

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

- RELATÓRIO -

Requerente: MOTA-ENGIL, Engenharia S.A.

Identificação: Areia siltosa

Amostra: S3-PzTu-VNG

Profundidade: (5,00-6,00 m)

Análise Granulométrica
Amostra: S3-FzTu-VNG (5,00-6,00 m)

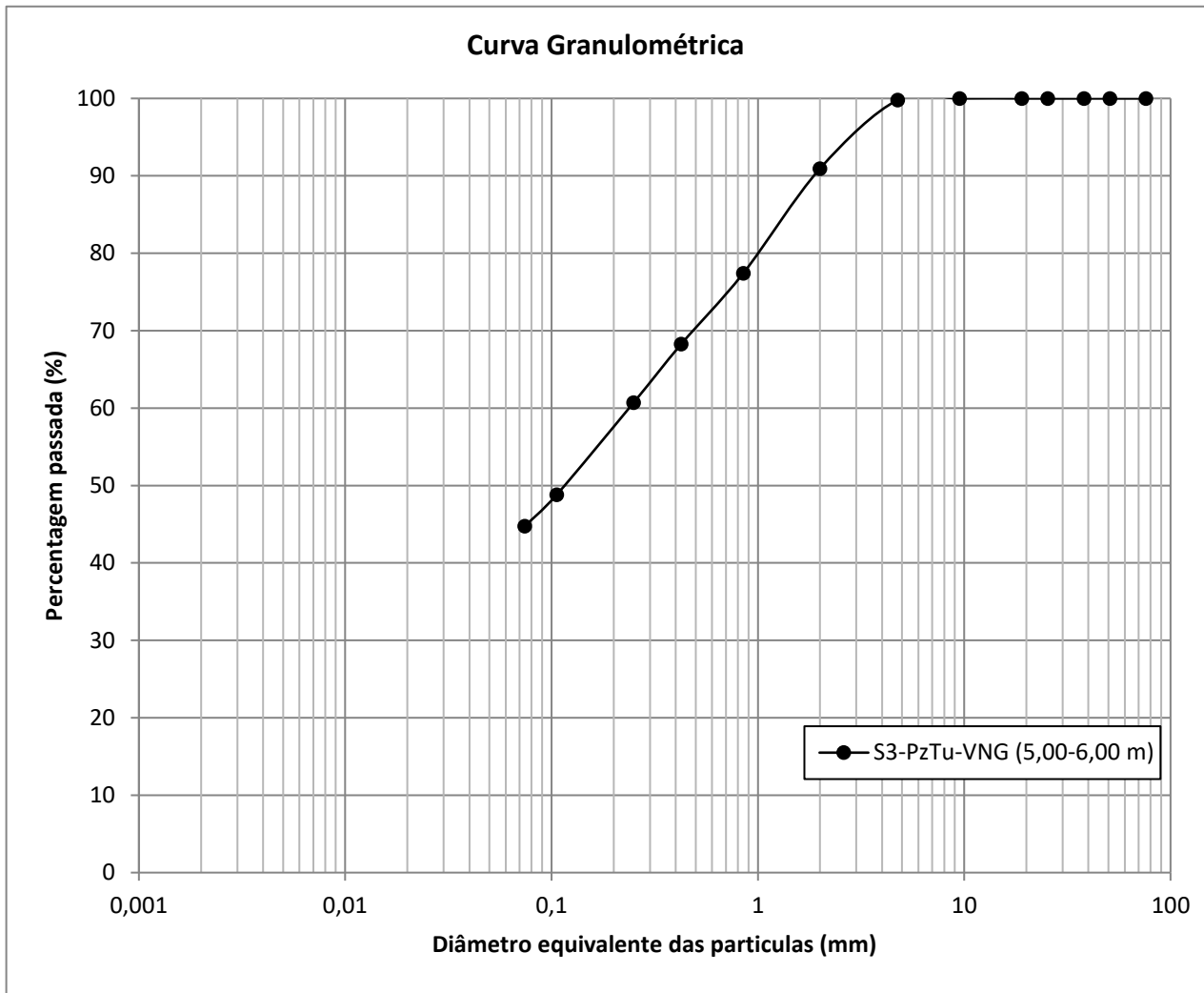
Peso total da amostra	$m_t =$	350,3
Peso retido no peneiro de 2,00 mm (nº 10)	$m_{10} =$	31,75
Peso passado no peneiro de 2,00 mm (nº 10)	$m'_{10} =$	318,55

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")	0,00	0,00	0,00	100,00
4,76 (nº4)	0,71	0,20	0,20	99,80
2,00 (nº10)	31,04	8,86	9,06	90,94

