



Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cívicas

***Fabrico, Controlo de Qualidade e Colocação de  
Mistura Betuminosa em Obra***

Relatório de estagio apresentado para obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Civil

**Ricardo Renato Rodrigues Tavares**

Leiria, Março de 2016





Mestrado em Engenharia Civil – Construções Civas

***Fabrico, Controlo de Qualidade e Colocação de  
Mistura Betuminosa em Obra***

Relatório de estagio apresentado para obtenção do grau de Mestre em  
Engenharia Civil

**Ricardo Renato Rodrigues Tavares**

Relatório de estágio de Mestrado realizado sob a orientação do Doutor João Pedro Silva, Professor da Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria e coorientação do Engenheiro César Jordão, Administrador da Empresa Cimalha Construções da Batalha, S. A.

Leiria, Março de 2016.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Dedicatória

---

*À minha família*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Agradecimentos

---

Primeiramente agradeço a Deus.

A minha Avó Joana Teresa, pela qual falta palavras e adjetivos para a descrever.

A minha humilde e amável família, desde primos a avós.

Ao meu pai, meu herói, meu melhor amigo, fonte de inspiração incalculável Renato Sá Nogueira Tavares, a minha mãe Albertina Rodrigues Rocha.

A tia Senhorinha Rodrigues Fortes, cujas palavras não fazem jus a sua personalidade, obrigado mulher, obrigado.

Aos meus irmãos, Walter Renato Rodrigues Tavares e a minha irmãzinha Sindy Rodrigues que tanto acreditam e confiam em mim.

A Dona Juddy, Maria Jardelina Borges que me acolheu como filho, obrigado.

A uma das pessoas mais importante em todo meu percurso acadêmico no ensino superior, Isaulina Morais Pires, obrigado.

Ao meu orientador e amigo Doutor João Pedro Silva.

Ao Engenheiro Cesar Jordão, a Cimalha Construções da Batalha e os demais colaboradores, pelo estágio e recursos disponibilizados.

A 29\* Star, incluindo Dona Isabel Barbosa.

Aos meus colegas, professores e amigos.

Ao Mestre amigo e companheiro João Baptista.

A Engenheira Vânia Marques pelo apoio e disponibilidade.

A Patrícia Batista, princesa ☺ que acreditou percebeu e me apoiou em todo este percurso, muito obrigado pela confiança e tudo mais.

Deus é pai e vigem Maria é mãe, um sabe que ocê ta la dcima ta oia pa mi, obrigado mãe ☺, OBRIGADO!

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Resumo

---

Este relatório traduz o trabalho realizado na empresa Cimalha, Construções da Batalha S.A., durante 5 meses de estágio curricular.

O relatório inicia-se com uma descrição da empresa e uma apresentação dos objetivos propostos para o estágio. Estes centram-se essencialmente nas questões inerentes ao controlo de qualidade do processo de fabrico e aplicação de misturas betuminosas. Este aspeto é de extrema relevância dado que é importante garantir que os investimentos realizados na construção de estradas tenham um controlo da qualidade adequado de modo a garantir a durabilidade pretendida e condições satisfatórias para a utilização [1].

Efetua-se a descrição das atividades realizadas, os ensaios realizados e análise dos resultados obtidos. Os ensaios e procedimentos seguiram vários documentos normativos, nacionais e estrangeiros, destacando-se o Caderno de Encargos Tipo Obra (CETO) publicado em Fevereiro de 2009 pela Estadas de Portugal, S. A. (EP) [2] atual Infraestruturas de Portugal, S. A. (IP) [3].

O estágio revelou-se como sendo uma importante componente da formação permitindo a consolidação e aplicação prática da formação teórica na área de atuação da empresa.

*Palavras-chave: Controlo de Qualidade, Agregados, Betume Asfáltico, Mistura Betuminosa.*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Abstract

---

This report reflects the work done in the company “Cimalha, Construções da Batalha S.A.” during five months of internship.

The report starts with a description of the company and a presentation of the proposed objectives for the internship. These are mainly focused on issues related to quality control in the manufacturing process and application of bituminous mixtures. This aspect is extremely important since it is crucial to ensure that investments in road construction have an appropriate quality control ensuring the desired durability and favorable conditions for the road users [1].

All the work done is described as well as the tests and analysis of the results. The tests and their procedures followed several standards, domestic and foreign documents. Of these the main one was the “Caderno de Encargos Tipo Obra” (CETO) published in February 2009 by “Estradas de Portugal, SA” (EP) [2] currently “Infraestruturas de Portugal, S. A. (IP) [3].

