

Rua de Espinhosa 4475-699 Avioso S. Pedro – Maia – Portugal

Tel: 229866448 (chamada para a rede fixa nacional)

Tlm: 918759323 (chamada para a rede móvel nacional)

www.ciccopn.pt lgmc@ciccopn.pt

Relatório nº: 253386

Versão: 1 Data: 2025-10-16

Requisição nº: 253386

Data da receção: 2025-10-9

MOTA-ENGIL, ENGENHARIA E CONST.S.A.

Casa Calçada, Largo do Paço, N° 6

4600-017 Amarante

Obra: Linha de Alta Velocidade - Lote A - Projeto de Execução

Identificação da amostra: S01 TCSD3 (5,0-5,8m)

Data da recolha da amostra:

Amostragem realizada por: Cliente

| Ensaio                                                      | Unidade | Resultado/Incerteza      | Método          |
|-------------------------------------------------------------|---------|--------------------------|-----------------|
| <b>Solos. Determinação do teor em água</b>                  |         |                          | NP84:1965       |
| <b>Teor em água</b>                                         |         |                          |                 |
| Data de início de ensaio                                    |         | 07-10-2025 16:56         |                 |
| Teor em água                                                | %       | 21.9 ± 1.2               |                 |
| <b>Solos. Análise granulométrica por peneiração húmida</b>  |         |                          | LNEC E239:1970  |
| <b>Granulometria</b>                                        |         |                          |                 |
| Data de início de ensaio                                    |         | 09-10-2025 09:29         |                 |
| Resultado(s)                                                |         | Anexo 1                  |                 |
| <b>Solos. Determinação dos limites de consistência</b>      |         |                          | NP143:1969      |
| <b>Limite de liquidez</b>                                   |         |                          |                 |
| Data de início de ensaio                                    |         | 10-10-2025 09:32         |                 |
| Estado da amostra antes de ensaio                           |         | Seco em estufa           |                 |
| LL - Limite de liquidez                                     |         | Não plástico             |                 |
| <b>Limite de plasticidade</b>                               |         |                          |                 |
| Data de início de ensaio                                    |         | 10-10-2025 09:35         |                 |
| Estado da amostra antes de ensaio                           |         | Seco em estufa           |                 |
| LP - Limite de plasticidade                                 |         | Não plástico             |                 |
| <b>*Classificação unificada de solo</b>                     |         |                          | ASTM D2487:2017 |
| <b>Classificação unificada</b>                              |         |                          |                 |
| Data de ensaio                                              |         | 14-10-2025 09:54         |                 |
| Referência da amostra                                       |         | S 01 TCS D3 (5.0 - 5.8m) |                 |
| Classificação do solo                                       |         | SM - Areia siltosa       |                 |
| <b>Solos. Ensaio triaxial consolidado não drenado (CIU)</b> |         |                          | PEPS015:2022    |
| <b>Ensaio triaxial consolidado não drenado (CIU)</b>        |         |                          |                 |
| Data de início de ensaio                                    |         | 07-10-2025 10:16         |                 |
| Descrição visual do material                                |         | Arenoso                  |                 |

Rua de Espinhosa 4475-699 Avioso S. Pedro – Maia – Portugal

Tel: 229866448 (chamada para a rede fixa nacional)

Tlm: 918759323 (chamada para a rede móvel nacional)

www.ciccopn.pt lgmc@ciccopn.pt

Relatório nº: 253386 Versão: 1

Data: 2025-10-16

|                                                                            |                               |
|----------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| Tipo de provete                                                            | Não perturbado                |
| Determinação do teor em água                                               | Com a totalidade dos provetes |
| Método usado na avaliação da área dos provetes após consolidação ( $A_c$ ) | A                             |
| Valor da densidade das partículas (Gs)                                     | Arbitrado                     |
| Taxa de extensão no corte %/min.                                           | 0.07                          |
| Programa de registo e armazenamento dos resultados                         | GDS Lab                       |
| Resultado(s)                                                               | Anexo 2                       |

Observações do relatório: Na preparação dos três provetes do Ensaio triaxial consolidado não drenado (CIU), verificou-se que o provete P1 apresentava uma consistência distinta quando comparado com os provetes P2 e P3.

