C	400	135,0	72,0	11,74	299,0	0,939	OK

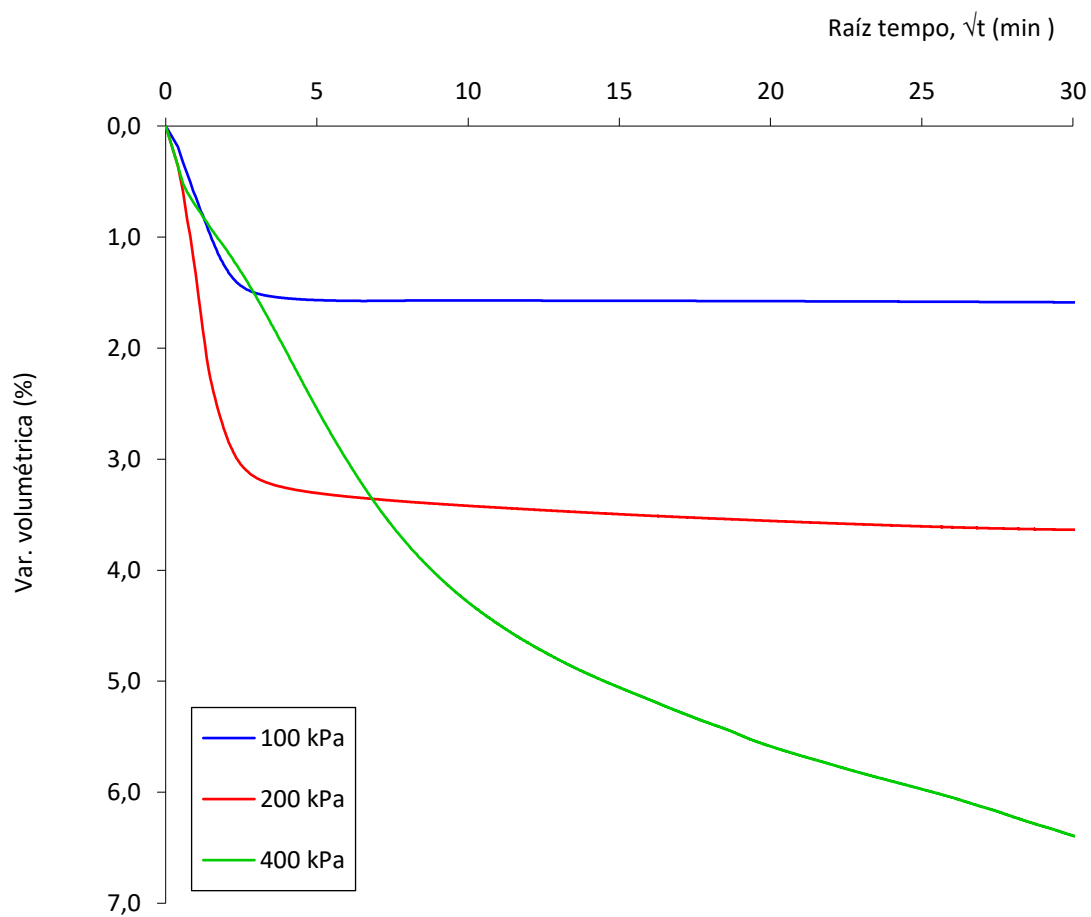
Fase de consolidação

Tipo de consolidação : Isotrópica

Procedimento :

Aplicação do acréscimo de pressão na câmara num único incremento. A drenagem do excesso de pressão intersticial foi efectuada por ambas as extremidades do provete de modo a acelerar o processo de dissipação do excesso de pressão neutra. Durante esta fase mediu-se a variação de volume ao longo do tempo. Considerou-se que a consolidação terminou quando a variação volumétrica era inferior a 5mm³ em 5 min.

Proвете	Tensões			Resultados			
	σ_{cam} (kPa)	u_{back} (kPa)	σ'_{cons} (kPa)	ε_{vol} (%)	t_{90} (min)	m_v (kPa ⁻¹)	C_v (m ² /ano)
A	399	299	100	1,59	6,503	1,59E-04	307,7
B	499	300	199	3,65	4,000	1,82E-04	507,7
C	699	300	399	6,60	90,250	1,65E-04	22,5