The internship was an important component of the learning process enabling the consolidation and practical application of the theoretical knowledge in the company's area of operation.

*Keywords: Quality Control, Aggregates, Asphalt Bitumen, Bituminous mixtures.*

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

## Lista de figuras

---

<i>Figura 1 - Constituição tipo de um pavimento rodoviário flexível [26].....</i>	10
<i>Figura 2 – Constituição tipo de um pavimento rodoviário flexível atual [22].....</i>	10
<i>Figura 3 – Armazenagem de Pó de Calcário .....</i>	12
<i>Figura 4 – Armazenagem dos agregados, Brita Basalto n° 1,5, Seixo Brita n° 1 e 1,5, e Brita Calcário n° 1 e 1,5 .....</i>	12
<i>Figura 5 – Cisternas, depósito de Gás .....</i>	12
<i>Figura 6 – Depósito de Gasóleo 10.000 LTS.....</i>	12
<i>Figura 7 - Cisterna de betume .....</i>	13
<i>Figura 8 - Temperatura de saída do betume da cisterna, estado líquido (acima dos 100 °C).....</i>	13
<i>Figura 9 - Cisterna, depósito de óleo .....</i>	13
<i>Figura 10 - Temperatura da saída do óleo da cisterna, (162 °C) .....</i>	13
<i>Figura 11 - Composição volumétrica de uma mistura betuminosa compactada [30] .....</i>	14
<i>Figura 12 - Efeito da quantidade do betume numa mistura betuminosa [35] .....</i>	15
<i>Figura 13 - Peneiro de ensaios, tampa e recipiente de fundo .....</i>	17
<i>Figura 14 - Estufa ventilada .....</i>	17
<i>Figura 15 - Equipamento de lavagem.....</i>	17
<i>Figura 16 - Balanças .....</i>	17
<i>Figura 17 - Tabuleiros e escovas .....</i>	17
<i>Figura 18 - Máquina de peneirar .....</i>	18
<i>Figura 19 - Material imerso em água.....</i>	19
<i>Figura 20 - Despejo do material no peneiro de 1 mm que serve de proteção ao peneiro 63 µm.....</i>	19
<i>Figura 21 - Lavagem da material até que a agua passada nos peneiros fosse límpida .....</i>	19
<i>Figura 22 - Estufa ventilada .....</i>	19
<i>Figura 23 - Material após secagem em estufa.....</i>	19
<i>Figura 24 - Equipamento de peneiração com torre de peneiros .....</i>	20
<i>Figura 25 - Peneiração mecânica do material seco .....</i>	20
<i>Figura 26 - Pesagem do material expresso em gramas.....</i>	21

<i>Figura 27 - Curva granulométrica (Brita Basalto nº 1,5)</i> .....	24
<i>Figura 28 - Peneiro de ensaio</i> .....	26
<i>Figura 29 - Peneiro de barras</i> .....	26
<i>Figura 30 - Balanças</i> .....	26
<i>Figura 31 - Estufa ventilada</i> .....	26
<i>Figura 32 - Máquina de peneiração</i> .....	26
<i>Figura 33 - Abertura de peneiro de 4 mm</i> .....	27
<i>Figura 34 – Peneiro de 4 mm</i> .....	27
<i>Figura 35 - Partículas separadas por fração granular <math>d_i/D_i</math></i> .....	27
<i>Figura 36 - Peneiração com peneiro de barras</i> .....	28
<i>Figura 37 – Material passado no peneiro de barras</i> .....	28
<i>Figura 38 - Pesagem do material passado de cada fração granulométrica</i> .....	28
<i>Figura 39 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio</i> .....	32
<i>Figura 40 - Secagem, peneiração e separação por fração granulométrica do material <math>d_i/D_i</math></i> .....	33
<i>Figura 41 - Paquímetro</i> .....	34
<i>Figura 42 - Medição do comprimento <math>L</math></i> .....	34
<i>Figura 43 - Medição da espessura <math>E</math></i> .....	34
<i>Figura 44 - Exemplo de partícula não cubica</i> .....	35
<i>Figura 45 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio</i> .....	40
<i>Figura 46 - Secagem, peneiração e material rejeitado</i> .....	41
<i>Figura 47 - Separação das partículas esmagadas ou partidas das partículas arredondadas</i> .....	42
<i>Figura 48 - Partículas arredondadas</i> .....	42
<i>Figura 49 – Partículas esmagadas ou partidas</i> .....	42
<i>Figura 50 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio</i> .....	48
<i>Figura 51 - Provete com 200 g da fração granulométrica 0/2 mm</i> .....	49
<i>Figura 52 - Peneiração da subamostra no peneiro de 2 mm (amostra final 200 g)</i> .	50
<i>Figura 53 – Preparação da suspensão e aplicação da primeira injeção de corante</i>	50
<i>Figura 54 - Suspensão final</i> .....	51
<i>Figura 55 – formação persistente da auréola na zona húmida</i> .....	51
<i>Figura 56 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio</i> .....	53
<i>Figura 57 - Peneiração para o ensaio de Los Angeles</i> .....	54