FRACÇÃO PASSADA NO PENEIRO DE 2,00 mm (Nº10)					
Massa da amostra a ensaiar, m_a (g) =		100,45			
Teor de humidade da amostra a ensaiar, W_a (%) =		0,50			
Massa de solo após pré-tratamento, m_b (g) =		99,95			
Percentagem de material retido no nº 10 ; $N'_{10} =$		9,06			
$N''_{10} = (m'_{10}/m_t) \times 100 =$		90,94			
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)	14,86	14,87	14,87	85,13	77,42
0.425 (nº40)	10,06	10,06	24,93	75,07	68,26
0.250 (nº60)	8,3	8,30	33,24	66,76	60,71
0.106 (nº140)	13,07	13,08	46,31	53,69	48,82
0.074 (nº200)	4,48	4,48	50,79	49,21	44,75

Análise Granulométrica
Amostra: S3-FzTu-VNG (5,00-6,00 m)



D10 = -
D30 = -
D60 = -

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

Assinado por: **Carlos Manuel Gonçalves Rodrigues**
Data: 2025.08.07 16:16:03+01'00'

Guarda, 4 de agosto 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.

Identificação: Areia siltosa

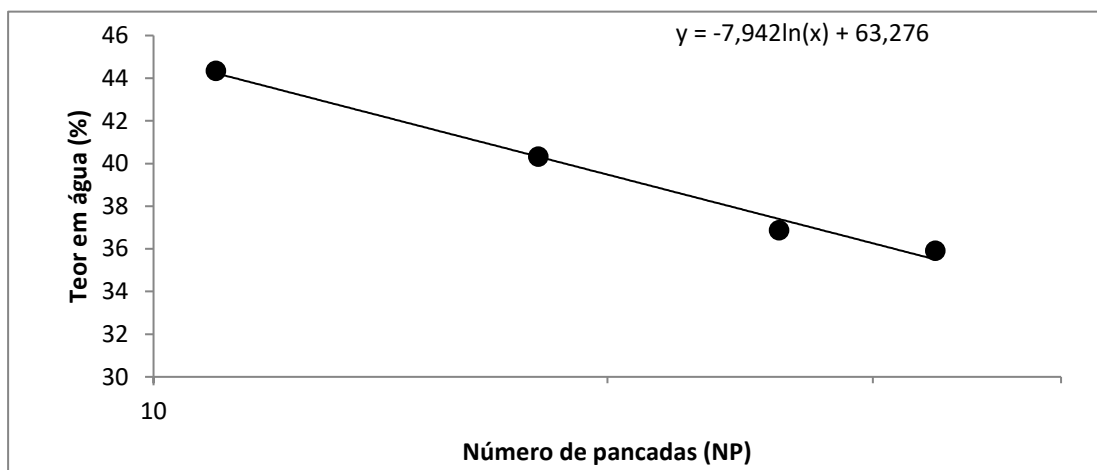
Amostra: S3-PzTu-VNG

Profundidade: (5,00-6,00 m)

DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE LIQUIDEZ

ENSAIO: NP - 143 (1969)

Número de pancadas	11	18	26	33
Cápsula n.º	11	7	10	4
Massa da cápsula (g)	25,55	25,27	24,99	25,13
Massa da cápsula+solo húmido (g)	30,27	32,23	32,71	32,51
Massa da cápsula+solo seco (g)	28,82	30,23	30,63	30,56
Teor de humidade (%)	44,34	40,32	36,88	35,91



DETERMINAÇÃO DO LIMITE DE PLASTICIDADE

Cápsula n.º	5	9	8	3
Massa da cápsula (g)	25,27	25,51	24,96	25,58
Massa da cápsula+solo húmido (g)	27,06	27,56	26,92	27,32
Massa da cápsula+solo seco (g)	26,63	27,07	26,44	26,90
Teor de humidade (%)	31,62	31,41	32,43	31,82

LIMITES DE CONSISTÊNCIA:

Limite de liquidez (LL)	37,71
Limite de Plasticidade (LP)	31,82
Índice de Plasticidade (IP)	5,89

Assinado por: **Carlos Manuel Gonçalves Rodrigues**
Data: 2025.08.07 16:16:44+01'00'

Guarda, 4 de agosto de 2025



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. **Identificação:** Areia siltosa
Amostra: S3-PzTu-VNG
Profundidade (m): [5,00-6.00 m]

TEOR EM ÁGUA
Amostra: S3-PzTu-VNG (5,00-6,00 m)

Cápsula n.º =	3	18	10
Peso da cápsula (g) =	283,32	270,16	285,72
Peso da cápsula + solo húmido (g) =	1306,48	1324,29	1348,89
Peso da cápsula + solo seco (g) =	1084,58	1107,55	1148,17
Peso de água (g) =	221,90	216,74	200,72
Peso de solo (g) =	801,26	837,39	862,45
Teor em água (%) =	27,69	25,88	23,27

Teor em água natural (%) =	25,62
----------------------------	-------

Assinado por: **Carlos Manuel
Gonçalves Rodrigues**
Data: 2025.08.07 16:24:17+01'00'

Guarda, 28 de julho de 2025



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

DENSIDADE DAS PARTÍCULAS SÓLIDAS

- RELATÓRIO -

Norma Portuguesa: NP 83

Requerente: MOTA-ENGIL, Engenharia S.A.

