

## **Resumo**

Em virtude de Portugal pertencer ao espaço europeu comum, tem vindo a integrar legislação normativa que se pretende harmonizada entre os países que integram este espaço. Parte deste processo corresponde às normas de ensaio para caracterização e classificação de materiais terrosos e rochosos.

Estas alterações normativas implicam necessariamente introdução de ajustamentos nos cadernos de encargos de obras de construção que regulamentam tanto os valores de aceitação dos diversos parâmetros que caracterizam os materiais, como os parâmetros de controlo da sua aplicação.

Neste contexto, contribuindo para este objectivo, procurou-se estudar a tendência de variação dos valores dos diversos parâmetros, comparando os resultados obtidos e analisando-os à luz dos cadernos de encargos CETO1998 e CETO2009, da Estradas de Portugal, com base na caracterização de uma amostra de agregado britado e de duas amostras de areia, pela aplicação de um conjunto de normas portuguesas e pelas normas europeias que as virão substituir.

## **Abstract**

### **Evaluation of physical characteristics of granite aggregates to reuse the heap of an ornamental rock quarry**

Because Portugal belongs to the European Union, it has been integrating regulatory legislation, in order to harmonize countries between each other in this space. Part of this process corresponds to the testing standards for characterization and classification of earth materials and rocks.

These regulatory changes necessarily involve introducing adjustments in specification books of construction which govern most of the acceptance values of the various parameters that characterize the materials as well as the control parameters of their application.

In this context, contributing to this objective, we have tried to study the trend of the variation of several parameters, comparing the results and analyzing them taking into account the specifications CETO1998 and CETO2009 of the Estradas de Portugal, based on the characterization of a sample of crushed aggregate and two sand samples by applying a set of Portuguese standards and European standards that will replace them.

## **Agradecimentos**

Estando a finalizar esta que é mais uma das muitas etapas da minha formação, não poderia deixar de agradecer a todos aqueles que de uma ou outra forma têm contribuído para que eu pode-se chegar até aqui.

Gostaria de agradecer a todos os familiares que sempre me têm apoiado ao longo de toda a minha formação, muito em especial ao meu pai João Carraça e à minha mãe Maria do Rosário, que em muito se têm sacrificado para que eu pudesse chegar ao final deste curso de mestrado. À minha irmã Maria Dulce, ao meu cunhado Frans-joseph e aos meus sobrinhos que sempre têm sabido compreender, o tempo e atenção que lhes roubei para dedicar a este trabalho.

Um agradecimento muito especial também à minha namorada Vera Rocha, pela paciência e compreensão que demonstrou durante todos estes anos.

Quero ainda agradecer a todo o corpo docente e não docente do Departamento de Geociências da Universidade de Évora, muito em especial à Dra. Eng.<sup>a</sup> Paula Faria, que além de me orientar na execução deste trabalho sempre me ajudou e apoiou ao longo de toda a minha formação académica.

A todos eles, pela ajuda e apoio prestado durante o decorrer deste trabalho e da minha formação académica, os meus mais sinceros agradecimentos.

## Índice Geral

	Página
Resumo	I
Abstract	II
Agradecimentos	III
Índice Geral	IV
Índice de Quadros	VI
Índice de Gráficos	VIII
Índice de Figuras	IX
1. Introdução	1
2. Objectivos	7
3. Localização geográfica	8
3.1.Local de amostragem do material granítico.	9
3.2.Local de amostragem das areias 1 e 2.	10
4. Enquadramento geológico	11
5. Recolha das amostras	14
6. Normas Portuguesas versos normas Europeias	16
6.1.Análise Granulométrica	16
€Norma Portuguesa	16
6.1.2.Norma Europeia	21
6.1.3.Comparação entre a norma Portuguesa e a norma Europeia	25
6.2.Ensaio de Equivalente de Areia	28
6.2.1.Norma Portuguesa	28
6.2.2.Norma Europeia	30
6.2.3.Comparação entre a norma Portuguesa e a norma Europeia	32
6.3.Ensaio de Peso Específico e Absorção de Água dos Inertes	34
6.3.1.Norma portuguesa	34
6.4.Ensaio de azul-de-metileno	41
6.4.1.Norma Portuguesa	41
6.4.2.Norma Europeia	43
6.4.3.Comparação entre a norma portuguesa e a norma europeia	46
	IV