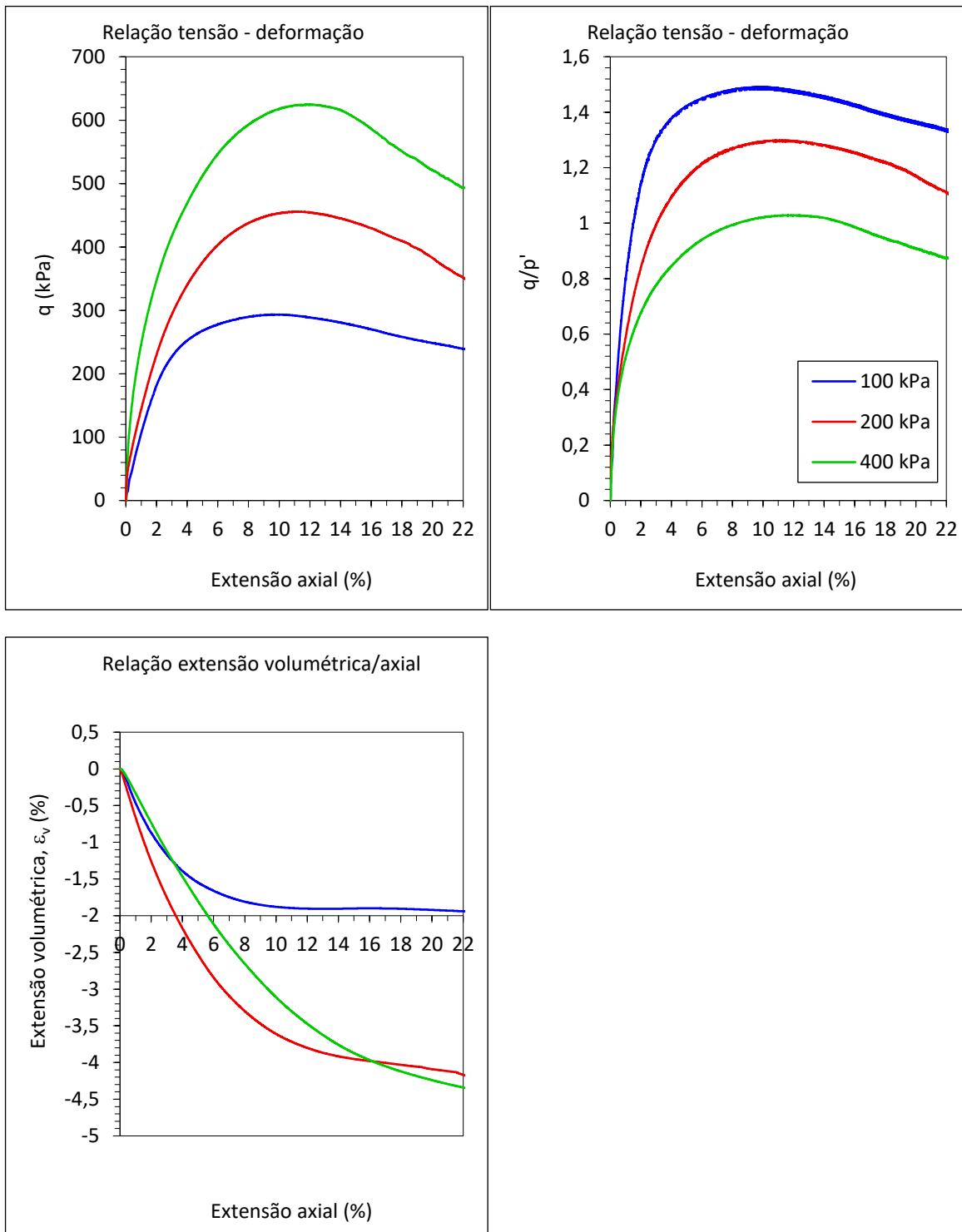
Fase de corte

Trajectória de tensões : **Compressão com aumento da tensão média**

Tipo de drenagem : **Não drenado com medição de pressões intersticiais**

Vel. de corte (mm/min) : **0,07**

Tipo de corte : **Deformação controlada**

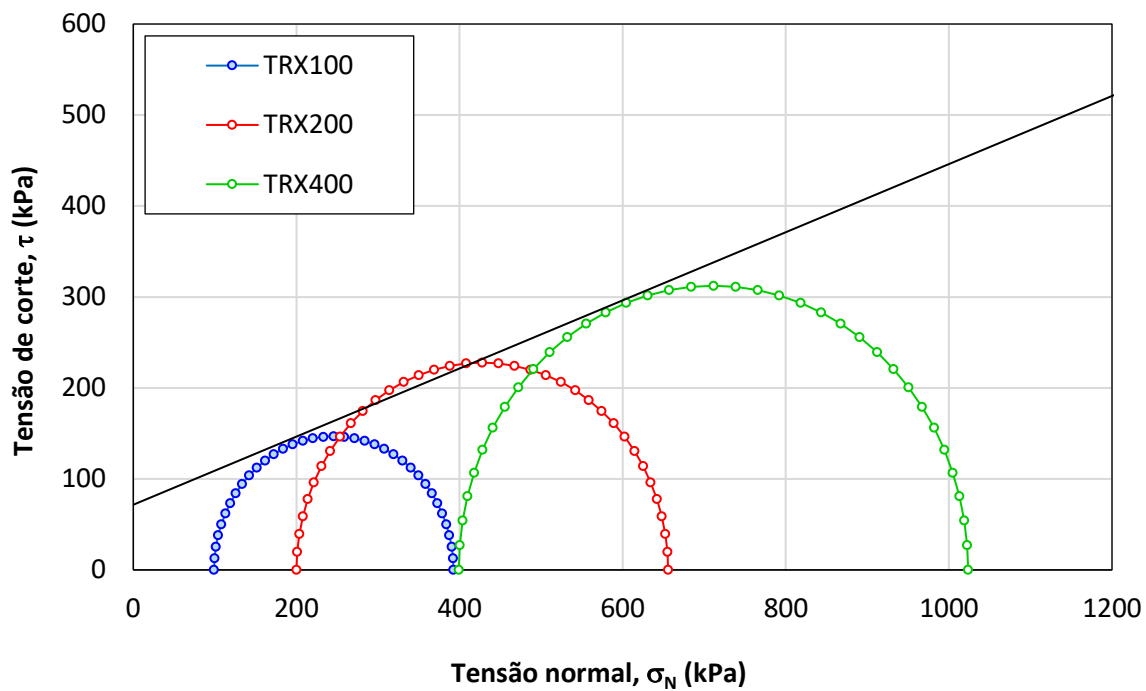


Parâmetros de resistência ao corte:

Critério de rotura = $q_{\text{máx}}$

Provete	σ'_{cons} (kPa)	σ'_{1f} (kPa)	σ'_{3f} (kPa)	ε_{af} (%)
A	100	392,5	99,0	9,53