Identificação: Areia siltosa

Amostra: S3-PzTu-VNG

Profundidade: (5,00-6,00 m)

DENSIDADE DAS PARTÍCULAS SÓLIDAS

Número do picn.	52	55	60
tº de Calib Pic.	23	25	23
d_4^{t1}	0,99757	0,99708	0,99757
m_1 (g)	46,19	43,06	43,24
m_2 (g)	147,22	144,85	145,16
tx tº de ensaio	26	26	26
d_4^{tx}	0,99681	0,99681	0,99681
d_4^{tx} / d_4^{t1}	0,999238	0,999729	0,999238

m1 - massa do picnómetro

m2 - massa do picnómetro cheio de água, à tº de calibração

Número do picn.	52	55	60
m_3 (g)	147,14	144,82	145,08
m_4 húmido	21,15	24,88	26,10
m_4 seco	21,081	24,799	26,015
m_5	160,32	160,33	161,25
k	0,999	0,999	0,999
G	2,664	2,666	2,639

m3 - massa do picnómetro cheio de água à tº do ensaio (corrigida)

m4 - massa em gramas do provete seco

m5 - massa em gramas do picnómetro com o e a água à tº do ensaio

k - quociente da densidade da água à temperatura do ensaio pela densidade da água a 20°C

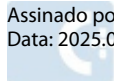
Cap	18		
Pcap	25,58	PH20 =	0,04
Pcap+SW	37,85	PSS =	12,23
Pcap+SS	37,81	w (%) =	0,327

Densidade das partículas sólidas

$$G_s = 2,657$$

Assinado por: **Carlos Manuel Gonçalves Rodrigues**

Data: 2025.08.07 16:17:21+01'00'



Guarda, 4 de agosto de 2025



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

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	50	133,0	72,0	18,54	14,52	0,795	92,52
B	100	135,0	72,0	18,81	14,95	0,743	92,48
C	200	134,0	72,0	19,12	15,51	0,680	90,88

Fase de saturação dos provetes

Procedimento :

Fase 1 - Aplicação de uma percolação ascendente de água durante cerca de 30 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 250 kPa, de um modo sequencial (30 kPa/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	50	133,0	72,0	27,7	250,0	0,962	OK
B	100	135,0	72,0	25,9	250,0	0,920	OK
C	200	134,0	72,0	23,3	249,4	0,931	OK