6.5.Ensaio de Índice de Lamelação & Índice de Achatamento	48
6.5.1.Norma portuguesa (Índice de lamelação)	48
6.5.2.Norma europeia (Índice de Achatamento)	51
6.5.3.Comparação entre a norma Portuguesa e a norma Europeia	53
6.6.Ensaio de Índice de Alongamento & Índice de Forma	55
6.6.1.Norma portuguesa (Índice de alongamentos)	55
6.6.2.Norma Europeia (Índice de Forma)	58
6.6.3.Comparação entre a norma Portuguesa e a norma Europeia	62
6.7.Ensaio de Desgaste Pela Maquina de Los Angeles	63
6.7.1.Norma portuguesa	63
6.7.2.Comparação entre a norma Portuguesa e a norma Europeia	66
7. CETO1998 (um exemplo do que se tem utilizado até aqui)	68
7.1. Lista de aplicação de materiais (segundo caderno de encargos)	70
7.2. Análise dos resultados obtidos à luz do CETO1998	72
8. CETO2009, um exemplo do que se perspectiva para o futuro.	74
8.1. Análise dos resultados obtidos à luz do CETO2009	76
9. Caderno de encargos, passado e futuro	78
9.1. Analise granulométrica	78
9.2. Ensaio de equivalente de areia	82
9.3. Ensaio de peso específico e absorção de água	84
9.4. Ensaio de azul-de-metileno	84
9.5. Ensaio de Índice de Forma	86
9.6. Ensaio de Índice de achatamento	87
10. Considerações finais	88
11. Bibliografia	90
Anexo I	
Anexo II	
Anexo III	
Anexo IV	

## Índice de Quadros

	Página
<b>Quadro 1</b> - Resultados dos cálculos e registos das massas, para a análise granulométrica da amostra NP- G3-G, referente ao ensaio efectuado segundo a norma portuguesa.	18
<b>Quadro 2</b> - Resultados dos cálculos e registos das massas, para a análise granulométrica da amostra NP-A1-G, referente ao ensaio efectuado segundo a norma portuguesa.	19
<b>Quadro 3</b> - Resultados dos cálculos e registos das massas, para a análise granulométrica da amostra NP-A2-G, referente ao ensaio efectuado segundo a norma portuguesa	20
<b>Quadro 4</b> - Resultados dos cálculos e registos das massas, para a análise granulométrica da amostra EN-G3-G, referente ao ensaio efectuado segundo a norma europeia	22
<b>Quadro 5</b> - Resultados dos cálculos e registos das massas, para a análise granulométrica da amostra EN-A1-G, referente ao ensaio efectuado segundo a norma europeia	23
<b>Quadro 6</b> - Resultados dos cálculos e registos das massas, para a análise granulométrica da amostra EN-A2-G, referente ao ensaio efectuado segundo a norma europeia	24
<b>Quadro 7</b> - Registo das massas e dos resultados dos cálculos efectuados na execução do ensaio de equivalente de areia, segundo a norma portuguesa, para as amostras G3, A1 e A2.	29
<b>Quadro 8</b> - Registo das massas e dos resultados dos cálculos efectuados na execução do ensaio de equivalente de areia, segundo a norma europeia, para as amostras G3, A1 e A2.	32
<b>Quadro 9</b> - Registo das medições e dos cálculos para a determinação dos valores dos pesos específicos e de absorção de água para o provete NP-G3A1-PE (material de dimensão superior a 3/8”), correspondente à amostra G3, segundo a norma portuguesa.	38
<b>Quadro 10</b> - Registo das medições e dos cálculos para a determinação dos valores dos pesos específicos e de absorção de água para o provete NP-G3A2-PE (material de dimensão superior a 3/8”), correspondente à amostra G3, segundo a norma portuguesa.	38
<b>Quadro 11</b> - Registo das medições e dos cálculos para a determinação dos valores dos pesos específicos e de absorção de água para o provete NP-G3B1-PE (material de dimensão inferior a 3/8”), correspondente à amostra G3, segundo a norma portuguesa.	38
<b>Quadro 12</b> - Registo das medições e dos cálculos para a determinação dos valores dos pesos específicos e de absorção de água para o provete NP-G3B2-PE (material de dimensão inferior a 3/8”), correspondente à amostra G3, segundo a norma portuguesa.	39
<b>Quadro 13</b> - Registo das medições e dos cálculos para a determinação dos valores dos pesos específicos e de absorção de água para o provete NP-A1A-PE (material de dimensão inferior a 3/8”), correspondente à amostra A1, segundo a norma portuguesa.	39
<b>Quadro 14</b> - Registo das medições e dos cálculos para a determinação dos valores dos pesos específicos e de absorção de água para o provete NP-A1B-PE (material de dimensão inferior a 3/8”), correspondente à amostra A1, segundo a norma portuguesa.	39