B	200	655,7	200,0	11,26
C	400	1023,6	399,0	11,71

Representação no Modelo de Mohr-Coulomb



Parâmetros de resistência

Tensões efetivas

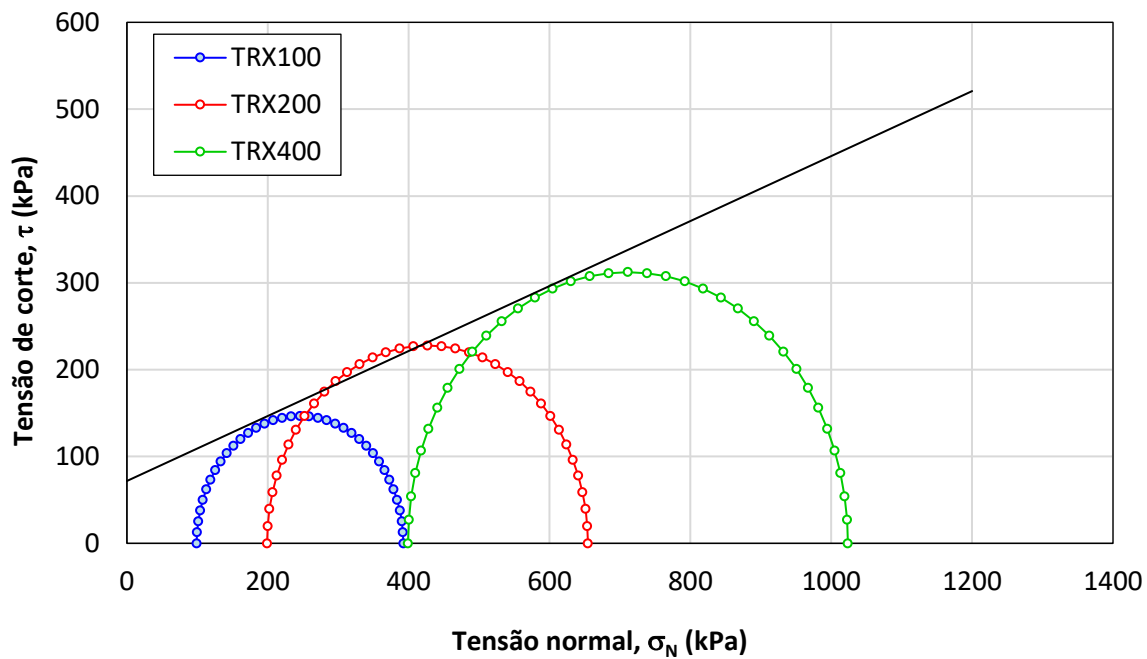
c' (kPa) =	71,7
ϕ' (°) =	20,5

Parâmetros de resistência ao corte:

Critério de rotura = $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{\text{máx}}$

Provete	σ'_{cons} (kPa)	σ'_{1f} (kPa)	σ'_{3f} (kPa)	ε_{af} (%)
A	100	392,5	99,0	9,53
B	200	654,6	199,0	11,14
C	400	1023,6	399,0	11,71