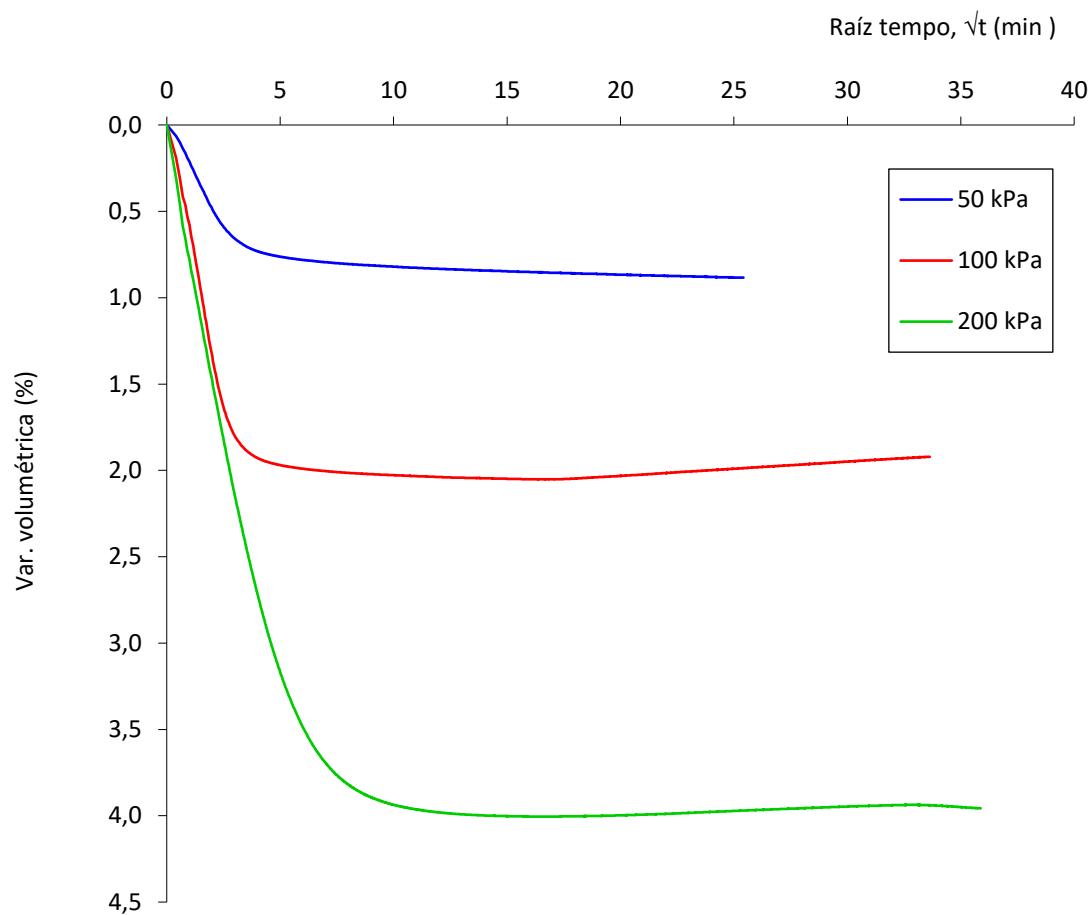
Fase de consolidação

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 estabilizava.

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	299	250	49	0,88	9,303	1,80E-04	211,9
B	349	250	99	1,92	9,000	1,94E-04	225,6
C	449	250	199	3,96	28,623	1,98E-04	69,9