Notas: No caso da amostragem ter sido realizada pelo cliente, os resultados apresentados neste relatório aplicam-se à amostra conforme rececionada. Neste caso o cliente é igualmente responsável pela descrição indicada nos campos identificação da amostra, data de recolha da amostra e referência do provete. Os valores assinalados com (\*) não estão incluídos no âmbito da acreditação. Os resultados apresentados na forma <X, na coluna "Resultado/Incerteza", são inferiores ao limite de quantificação do método (LQ).

A incerteza expandida, se apresentada, é expressa pela incerteza-padrão, multiplicada pelo fator de expansão  $k=2$ , o qual para uma distribuição t de Student corresponde a uma probabilidade de expansão de aproximadamente 95%.

Jorge Carvalho Ribeiro  
(Responsável Técnico)

Rua da Espinhosa 4475-699 Avioso S. Pedro - Maia -Portugal

Tel: 229 866 448 (chamada para a rede fixa nacional)

Tlm: 918 759 323 (chamada para a rede móvel nacional)

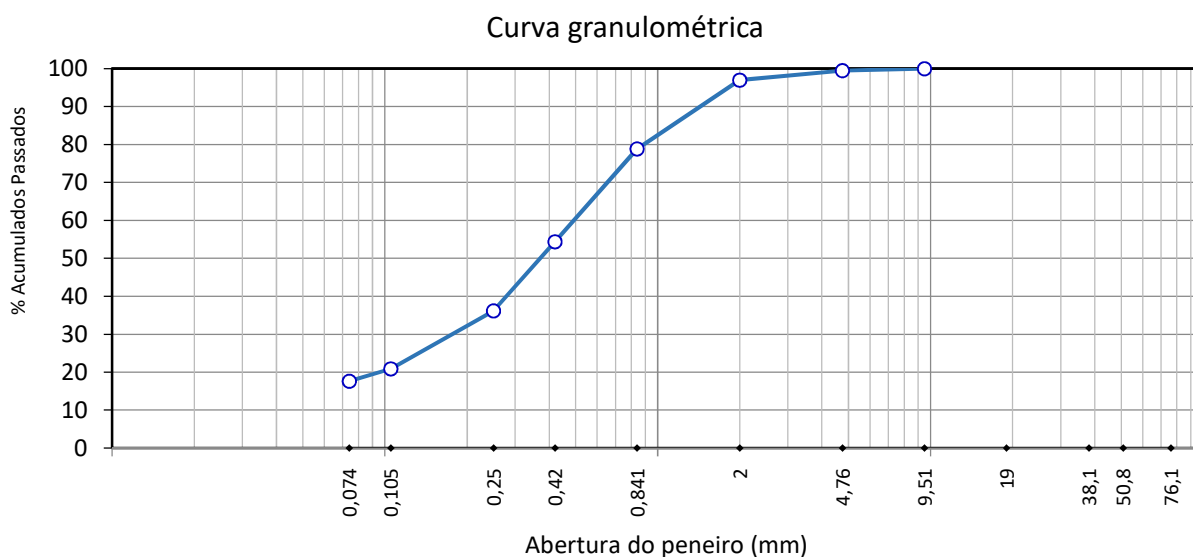
www.ciccopn.pt

lgmc@ciccopn.pt

Relatório N.º 253386 Anexo 1

|                                                              |     |            |
|--------------------------------------------------------------|-----|------------|
| Data de ensaio                                               |     | 09/10/2025 |
| $m_{10}$ - Massa total da fração retida no peneiro 2,00 mm   | (g) | 19,71      |
| $m'_{10}$ - Massa total da fração passada no peneiro 2,00 mm | (g) | 636,72     |
| $m_t$ - Massa total da amostra                               | (g) | 656,43     |
| $N'_{10}$ - Percentagem de material grosso                   | (%) | 3,0        |
| $N''_{10}$ - Percentagem de material fino                    | (%) | 97,0       |
| $m_a$ - Massa de material fino utilizada                     | (g) | 101,54     |