Representação no Modelo de Mohr-Coulomb



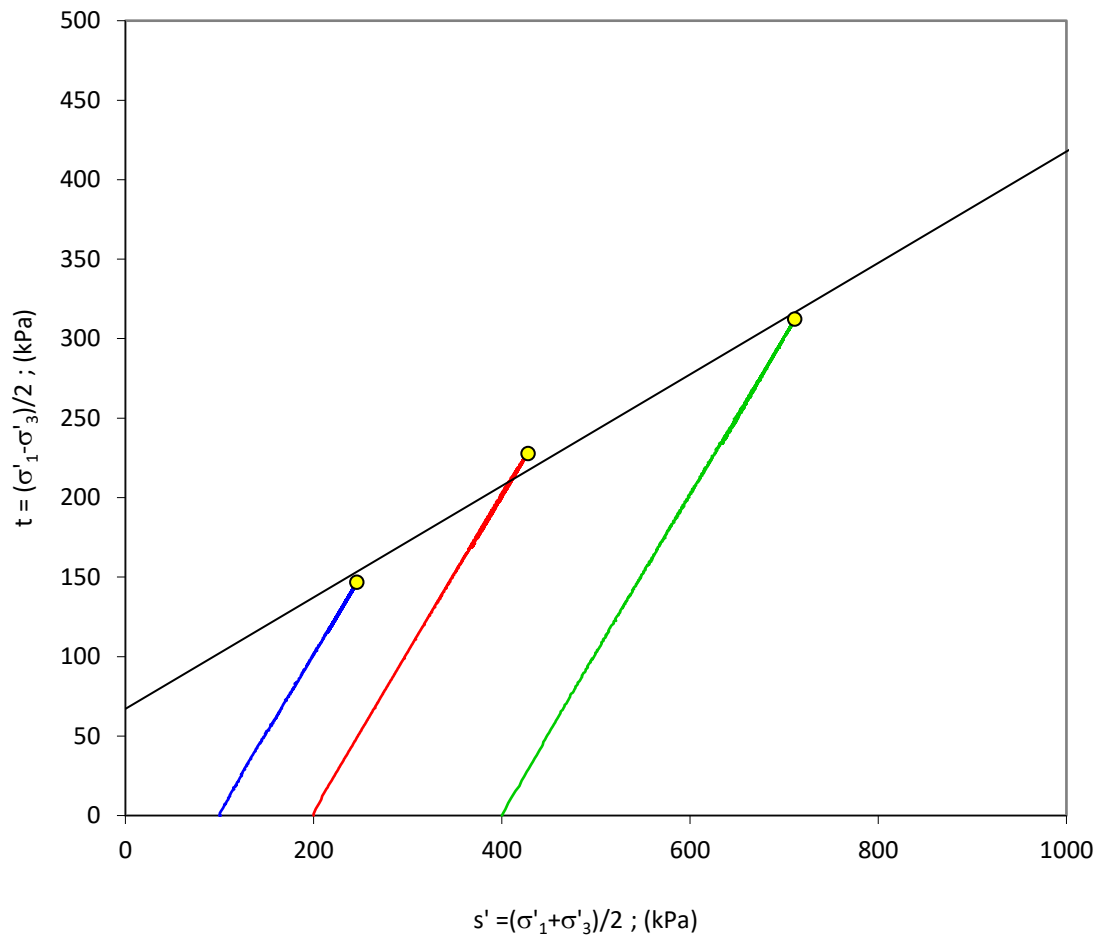
Parâmetros de resistência

Tensões efetivas

c' (kPa) =	71,9
ϕ' (°) =	20,5

Parâmetros de resistência ao corte:

TRAJETÓRIA DAS TENSÕES NO ESPAÇO $t - s'$



Critério de rotura = $q_{máx}$

$m = 0,351$

a (kPa) = 67,11

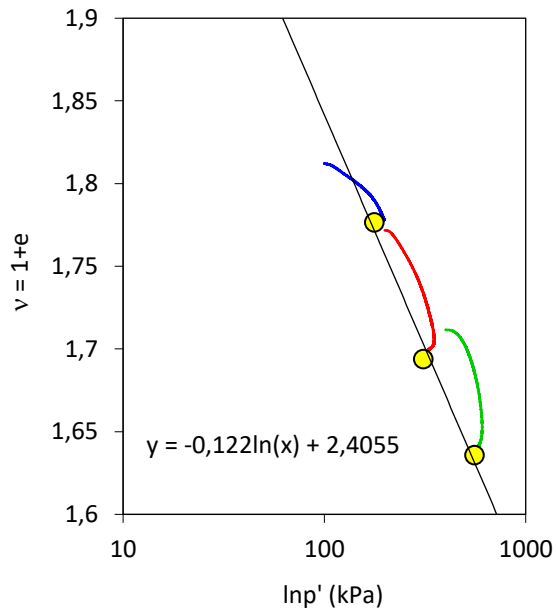
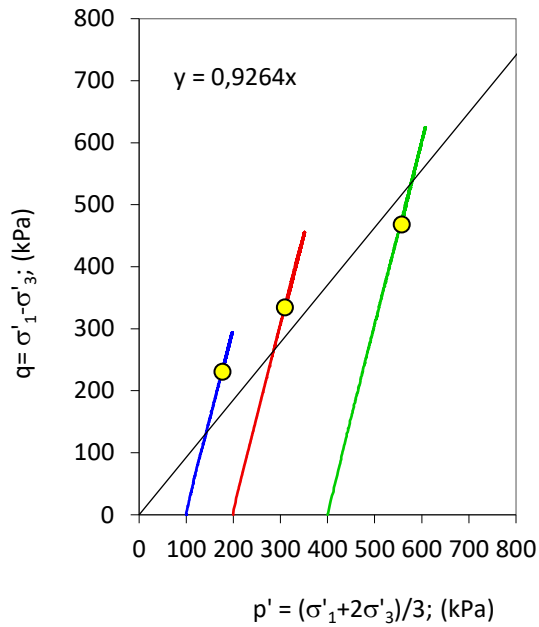
Critério de rotura = $(\sigma'_1/\sigma'_3)_{máx}$

$m = 0,350$

a (kPa) = 67,32

Estado Crítico

Provete	σ'_{cons} (kPa)	w_f (%)	$(\sigma'_1/\sigma'_3)_{cs}$	q_{cs}		Estado Crítico
				p' (kPa)	q (kPa)	$v = (1+e)$
A	100	30,3	3,35	176,9	230,6	1,777
B	200	28,3	2,69	309,6	334,7	1,694
D	400	26,9	2,17	557,1	468,3	1,636



Termo dependente M =	0,926
sin a (°) =	0,40
Termo indep. - a (kPa) =	0,00

Estado Crítico

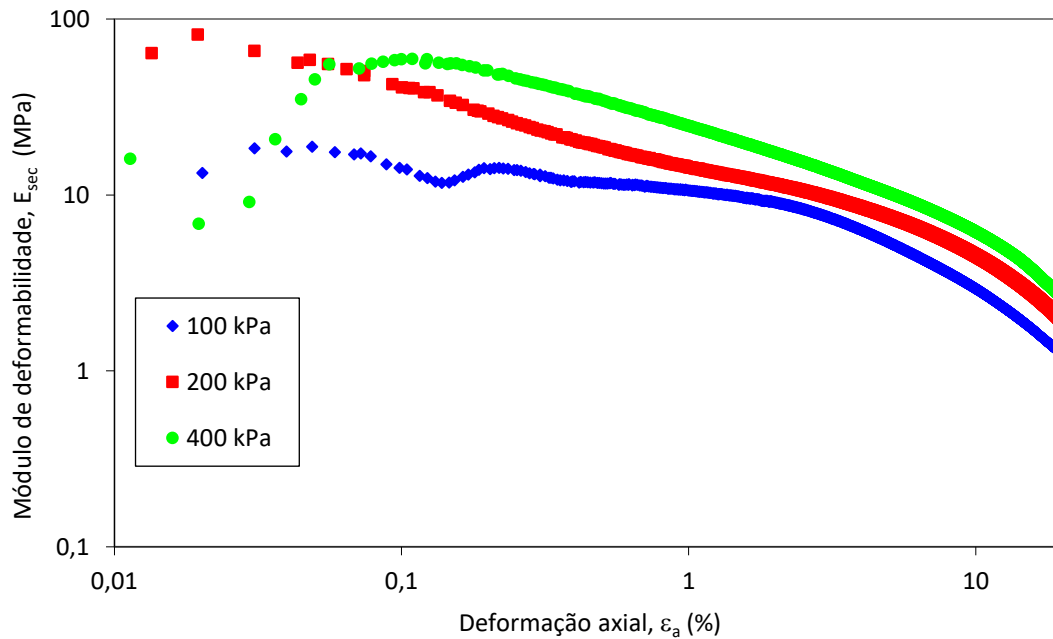
c' (kPa) =	0,0
ϕ' (°) =	23,7
M =	0,926

Γ =	2,406
λ =	0,122

Características de deformabilidade

Módulo de deformabilidade secante

Provete	σ'_{cons} (kPa)	E_0 (MPa)	$E_{30\%}$ (MPa)	$E_{50\%}$ (MPa)	$E_{75\%}$ (MPa)
A	100	18,78	11,00	9,81	7,85
B	200	81,56	14,82	11,53	8,47
D	400	59,19	31,92	19,48	11,74



Assinado por: **Carlos Manuel Gonçalves Rodrigues**
Data: 2025.11.21 07:30:47+00'00'



Guarda, 7 de novembro de 2025

O diretor do Laboratório de Geotecnia do IPG
Carlos Rodrigues
Especialista em Geotecnia OE nº 27410
Doutor em Engenharia Civil FCTUC

ANÁLISE GRANULOMÉTRICA POR PENEIRAÇÃO HÚMIDA (LNEC - E 239 - 1970)

- RELATÓRIO -

Requerente: MOTA-ENGIL, Engenharia S.A.