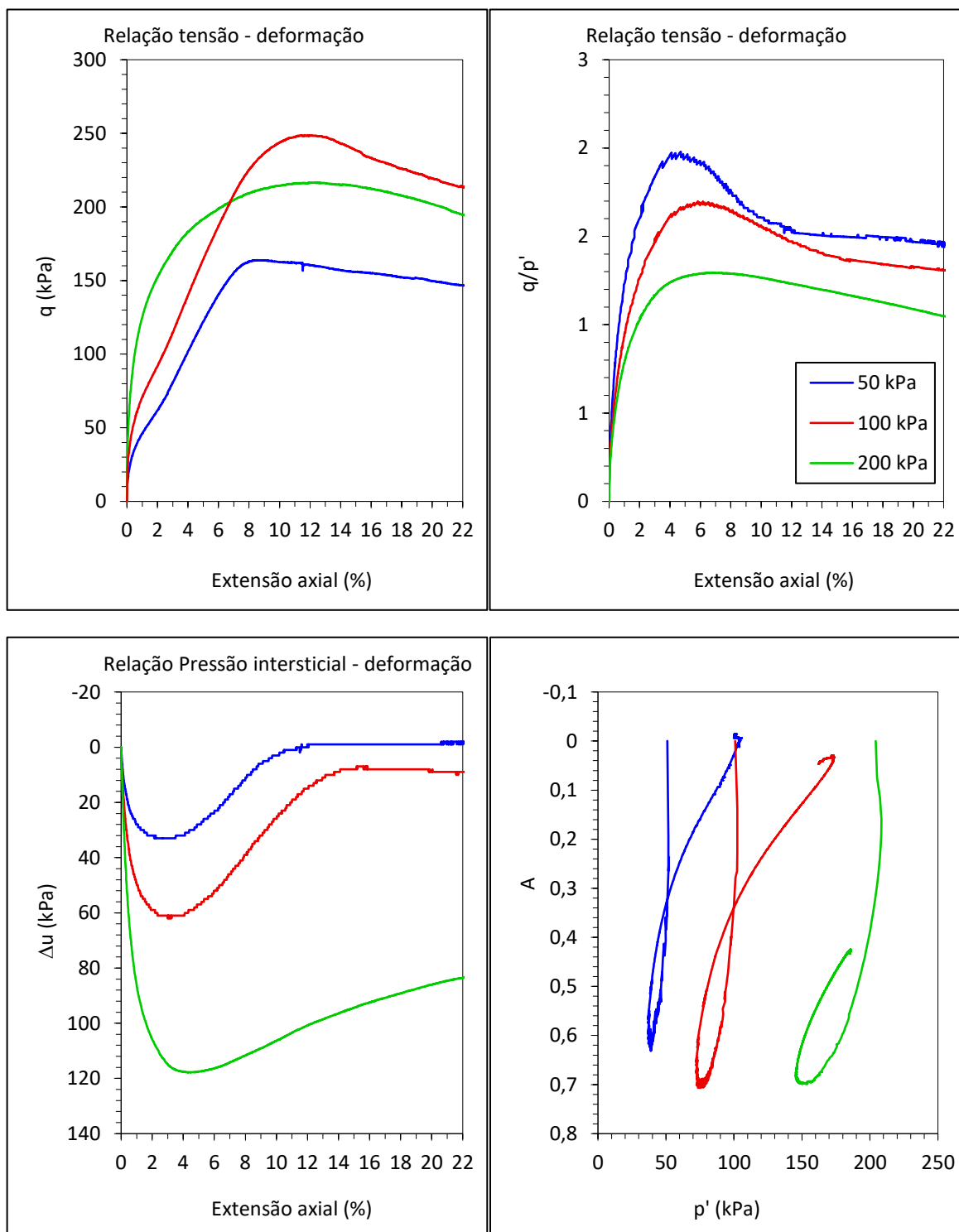
Fase de corte

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

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

Vel. de corte (mm/min) : **0,08**

Tipo de corte : **Deformação controlada**

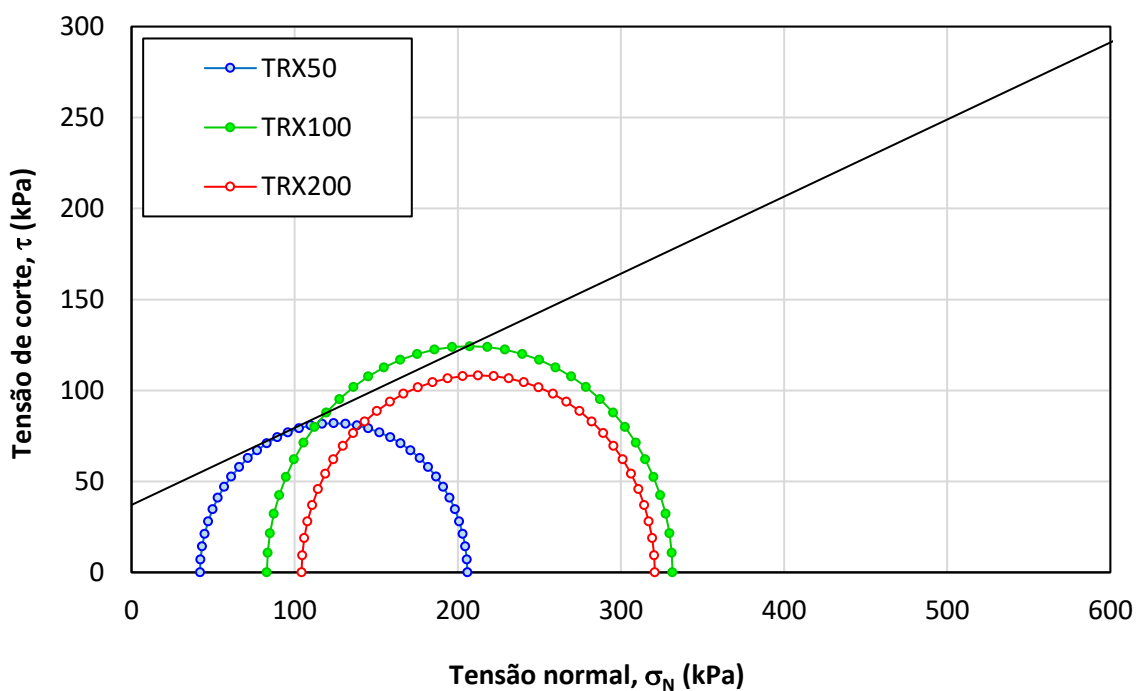


Parâmetros de resistência ao corte:

Critério de rotura = $q_{\text{máx}}$

Provete	σ'_{cons} (kPa)	A_f	σ'_{1f} (kPa)	σ'_{3f} (kPa)	u_f (kPa)	ε_{af} (%)
A	50	0,049	205,9	42,0	197,0	22,7
B	100	0,072	331,6	83,0	252,0	11,1
C	200	0,462	320,8	104,2	297,1	10,9