Figura 58 - Percentagem de material retido no peneiro 10 mm, e passado no peneiro de 12,5 mm .....	55
Figura 59 - Amostra laboratorial modificada de 10 a 14 mm.....	56
Figura 60 - Procedimento do ensaio, pelo método de Los Angeles .....	56
Figura 61 - Peneiração no peneiro de 1,6 mm, material após peneiração, material lavado no peneiro de 1,6 mm, material na estufa. ....	57
Figura 62 – Material retido no peneiro de 1,6 mm após secagem e pesagem, método de Los Angeles.....	57
Figura 63 - Modelo de ensaio de penetração de betume [16].....	60
Figura 64 - Modelo de ensaio, temperatura de amolecimento, método do anel e bola (Branco et al 2008).....	61
Figura 65 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio .....	61
Figura 66 - Provetes na estufa para o ensaio de penetração do betume .....	62
Figura 67 - Provetes em repouso para ensaio de penetração do betume .....	62
Figura 68 - Ensaio de penetração do betume a 25°C.....	63
Figura 69 - Penetrómetro do laboratório de Geotecnia e Vias de Comunicação “ESTG” .....	64
Figura 70 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio .....	67
Figura 71 - Descarga do betume para a cisterna da empresa "Cimalha" a 150 °C aproximadamente .....	67
Figura 72 - Equipamentos para a realização do ensaio, preparação do ensaio método de “Anel e Bola” .....	68
Figura 73 – Colocação das esferas, início do ensaio método “Anel e Bola” .....	68
Figura 74 - Início das deformações, betume a tocar na chapa .....	69
Figura 75 - Esquema de funcionamento de uma central descontínua [56].....	74
Figura 76 - Modelo do aparelho utilizado no ensaio de Marshall [21].....	75
Figura 77 – Esquema de funcionamento da prensa de corte giratória [23] .....	76
Figura 78 - Central descontínua da “Cimalha” em funcionamento, esteira transportadora de inertes .....	77
Figura 79 - Gabinete de controlo da central "Cimalha".....	78
Figura 80 - Descarga direta da mistura e controlo da temperatura “Cimalha” (165 °C).....	79
Figura 81 - Camiões cobertos com lona "Cimalha".....	79
Figura 82 - Pavimentadora elétrica da "Cimalha" .....	80

<i>Figura 83 - Esquema de funcionamento de uma pavimentadora [57]</i> .....	81
<i>Figura 84 - Cilindro de Pneus e Cilindro de Rolos utilizados para a compactação [57]</i> .....	81
<i>Figura 85 - Pavimentos rodoviários danificados, infiltração das raízes dos pinheiros</i> <i>(Souto da Carpalhosa)</i> .....	82
<i>Figura 86 - Trecho da estrada após aplicação da rega “cola” (Souto da Carpalhosa)</i> .....	82
<i>Figura 87 – Comboio entre o camião e a pavimentadora</i> .....	83
<i>Figura 88 – Pavimentação de trecho da estrada</i> .....	83
<i>Figura 89 - Compactação de um trecho do pavimento reabilitado “Cimalha” (Souto</i> <i>da Carpalhosa)</i> .....	83
<i>Figura 90 - Treco do pavimento reabilitado "Cimalha" (Souto da Carpalhosa)</i> ....	84
<i>Figura 91 - Giratória e fresadora utilizados para recuperação de material</i> .....	85
<i>Figura 92 - Extração de carotes</i> .....	86
<i>Figura 93 - Semipenetração, "brita 3 ou 4", pavimento antigo</i> .....	87
<i>Figura 94 - Carote com a separação das camadas, pavimento recente</i> .....	87
<i>Figura 95 - Determinação da percentagem de vazios dos provetes</i> .....	89
<i>Figura 96 - Prensa de Marshall</i> .....	92
<i>Figura 97 - Provetes em banho-maria a 60 °C</i> .....	93
<i>Figura 98 – Anel dinamométrico e rotura de provete</i> .....	93
<i>Figura 99 – Símbolo relativo a marcação CE [66]</i> .....	101
<i>Figura 100 - Curva granulométrica (Pó de Calcário)</i> .....	124
<i>Figura 101 - Curva granulométrica (Filler)</i> .....	127
<i>Figura 102 - Curva granulométrica (Brita Calcário nº 1,5)</i> .....	130
<i>Figura 103 - Curva granulométrica (Seixo Brita nº 1,5)</i> .....	133
<i>Figura 104 - Curva granulométrica (Brita Calcário nº 1)</i> .....	136
<i>Figura 105 - Curva granulométrica (Seixo Brita nº 1)</i> .....	139