| Abertura de peneiros (mm) | $m_x$ - Massa retida nos peneiros (g) | $N_x$ - Percentagem retida (%) | Percentagem retida acumulada (%) | Acumulados passados (%) | Incerteza (%) |
|---------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------|
| ---                       | ---                                   | ---                            | ---                              | ---                     | ---           |
| ---                       | ---                                   | ---                            | ---                              | ---                     | ---           |
| ---                       | ---                                   | ---                            | ---                              | ---                     | ---           |
| ---                       | ---                                   | ---                            | ---                              | ---                     | ---           |
| ---                       | ---                                   | ---                            | ---                              | ---                     | ---           |
| 9,51                      | 0,00                                  | 0,00                           | 0,0                              | 100,0                   | ± 0,7         |
| 4,76                      | 3,47                                  | 0,53                           | 0,5                              | 99,5                    | ± 0,7         |
| 2,00                      | 16,24                                 | 2,47                           | 3,0                              | 97,0                    | ± 0,6         |
| 0,841                     | 19,01                                 | 18,16                          | 21,2                             | 78,8                    | ± 0,5         |
| 0,420                     | 25,62                                 | 24,47                          | 45,6                             | 54,4                    | ± 0,4         |
| 0,250                     | 19,05                                 | 18,20                          | 63,8                             | 36,2                    | ± 0,2         |
| 0,105                     | 16,01                                 | 15,29                          | 79,1                             | 20,9                    | ± 0,1         |
| 0,074                     | 3,39                                  | 3,24                           | 82,4                             | 17,6                    | ± 0,1         |



Rua da Espinhosa 4475-699 Avioso S. Pedro - Maia -Portugal

Tel: 229 866 448 (chamada para a rede fixa nacional)

Tlm: 918 759 323 (chamada para a rede móvel nacional)

www.ciccopn.pt

lgmc@ciccopn.pt

Relatório N.º 253386 Anexo 1

**Dados do provete:**

|                             |                                               |
|-----------------------------|-----------------------------------------------|
| Método de ensaio            | Consolidado isotropicamente não drenado (CIU) |
| Identificação do provete    | S01 TCSD3 (5,0-5,8m)                          |
| Descrição visual do provete | Arenoso                                       |
| Tipo de provete             | Não perturbado                                |

**Dados iniciais:**

|                                                         |                      | Provete 1 | Provete 2 | Provete 3 |
|---------------------------------------------------------|----------------------|-----------|-----------|-----------|
| $H_i$ - Altura inicial                                  | (mm)                 | 133,10    | 134,32    | 132,85    |
| $D_i$ - Diâmetro inicial                                | (mm)                 | 59,62     | 59,84     | 59,63     |
| $A_i$ - Área inicial                                    | (mm <sup>2</sup> )   | 2792,0    | 2812,4    | 2792,7    |
| $V_i$ - Volume inicial                                  | (mm <sup>3</sup> )   | 371611,9  | 377767,4  | 371006,1  |
| $m_i$ - Massa inicial                                   | (g)                  | 713,3     | 779,6     | 762,7     |
| $m_d$ - Massa seca final                                | (g)                  | 577,3     | 663,9     | 651,3     |
| $\rho$ - Massa volumica inicial                         | (Mg/m <sup>3</sup> ) | 1,92      | 2,06      | 2,06      |
| $\rho_d$ - Massa volumica seca final                    | (Mg/m <sup>3</sup> ) | 1,55      | 1,76      | 1,76      |
| $W_i$ - Teor em água inicial                            | (%)                  | 23,6      | 17,4      | 17,1      |
| $\rho_s$ - Massa volumica das partículas <sup>(a)</sup> | (Mg/m <sup>3</sup> ) |           | 2,65      |           |
| $e_i$ - Índice de vazios                                |                      | 0,7       | 0,5       | 0,5       |
| $n$ - Porosidade                                        |                      | 0,4       | 0,3       | 0,3       |
| $S_r$ - Grau de saturação                               | (%)                  | 88        | 91        | 89        |

<sup>(a)</sup> valor arbitrado

**Saturação:**

|                     |       | Provete 1 | Provete 2 | Provete 3 |
|---------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| Contrapressão total | (kPa) | 290       | 290       | 290       |
| Parâmetro B         |       | 1         | 1         | 1         |