Representação no Modelo de Mohr-Coulomb



Parâmetros de resistência

Tensões efetivas

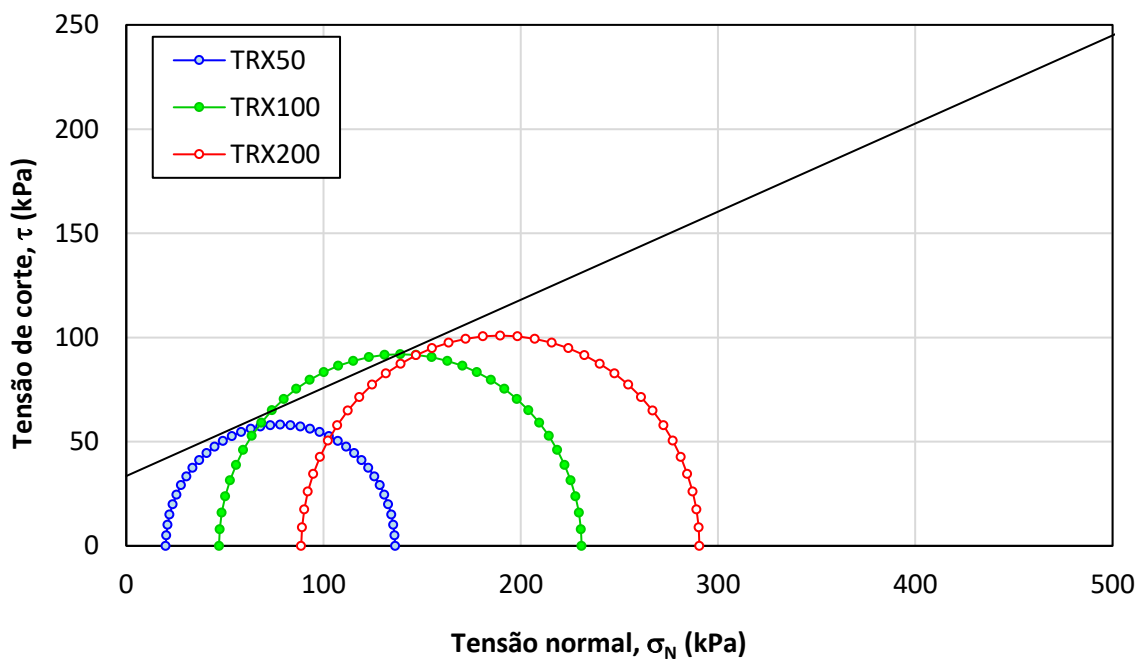
c' (kPa) = 37,1
 ϕ' (°) = 23,0

Parâmetros de resistência ao corte:

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

Provete	σ'_{cons} (kPa)	A_f	σ'_{1f} (kPa)	σ'_{3f} (kPa)	u_f (kPa)	ε_{af} (%)
A	50	0,258	136,3	20,0	279,0	4,71
B	100	0,294	230,9	47,0	303,0	5,85
C	200	0,573	290,5	88,7	361,3	6,44