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de tabelas

---

<i>Tabela 1 – Cronograma das atividades</i> .....	3
<i>Tabela 2- Massa dos provetes para agregados de peso corrente [8]</i> .....	18
<i>Tabela 3 - Análise granulométrica, método de peneiração (Brita Basalto nº 1,5)</i> ...	22
<i>Tabela 4 - Total de material retido (Brita Basalto nº 1,5)</i> .....	23
<i>Tabela 5 - Validação do ensaio (Brita Basalto nº1,5)</i> .....	23
<i>Tabela 6 - Módulo de finura (Brita Basalto nº 1,5)</i> .....	23
<i>Tabela 7- Peneiro de barras [9]</i> .....	25
<i>Tabela 8 - Determinação do índice de achatamento, validação do ensaio (Brita Basalto nº 1,5)</i> .....	30
<i>Tabela 9- Massa de provetes [10]</i> .....	32
<i>Tabela 10 - Determinação do índice de forma (Brita Basalto nº 1,5)</i> .....	37
<i>Tabela 11 - Determinação do índice de forma (Seixo Brita nº 1)</i> .....	38
<i>Tabela 12 - Determinação da percentagem de superfície esmagada e partidas (Brita Basalto nº 1,5)</i> .....	44
<i>Tabela 13 - Validação da massa de retenção (Brita Basalto nº 1,5)</i> .....	44
<i>Tabela 14 - Determinação da percentagem de superfície esmagada e partidas (Seixo Brita nº 1)</i> .....	46
<i>Tabela 15 – Validação da retenção da massa (Seixo Brita nº 1)</i> .....	47
<i>Tabela 16 - Determinação do teor do fino, Azul-de-metileno (Pó de Calcário (0/4))</i> .....	52
<i>Tabela 17 - Peneiros de ensaio (Los Angeles) [13]</i> .....	54
<i>Tabela 18 – Determinação do valor do coeficiente de Los Angeles (Brita Basalto nº 1,5)</i> .....	58
<i>Tabela 19 - Tipo de betume e exigências de caderno de conformidade [48]</i> .....	60
<i>Tabela 20 - Condições de carga, temperatura e tempo (Penetração de Betume) [17]</i> .....	63
<i>Tabela 21 – Ensaio de penetração do betume 25°C</i> .....	65
<i>Tabela 22 - Confirmação do ensaio de penetração do betume 25°C</i> .....	65
<i>Tabela 23 - Penetração do betume a 25°C</i> .....	66
<i>Tabela 24 - Determinação do ponto de amolecimento do betume “Método de Anel e Bola 1º Ensaio”</i> .....	70