**Consolidação:**

|                                           |          | Provete 1 | Provete 2 | Provete 3 |
|-------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| $\sigma'_c$ - Tensão de consolidação      | (kPa)    | 101       | 199       | 402       |
| $\epsilon_v$ - Deformação vertical        | (%)      | 1,58      | 1,40      | 2,03      |
| $\epsilon_{vol}$ - Deformação volumétrica | (%)      | 9,02      | 13,21     | 15,25     |
| Taxa de def. volumétrica                  | (%/hora) | 0,15      | 0,18      | 1,00      |

**NOTA:** Foi realizada drenagem pelo topo e pela base do provete

**Corte:**

|                                                   |          | Provete 1 | Provete 2 | Provete 3 |
|---------------------------------------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Taxa de def. vertical                             | (%/hora) | 4,09      | 4,13      | 3,96      |
| $(\Delta\sigma_v)_m$ - Correção tensão vertical   | (kPa)    | 1,77      | 1,78      | 1,76      |
| $(\Delta\sigma_h)_m$ - Correção tensão horizontal | (kPa)    | 0,00      | 0,00      | 0,00      |

Rua da Espinhosa 4475-699 Avioso S. Pedro - Maia -Portugal

Tel: 229 866 448 (chamada para a rede fixa nacional)

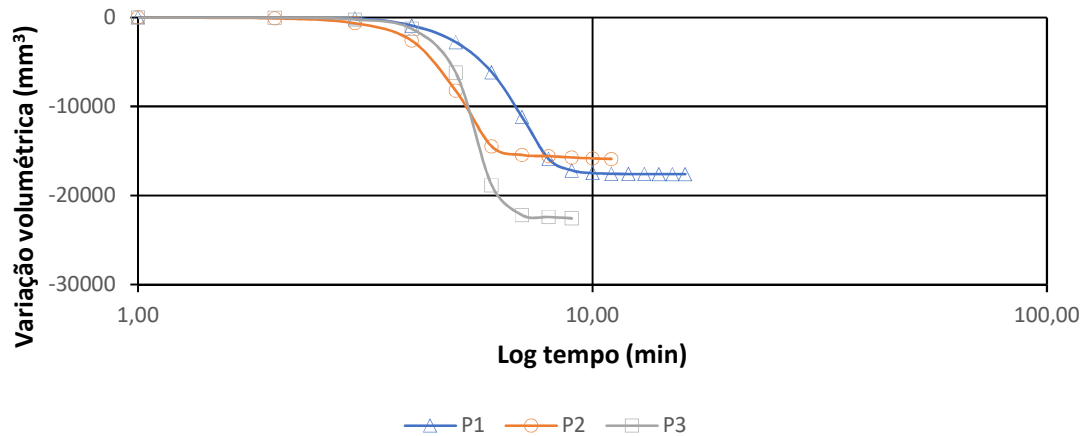
Tlm: 918 759 323 (chamada para a rede móvel nacional)