Representação no Modelo de Mohr-Coulomb



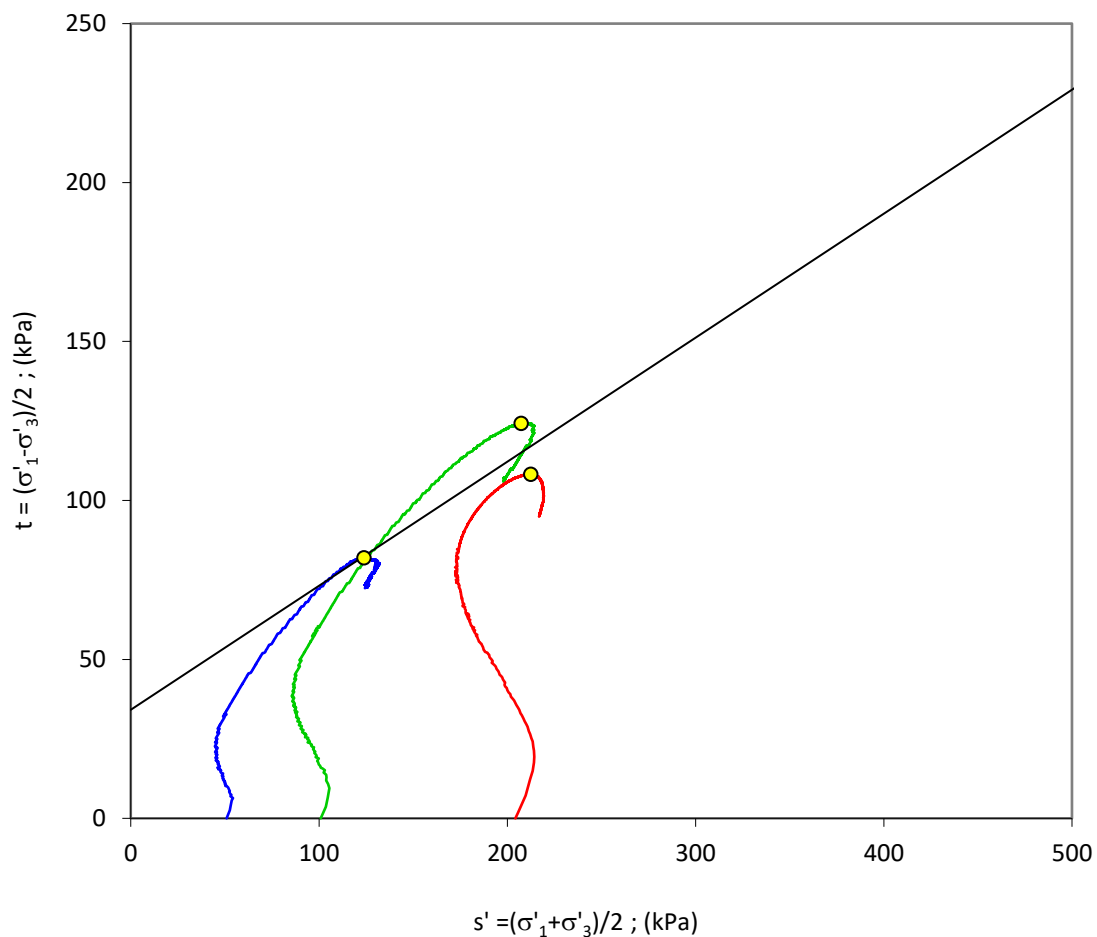
Parâmetros de resistência

Tensões efetivas

c' (kPa) = 33,5
 ϕ' (°) = 22,9

Parâmetros de resistência ao corte:

TRAJETÓRIA DAS TENSÕES NO ESPAÇO $t - s'$



Critério de rotura = $q_{máx}$

$m = 0,390$

$a \text{ (kPa)} = 34,14$

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

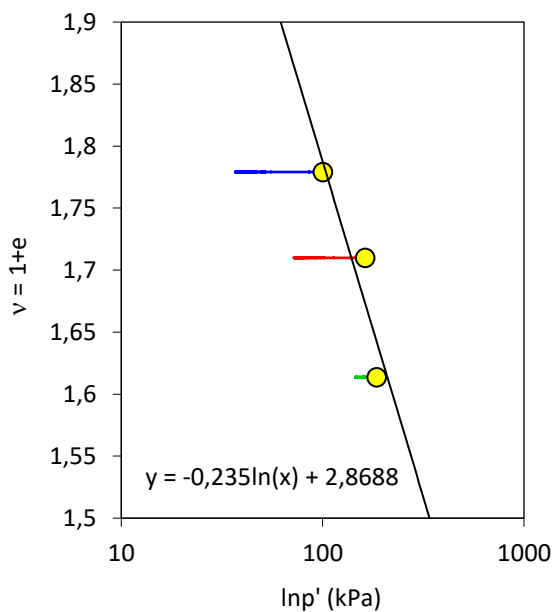
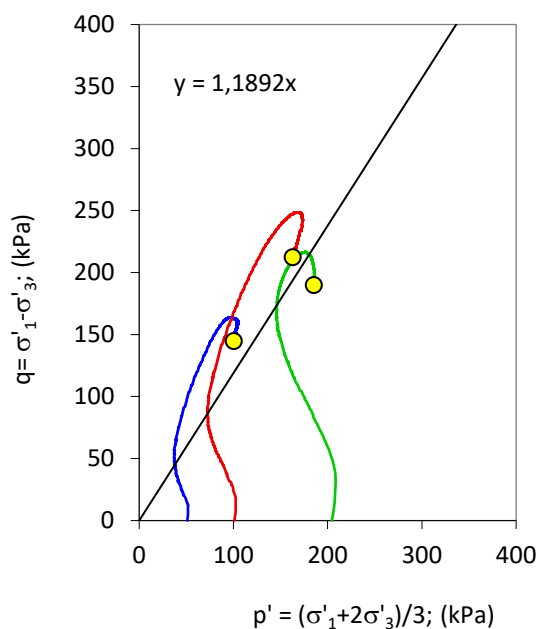
$m = 0,389$

$a \text{ (kPa)} = 30,87$

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	50	30,7	3,78	100,3	144,8	1,779
B	100	28,7	3,31	162,8	212,3	1,710
D	200	22,8	2,56	185,3	190,0	1,614