Classificação: Areia argilosa

Amostra: S32-P69.1

Profundidade: (12,5-13,5 m)

Análise Granulométrica
Amostra: S32-P69.1 (12,5-13,5 m)

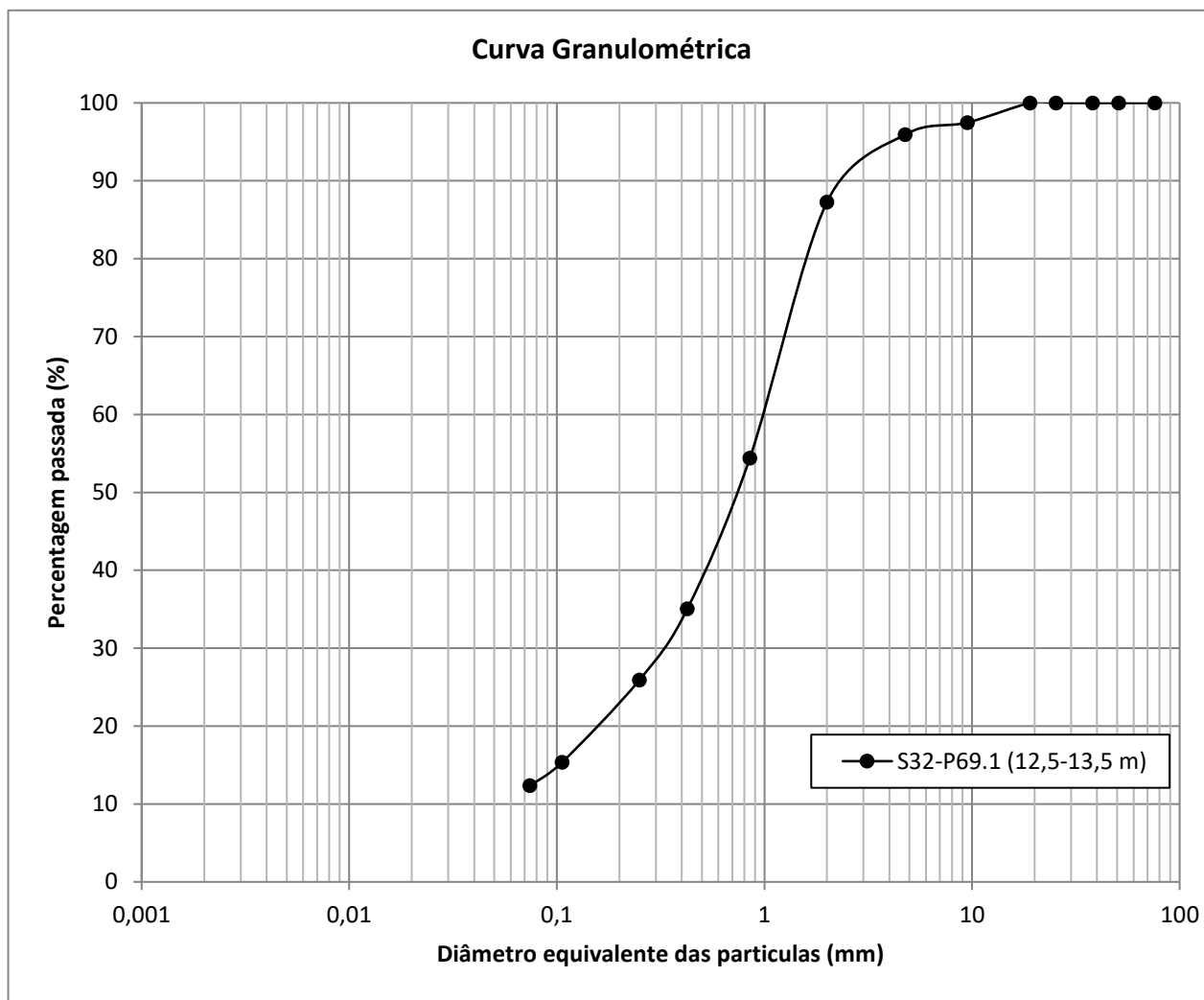
Peso total da amostra	$m_t =$	350,82
Peso retido no peneiro de 2,00 mm (nº 10)	$m_{10} =$	44,71
Peso passado no peneiro de 2,00 mm (nº 10)	$m'_{10} =$	306,11