www.ciccopn.pt

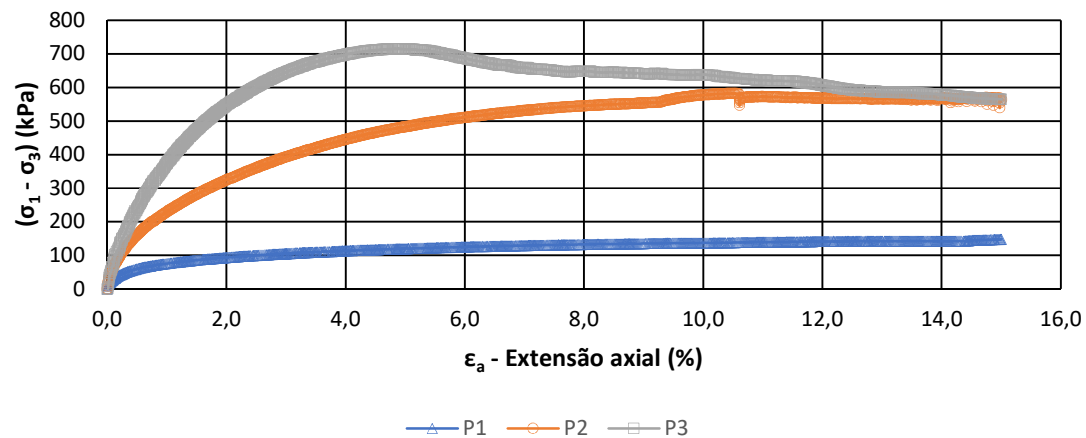
lgmc@ciccopn.pt

Relatório N.º 253386 Anexo 1

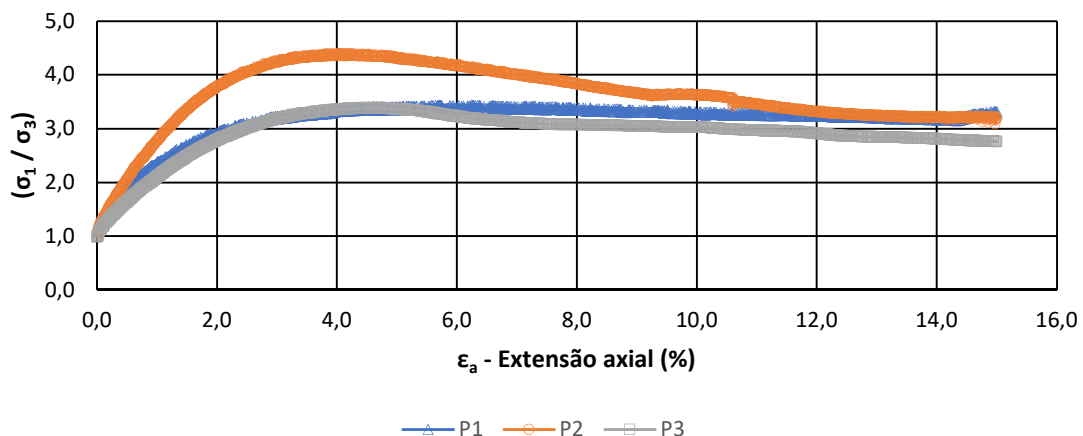
### Curvas de consolidação



### Curva extensão / Tensão de desvio



### Curva extensão / Relação das tensões efetivas



Rua da Espinhosa 4475-699 Avioso S. Pedro - Maia -Portugal

Tel: 229 066 110 (chamada para a rede fixa nacional)

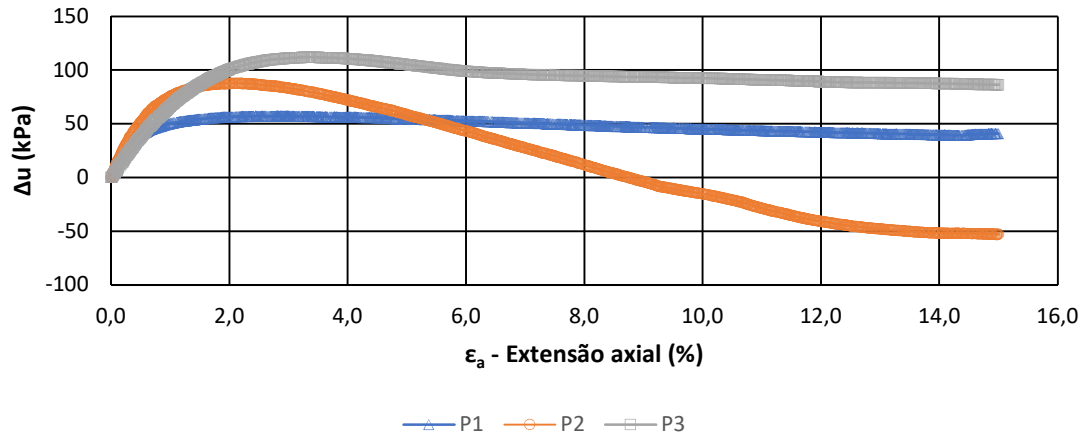
Tlm: 918 759 323 (chamada para a rede móvel nacional)