Termo dependente M =	1,189
sin a (°) =	0,50
Termo indep. - a (kPa) =	0,00

Estado Crítico

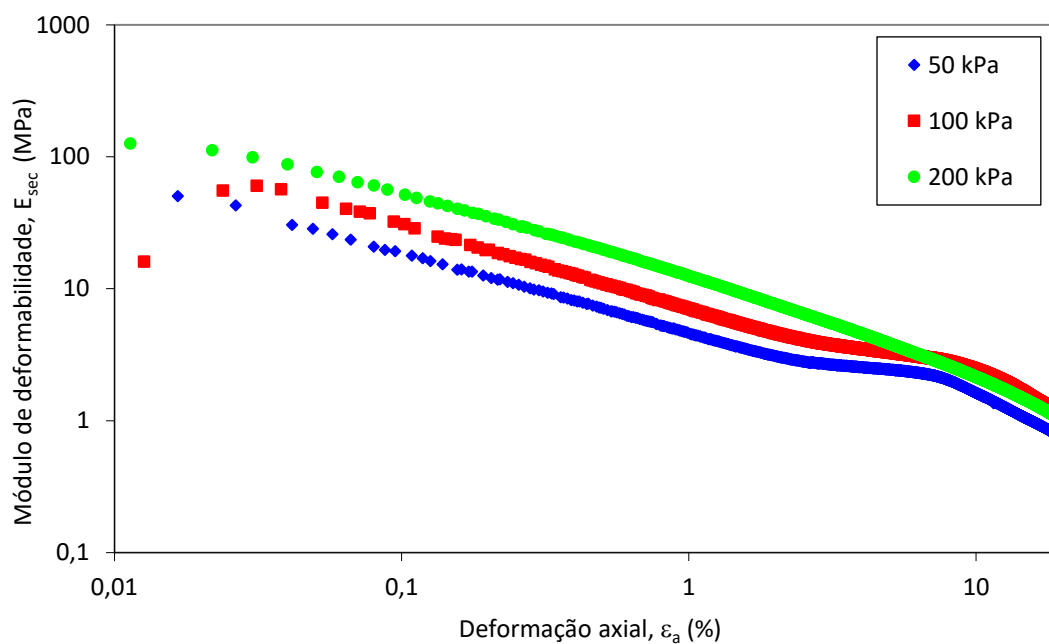
c' (kPa) =	0,0
ϕ' (°) =	29,8
M =	1,189

Γ =	2,869
λ =	0,235

Características de deformabilidade

Módulo de deformabilidade secante

Provete	σ'_{cons} (kPa)	E_0 (MPa)	$E_{30\%}$ (MPa)	$E_{50\%}$ (MPa)	$E_{75\%}$ (MPa)
A	50	50,34	4,14	2,68	2,43
B	100	60,28	6,40	3,69	3,12
D	200	125,83	39,13	17,14	6,40



Assinado por: **Carlos Manuel Gonçalves Rodrigues**
Data: 2025.08.07 16:18:05+01'00'



Guarda, 28 de julho de 2025

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

QUADRO DE CLASSIFICAÇÃO

AMOSTRA	Prof. (m)	Passado	Passado	Passado	Passado	Limites de consistência			Cu	Cc
		#4	#10	#40	#200	LL	LP	IP		
S02Tu-VNG	5,00-6,00	99,89	91,12	63,23	44,70	37,67	29,64	8,03	-	-
S02Tu-VNG	9,00-10,00	99,46	88,09	67,76	47,84	42,33	31,96	10,37	-	-
S27Tu-VNG	3,00-3,70	99,94	96,90	48,25	22,29	25,50	22,96	2,54	-	-
S3-PzTu-VNG	2,00-3,00	99,46	86,16	66,98	49,45	43,81	34,19	9,62	-	-
S3-PzTu-VNG	5,00-6,00	99,80	90,74	68,26	44,75	37,71	31,82	5,89	-	-
S012T-SL1	4,00-4,60	96,37	85,22	61,22	29,99	27,27	21,08	6,19	-	-
S012T-SL2	7,50-8,10	89,20	71,19	29,28	18,49	25,40	19,08	6,32	-	-

AMOSTRA	Prof. (m)	USCS	AASHTO	% seixo	% areia	% finos	Nome do grupo USCS
S02Tu-VNG	5,00-6,00	SM	A-4	0,11	55,19	44,70	areia siltosa
S02Tu-VNG	9,00-10,00	SM	A-7-5	0,54	51,62	47,84	areia siltosa
S27Tu-VNG	3,00-3,70	SM	A-2-4	0,06	77,65	22,29	areia siltosa
S3-PzTu-VNG	2,00-3,00	SM	A-5	0,54	50,01	49,45	areia siltosa
S3-PzTu-VNG	5,00-6,00	SM	A-4	0,20	55,05	44,75	areia siltosa
S012T-SL1	4,00-4,60	SC-SM	A-2-4	3,63	66,38	29,99	areia siltosa
S012T-SL2	7,50-8,10	SC-SM	A-2-5	10,80	70,71	18,49	areia siltosa