<b>Quadro 15</b> - <i>Registo das medições e dos cálculos para a determinação dos valores dos pesos específicos e de absorção de água para o provete NP-A2A-PE (material de dimensão inferior a 3/8”), correspondente à amostra A2, segundo a norma portuguesa.</i>	40
<b>Quadro 16</b> - <i>Registo das medições e dos cálculos para a determinação dos valores dos pesos específicos e de absorção de água para o provete NP-A2B-PE (material de dimensão inferior a 3/8”), correspondente à amostra A2, segundo a norma portuguesa.</i>	40
<b>Quadro 17</b> - <i>Registo das medições e dos cálculos para a determinação dos valores de Azul-de-metileno para os provetes, correspondente às amostras A1, A2 e G3, segundo a norma portuguesa.</i>	43
<b>Quadro 18</b> - <i>Registo das medições e dos cálculos para a determinação dos valores de Azul-de-metileno para os provetes, correspondente às amostras A1, A2 e G3, segundo a norma europeia.</i>	45
<b>Quadro 19</b> - <i>Registo das medições e dos cálculos para a determinação do valor de Índice de lamelação para o provete NP-G3-IL, correspondente à amostra G3, segundo a norma portuguesa.</i>	50
<b>Quadro 20</b> - <i>Registo das medições e dos cálculos para a determinação do valor de Índice de achatamento para o provete EN-G3-IA, correspondente à amostra G3, segundo a norma europeia.</i>	53
<b>Quadro 21</b> - <i>Registo das medições e dos cálculos para a determinação do valor de Índice de alongamento para o provete G3-IA, correspondente à amostra G3, segundo a norma portuguesa.</i>	57
<b>Quadro 22</b> - <i>Registo das medições e dos cálculos para a determinação do valor de Índice de forma para o provete EN-G3-IF, correspondente à amostra G3, segundo a norma europeia.</i>	62
<b>Quadro 23</b> - <i>Distribuição de massas, por fracções, para as composições granulométricas dos provetes para ensaio de desgaste pela máquina de Los Angeles.</i>	64
<b>Quadro 24</b> – <i>Número de rotações e de esferas a aplicar em cada composição granulométrica.</i>	64
<b>Quadro 25</b> - <i>Registo das medições e dos cálculos para a determinação do valor de desgaste pela máquina de Los Angeles para os provetes correspondentes à amostra G3, segundo a norma portuguesa.</i>	65
<b>Quadro 26</b> - <i>Valores máximos e mínimos para cada ensaio estabelecidos no caderno de encargos CETO1998 da J.A.E. (Junta Autónoma de Estradas, actual Estradas de Portugal).</i>	69
<b>Quadro 27</b> - <i>Valores máximos e mínimos para cada ensaio estabelecidos no CETO2009, da Estradas de Portugal, S.A..</i>	75
<b>Quadro 28</b> - <i>Valores limites dos fusos <math>G_B</math> e <math>G_{A80}</math> (EN – Normas europeias) de acordo com o CETO2009 e valores limites do fuso B (NP – Normas portuguesas) de acordo com o CETO1998 (quadro A4.1 do anexo IV)</i>	79