PENEIRAÇÃO

FRACÇÃO RETIDA NO PENEIRO DE 2,00 mm (Nº10)				
Peneiros (mm)	Peso retido (g) (m_x)	% retida no peneiro $N_x = (m_x/m_t) \times 100$	% 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")	0,00	0,00	0,00	100,00
38,1 (1 1/2")	0,00	0,00	0,00	100,00
25,4 (1")	0,00	0,00	0,00	100,00
19,0 (3/4")	0,00	0,00	0,00	100,00
9,51 (3/8")	8,84	2,52	2,52	97,48
4,76 (nº4)	5,41	1,54	4,06	95,94
2,00 (nº10)	30,46	8,68	12,74	87,26

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2,00 mm (Nº10)					
Massa da amostra a ensaiar, m_a (g) =		100,18			
Teor de humidade da amostra a ensaiar, W_a (%) =		0,45			
Massa de solo após pré-tratamento, m_b (g) =		99,74			
Percentagem de material retido no nº 10 ; $N'_{10} =$		12,74			
$N''_{10} = (m'_{10}/m_t) \times 100 =$		87,26			
Peneiros	Peso retido (g) (m_x)	% retida no peneiro $n'_x = (m_x/m_b) \times 100$	% retida acumulada	% acumulada passada n''_x	% acum. passada (total) $N''_x = n''_x * ((100 - N'_{10}) / 100)$
0.850 (nº20)	37,58	37,68	37,68	62,32	54,38
0.425 (nº40)	22,11	22,17	59,85	40,15	35,03
0.250 (nº60)	10,41	10,44	70,29	29,71	25,93
0.106 (nº140)	12,09	12,12	82,41	17,59	15,35
0.074 (nº200)	3,44	3,45	85,86	14,14	12,34

Análise Granulométrica
Amostra: S32-P69.1 (12,5-13,5 m)



D10 = -
D30 = -
D60 = -

Coefficiente de Uniformidade; C_u = -
Coefficiente de Curvatura; C_c = -

Guarda, 30 de outubro de 2025

Assinado por: **Carlos Manuel Gonçalves Rodrigues**
Data: 2025.11.21 07:28:22+00'00'



O Director do Laboratório de Geotecnia do IPG
(Prof. Doutor Carlos Rodrigues)

DETERMINAÇÃO DO TEOR EM ÁGUA NATURAL

NP - 84 (1965)

-RELATÓRIO-

Requerente: MOTA-ENGIL, Engenharia S.A. **Classificação:** Areia argilosa
Amostra: S32-P69.1
Profundidade (m): (12,5-13,5 m)

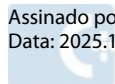
TEOR EM ÁGUA
Amostra: S32-P69.1 (12,5-13,5 m)

Cápsula n.º =	4	18	10
Peso da cápsula (g) =	270,17	270,24	287,77
Peso da cápsula + solo húmido (g) =	1353,61	1354,04	1396,74
Peso da cápsula + solo seco (g) =	1195,86	1195,86	1250,70
Peso de água (g) =	157,75	158,18	146,04
Peso de solo (g) =	925,69	925,62	962,93
Teor em água (%) =	17,04	17,09	15,17

Teor em água natural (%) =	16,43
----------------------------	-------

Assinado por: **Carlos Manuel Gonçalves Rodrigues**

Data: 2025.11.21 07:29:31+00'00'



Guarda, 11 de novembro de 2025



O director do Laboratório de Geotecnia do IPG
(Prof. Doutor Carlos Rodrigues)

DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE CONSISTÊNCIA

-RELATÓRIO-

Requerente: MOTA-ENGIL, Engenharia S.A.