www.ciccopn.pt

lgmc@ciccopn.pt

Relatório N.º 253386 Anexo 1

### Curva extensão / Pressão neutra



#### Parâmetros na rotura ( $\sigma'_1 / \sigma'_3$ )<sub>máx</sub>:

|                                                              |       | Provete 1 | Incet. | Provete 2 | Incet. | Provete 3 | Incet. |
|--------------------------------------------------------------|-------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| $(\sigma_1 - \sigma_3)$ - Tensão de desvio                   | (kPa) | 126,4     | ±1,7   | 450,0     | ±5,9   | 709,8     | ±9,3   |
| $\sigma_3$ - Tensão horizontal                               | (kPa) | 390,0     | ±9,5   | 490,0     | ±11,9  | 690,0     | ±16,8  |
| $\sigma_1$ - Tensão axial                                    | (kPa) | 516,4     | ±3,5   | 940,0     | ±6,4   | 1 399,8   | ±9,6   |
| u - Pressão neutra                                           | (kPa) | 338,8     | ±16,5  | 357,8     | ±17,4  | 393,5     | ±19,1  |
| $\sigma'_3$ - Tensão efetiva horizontal                      | (kPa) | 51,2      | ±3,5   | 132,2     | ±9,0   | 296,5     | ±20,1  |
| $\sigma'_1$ - Tensão efetiva axial                           | (kPa) | 177,6     | ±2,0   | 582,3     | ±6,4   | 1 006,3   | ±11,1  |
| $\epsilon_a$ - Extensão axial                                | (%)   | 6,25      | ±0,3   | 4,12      | ±0,2   | 4,43      | ±0,2   |
| (*) Af - Parâmetro Af                                        |       | 0,42      |        | 0,16      |        | 0,15      |        |
| (*) $(\sigma'_1 / \sigma'_3)$ - Relação das tensões efetivas |       | 3,43      |        | 4,39      |        | 3,39      |        |

(\*) Fora do âmbito da acreditação

#### Parâmetros de resistência ( $\sigma'_1 / \sigma'_3$ )<sub>máx</sub>:

|                                |       | Provete 1 | Provete 2 | Provete 3 |
|--------------------------------|-------|-----------|-----------|-----------|
| (*) $C_u$ - Coesão não drenada | (kPa) | 63,2      | 225,0     | 354,9     |

(\*) Fora do âmbito da acreditação

|                                        |       | ( $\sigma'_1 / \sigma'_3$ ) <sub>máx</sub> |
|----------------------------------------|-------|--------------------------------------------|
| (*) $\phi'$ - Ângulo de atrito interno | (°)   | 32,2                                       |
| (*) $c'$ - Coesão efetiva              | (kPa) | 16,8                                       |

(\*) Fora do âmbito da acreditação

Rua da Espinhosa 4475-699 Avioso S. Pedro - Maia - Portugal

Tel: 229 866 448 (chamada para a rede fixa nacional)

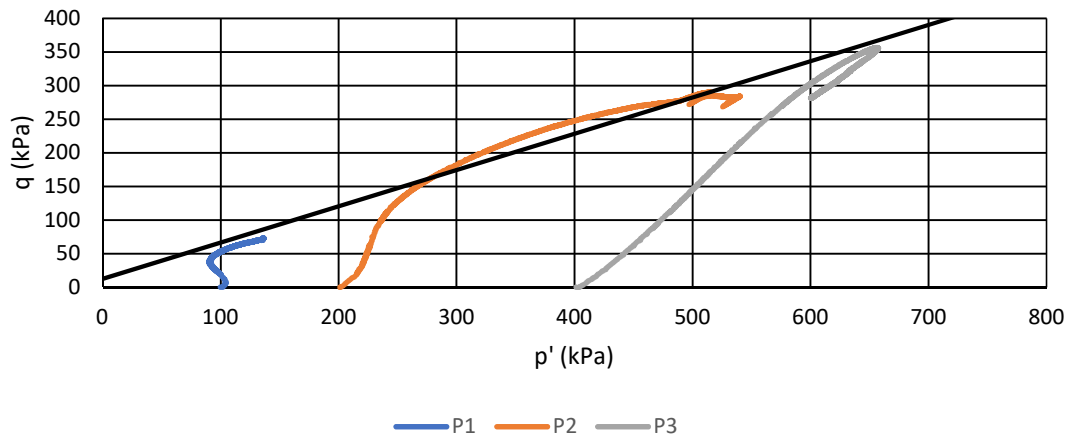
Tlm: 918 759 323 (chamada para a rede móvel nacional)