## Índice de Gráficos

	Página
<b>Gráfico 1</b> - <i>Representação da curva da análise granulométrica da amostra NP-G3-G referente ao ensaio efectuado segundo a norma portuguesa.</i>	18
<b>Gráfico 2</b> - <i>Representação da curva da análise granulométrica da amostra NP-A1-G referente ao ensaio efectuado segundo a norma portuguesa.</i>	19
<b>Gráfico 3</b> - <i>Representação da curva da análise granulométrica da amostra NP-A2-G referente ao ensaio efectuado segundo a norma portuguesa</i>	20
<b>Gráfico 4</b> - <i>Representação da curva da análise granulométrica da amostra EN-G3-G referente ao ensaio efectuado segundo a norma europeia.</i>	23
<b>Gráfico 5</b> - <i>Representação da curva da análise granulométrica da amostra EN-A1-G referente ao ensaio efectuado segundo a norma europeia.</i>	24
<b>Gráfico 6</b> - <i>Representação da curva da análise granulométrica da amostra EN-A2-G referente ao ensaio efectuado segundo a norma europeia.</i>	25
<b>Gráfico 7</b> - <i>Representação das curvas granulométricas das amostras G3-G e EN-G3-G sobre o gráfico semi-logarítmico correspondente à norma portuguesa.</i>	27
<b>Gráfico 8</b> - <i>Representação das distribuições, em massa, do material retido e passado na régua para cada uma das fracções do provete G3-IL, correspondente à amostra G3, segundo a norma portuguesa.</i>	51
<b>Gráfico 9</b> - <i>Representação das distribuições, em massa, do material retido e passado na régua de pernes para cada uma das fracções do provete G3-IA, correspondente à amostra G3, segundo a norma portuguesa.</i>	58
<b>Gráficos 10</b> - <i>Representações gráficas dos fusos <math>G_B</math> e <math>G_{A80}</math> (EN- Normas europeias, assinalados a vermelho) e B (NP – Normas portuguesas, assinalados a azul) de acordo com os cadernos de encargos da CETO2009 e CETO1998, respectivamente. (Gráficos A.4.1 do anexo IV)</i>	80
<b>Gráficos 11</b> - <i>Representações gráficas dos fusos <math>G_{F80}</math> (EN- Normas europeias, assinalados a vermelho) e D (NP – Normas portuguesas, assinalados a azul) de acordo com os cadernos de encargos CETO2009 e CETO1998, respectivamente. (Gráficos A.4.3 do anexo IV)</i>	81



## Índice de Figuras

	Página
<b>Figura 1</b> - <i>Esquema representativo da localização dos pontos de recolha das amostras sobre o mapa da zona sul de Portugal continental.</i>	8
<b>Figura 2</b> - <i>Esquema representativo da localização da pedreira da Granialpa onde a amostra G1 foi recolhida, tendo como pontos de referência a cidade de Évora e a Herdade da Mitra.</i>	9
<b>Figura 3</b> - <i>Estrato das cartas militares n.º 515 A e 516 dos serviços Cartográficos do Exército com a implantação dos pontos de amostragem das amostras A1 e A2</i>	10
<b>Figura 4</b> - <i>Estrato da carta geológica 40 A com a representação da área de cavidade e de escombreira da exploração da Granialpa.</i>	11
<b>Figura 5</b> - <i>Imagem digitalizada de parte da Carta Geológica de Portugal folha 42 C (Santiago do Cacém) com a localização do ponto de recolha da amostra A1 e A2.</i>	13
<b>Figura 6</b> - <i>À esquerda um peneiro da série ASTM utilizado nos ensaios segundo as normas portuguesas. À direita um peneiro de chapa perfurada utilizado nas novas normas europeias.</i>	26
<b>Figura 7</b> - <i>Equipamento utilizado na execução dos ensaios de Equivalente de Areia.</i>	33
<b>Figura 8</b> - <i>Picnómetro com tampa e conjunto de pilão e molde tronco-cónico</i>	36
<b>Figura 9</b> - <i>Medidor de espessuras utilizado na verificação da lamelação das partículas, segundo a norma portuguesa</i>	48
<b>Figura 10</b> - <i>Peneiros de barras utilizados no ensaio de Índice de achatamento, segundo a norma europeia.</i>	52
<b>Figura 11</b> - <i>Régua de Pernes utilizada para a determinação do índice de alongamento, segundo a norma portuguesa.</i>	56
<b>Figura 12</b> - <i>Paquímetro especial com duas leituras sendo que uma delas é 3 vezes superior à outra.</i>	59