Classificação: Areia argilosa

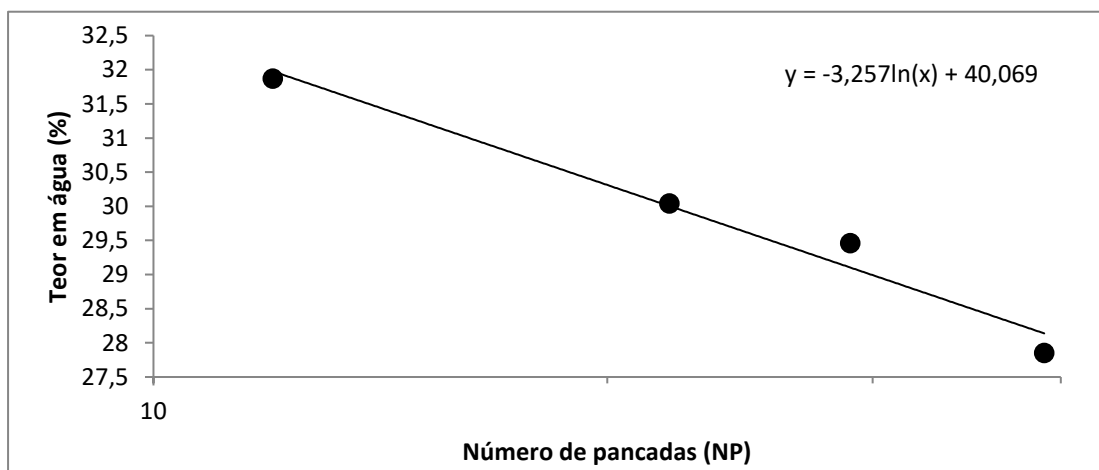
Amostra: S32-P69.1

Profundidade: (12,5-13,5 m)

DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE LIQUIDEZ

ENSAIO: NP - 143 (1969)

Número de pancadas	12	22	29	39
Cápsula n.º	10	17	12	15
Massa da cápsula (g)	24,95	25,29	24,85	25,08
Massa da cápsula+solo húmido (g)	32,15	31,61	31,09	30,91
Massa da cápsula+solo seco (g)	30,41	30,15	29,67	29,64
Teor de humidade (%)	31,87	30,04	29,46	27,85



DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE PLASTICIDADE

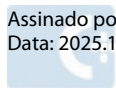
Cápsula n.º	23	24	25	26
Massa da cápsula (g)	25,39	25,36	25,34	25,29
Massa da cápsula+solo húmido (g)	28,21	30,26	30,54	30,48
Massa da cápsula+solo seco (g)	27,70	29,40	29,60	29,54
Teor de humidade (%)	22,08	21,29	22,07	22,12

LIMITES DE CONSISTÊNCIA:

Limite de liquidez (LL)	29,59
Limite de Plasticidade (LP)	21,89
Índice de Plasticidade (IP)	7,70

Guarda, 29 de outubro de 2025

Assinado por: **Carlos Manuel Gonçalves Rodrigues**
Data: 2025.11.21 07:30:03+00'00'



O director do Laboratório de Geotecnia do IPG
(Prof. Doutor Carlos Rodrigues)



DETERMINAÇÃO DO VALOR DE AZUL DE METILENO

NF P 94-068

-RELATÓRIO-

Requerente: MOTA-ENGIL, Engenharia S.A.

Classificação: Areia argilosa

Amostra: S32-P69.1

Profundidade: (12,5-13,5 m)

VALOR DE AZUL DE METILENO
Amostra: S32-P69.1 (12,5-13,5 m)

D _{máx} (mm)	9,510
-----------------------	-------

Teor em água da amostra (%)	0,45
Massa de amostra a ensaiar (g)	66,92
Massa de amostra seca a ensaiar (g)	66,62
Volume de azul de metileno (ml)	10
Massa de azul de metileno (g)	0,09
Proporção da fração 0/5 na fração 0/50	95,94

Valor de azul de metileno, VBS (g/100 g solo)	0,13
---	------

Assinado por: **Carlos Manuel Gonçalves
Rodrigues**
Data: 2025.11.21 07:31:44+00'00'

Guarda, 30 de outubro de 2025



O director do Laboratório de Geotecnia do IPG
(Prof. Doutor Carlos Rodrigues)

QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO

AMOSTRA	Prof. (m)	Passado	Passado	Passado	Passado	Limites de consistência			Cu	Cc
		#4	#10	#40	#200	LL	LP	IP		
S32-P69.1	12,50-13,5	95,94	87,26	35,03	12,34	29,59	21,89	7,70	-	-
S02-Tu-CAS	4,10-4,70	100,00	99,49	69,09	19,02	38,18	35,51	2,67	-	-
S02-Tu-CAS	10.50-11.10	99,42	96,99	82,64	39,73	49,53	42,84	6,69	-	-
S03-Tu-CAS	4.50-5,10	92,35	85,52	56,80	34,51	27,65	22,67	4,98	-	-
S01-Tu-VNG	5,00-6,00	99,07	83,47	52,71	32,06	45,28	39,12	6,16	-	-

AMOSTRA	Prof. (m)	USCS	AASHTO	% seixo	% areia	% finos	Nome do grupo USCS
S32-P69.1	12,50-13,5	SC	A-2-4	4,06	83,60	12,34	areia argilosa
S02-Tu-CAS	4,10-4,70	SM	A-2-4	0,00	80,98	19,02	areia siltosa
S02-Tu-CAS	10.50-11.10	SM	A-5	0,58	59,69	39,73	areia siltosa
S03-Tu-CAS	4.50-5,10	SM	A-2-4	7,65	57,84	34,51	areia siltosa
S01-Tu-VNG	5,00-6,00	SM	A-2-5	0,93	67,01	32,06	areia siltosa