www.ciccopn.pt

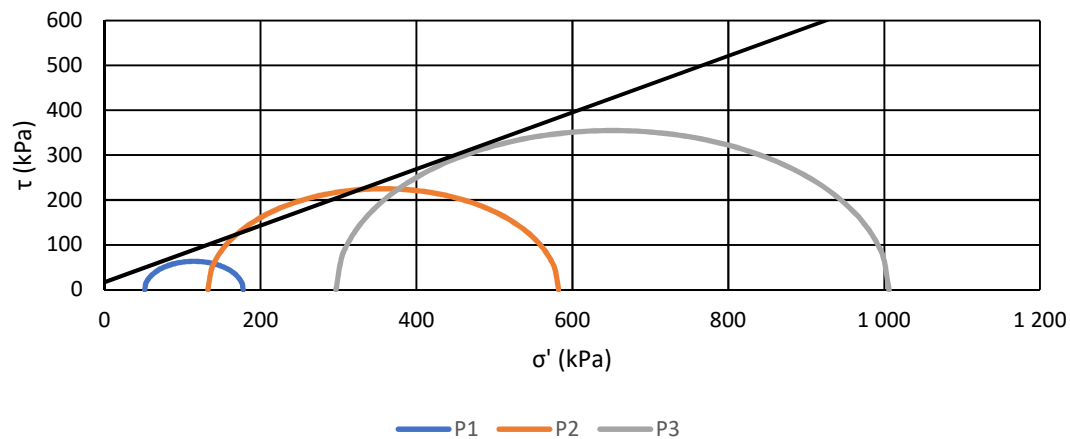
lgmc@ciccopn.pt

Relatório N.º 253386 Anexo 1

### Envolvente de rotura (Tensões efetivas)



### Círculos de Mohr - Tensões efetivas



### Parâmetros na rotura ( $\sigma'_1 - \sigma'_3$ )<sub>máx</sub>:

|                                                            |       | Provete 1 Incet. |       | Provete 2 Incet. |       | Provete 3 Incet. |       |
|------------------------------------------------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|
| $(\sigma_1 - \sigma_3)$ - Tensão de desvio                 | (kPa) | 147,6            | ±1,9  | 581,9            | ±7,7  | 714,7            | ±9,4  |
| $\sigma_3$ - Tensão horizontal                             | (kPa) | 391,0            | ±9,5  | 491,0            | ±11,9 | 691,0            | ±16,8 |
| $\sigma_1$ - Tensão axial                                  | (kPa) | 538,6            | ±3,7  | 1 072,9          | ±7,4  | 1 405,7          | ±9,6  |
| $u$ - Pressão neutra                                       | (kPa) | 327,1            | ±15,9 | 267,2            | ±13,0 | 390,9            | ±19,0 |
| $\sigma'_3$ - Tensão efetiva horizontal                    | (kPa) | 63,9             | ±4,3  | 223,8            | ±15,2 | 300,1            | ±20,3 |
| $\sigma'_1$ - Tensão efetiva axial                         | (kPa) | 211,5            | ±2,3  | 805,7            | ±8,9  | 1 014,8          | ±11,2 |
| $\varepsilon_a$ - Extensão axial                           | (%)   | 15,0             | ±0,6  | 10,4             | ±0,4  | 4,9              | ±0,2  |
| (*) Af - Parâmetro Af                                      |       | 0,28             |       | -0,03            |       | 0,15             |       |
| (*) $(\sigma'_1/\sigma'_3)$ - Relação das tensões efetivas |       | 3,28             |       | 3,59             |       | 3,38             |       |

(\*) Fora do âmbito da acreditação

Rua da Espinhosa 4475-699 Avioso S. Pedro - Maia -Portugal

Tel: 229 866 448 (chamada para a rede fixa nacional)

Tlm: 918 759 323 (chamada para a rede móvel nacional)

www.ciccopn.pt

lgmc@ciccopn.pt

Relatório N.º 253386 Anexo 1

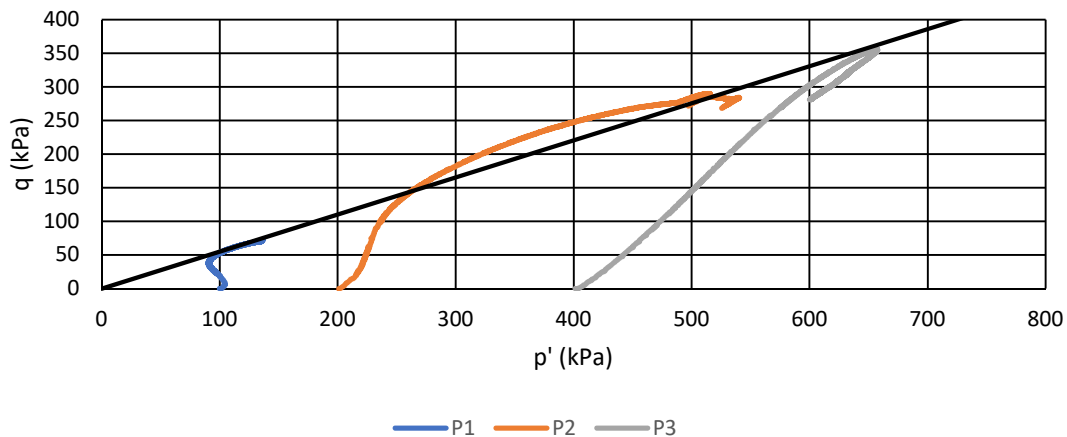
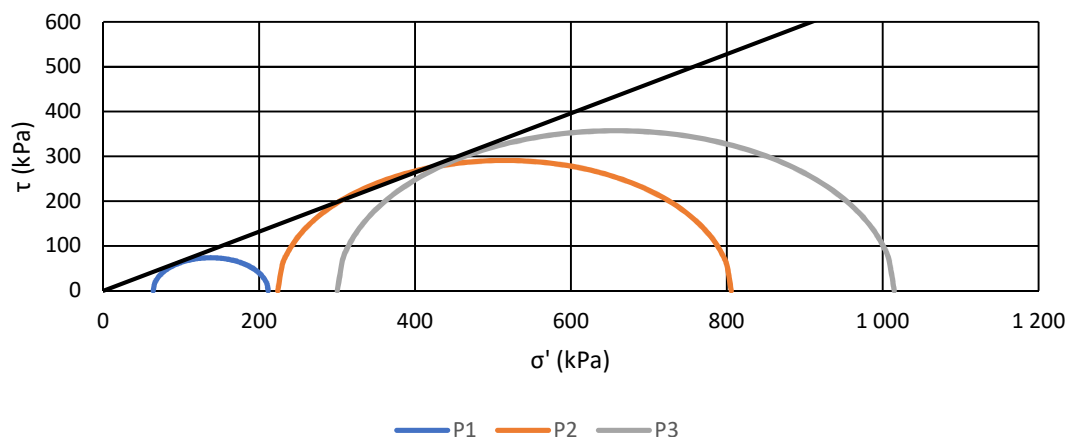
**Parâmetros de resistência ( $\sigma'_1 - \sigma'_3$ )<sub>máx</sub>:**

|                                      | Provete 1 | Provete 2 | Provete 3 |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| (*) $C_u$ - Coesão não drenada (kPa) | 73,8      | 291,0     | 357,4     |

(\*) Fora do âmbito da acreditação

|                                            | ( $\sigma'_1 - \sigma'_3$ ) <sub>máx</sub> |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------|
| (*) $\phi'$ - Ângulo de atrito interno (°) | 33,4                                       |
| (*) $c'$ - Coesão efetiva (kPa)            | 0,2                                        |

(\*) Fora do âmbito da acreditação

**Envolvente de rotura (Tensões efetivas)**

**Círculos de Mohr - Tensões efetivas**


Rua da Espinhosa 4475-699 Avioso S. Pedro - Maia -Portugal

Tel: 229 866 448 (chamada para a rede fixa nacional)

Tlm: 918 759 323 (chamada para a rede móvel nacional)

[www.ciccopn.pt](http://www.ciccopn.pt) [lgmc@ciccopn.pt](mailto:lgmc@ciccopn.pt)

Relatório N.º 253386 Anexo 1

**Fotografias dos provetes após o corte:**



Provete 1



Provete 2



Provete 3