<i>Tabela 25 - Determinação do ponto de amolecimento do betume “Método de Anel e Bola 2º Ensaio”</i> .....	70
<i>Tabela 26 - Duração e temperatura do ensaio</i> .....	71
<i>Tabela 27 - Tipologia das misturas betuminosas [48]</i> .....	73
<i>Tabela 28 - Requisitos de porosidade para as várias misturas [6]</i> .....	88
<i>Tabela 29 - Dados dos provetes "carotes"</i> .....	88
<i>Tabela 30 - Volume, massas, baridade e percentagem de absorção de água dos provetes</i> .....	89
<i>Tabela 31 - Percentagem de vazio nos provetes 1 e 2</i> .....	90
<i>Tabela 32 – Percentagem de vazios nos provetes 3 e 4</i> .....	91
<i>Tabela 33 - Determinação dos coeficientes de Marshall</i> .....	94
<i>Tabela 34 - Análise granulométrica, método de peneiração (Pó de Calcário)</i> .....	122
<i>Tabela 35 - Total de material retido (Pó de Calcário)</i> .....	123
<i>Tabela 36 - Validação do ensaio (Pó de Calcário)</i> .....	123
<i>Tabela 37 - Módulo de finura (Pó de Calcário)</i> .....	123
<i>Tabela 38 - Análise granulométrica, método de peneiração (Filler)</i> .....	125
<i>Tabela 39 - Total de material retido (Filler)</i> .....	125
<i>Tabela 40 - Validação do ensaio (Filler)</i> .....	126
<i>Tabela 41 - Módulo de finura (Filler)</i> .....	126
<i>Tabela 42 - Análise granulométrica, método de peneiração (Brita Calcário nº 1,5)</i> .....	128
<i>Tabela 43 - Total de material retido (Brita Calcário nº 1,5)</i> .....	128
<i>Tabela 44 - Validação do ensaio (Brita Calcário nº 1,5)</i> .....	128
<i>Tabela 45 - Módulo de finura (Brita Calcário nº 1,5)</i> .....	129
<i>Tabela 46 - Análise granulométrica, método de peneiração (Seixo Brita nº 1,5)</i> ...	131
<i>Tabela 47 - Total de material retido (Seixo Brita nº 1,5)</i> .....	131
<i>Tabela 48 - Validação do ensaio (Seixo Brita nº 1,5)</i> .....	131
<i>Tabela 49 - Módulo de finura (Seixo Brita nº 1,5)</i> .....	132
<i>Tabela 50 - Análise granulométrica, método de peneiração (Brita Calcário nº 1)</i> . 134	
<i>Tabela 51 - Total de material retido (Brita Calcário nº 1)</i> .....	134
<i>Tabela 52 - Validação do ensaio (Brita Calcário nº 1)</i> .....	134
<i>Tabela 53 - Módulo de finura (Brita Calcário nº 1)</i> .....	135
<i>Tabela 54 - Análise granulométrica, método de peneiração (Seixo Brita nº 1)</i> .....	137
<i>Tabela 55 - Total de material retido (Seixo Brita nº 1)</i> .....	137

<i>Tabela 56 - Validação do ensaio (Seixo Brita n°1)</i> .....	137
<i>Tabela 57 - Modulo de finura (Seixo Brita n° 1)</i> .....	138
<i>Tabela 58 - Determinação do índice de achatamento, validação do ensaio (Brita Calcário n° 1,5)</i> .....	140
<i>Tabela 59 - Determinação do índice de achatamento, validação do ensaio (Seixo Brita n° 1,5)</i> .....	141
<i>Tabela 60 - Determinação do índice de achatamento, validação do ensaio (Brita Calcário n° 1)</i> .....	142
<i>Tabela 61 - Determinação do índice de achatamento, validação do ensaio (Seixo Brita n° 1)</i> .....	143
<i>Tabela 62 - Determinação do índice de forma (Brita Calcário n° 1,5)</i> .....	144
<i>Tabela 63 - Determinação do índice de forma (Seixo Brita n° 1,5)</i> .....	145
<i>Tabela 64 - Determinação do índice de forma (Brita Calcário n° 1)</i> .....	146
<i>Tabela 65 - Determinação da percentagem de superfície esmagada e partidas (Brita Calcário n° 1,5)</i> .....	147
<i>Tabela 66 – Validação da retenção da massa (Brita calcário n° 1,5)</i> .....	147
<i>Tabela 67 - Determinação da percentagem de superfície esmagada e partidas (Seixo Brita n° 1,5)</i> .....	149
<i>Tabela 68 - Validação da retenção da massa (Seixo Brita n° 1,5)</i> .....	149
<i>Tabela 69 - Determinação da percentagem de superfície esmagada e partidas (Brita Calcário n° 1)</i> .....	151
<i>Tabela 70 – Validação da retenção da massa (Brita Calcário n° 1)</i> .....	151

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Lista de siglas e Abreviaturas

---

## Letras Romanas

AC	Asphalt Concrete
Bin	Binder Course
Base	Base Course
Reg	Regulation Course
Surf	Surface Course
°C	Grau Celsius
Kg	Quilogramas
KN	Quilonewton
Pa	Pascal
(ABGE)	Agregado Britado de Granulometria Extensa
M	Massa
Ri	Massa em cada Fração Granulométrica di/Di
mi	Massa, em Gramas, do Material em cada Fração Granulométrica di/Di que passa pelo Peneiro de Barras, com Ranhura de Largura Di/2
f	Porcentagem de Finos
FI	Índice de Achatamento (Flakiness Index)
SI	Índice de Forma (Shape Index)
MB, MBf	Azul-de-Metileno (Methylene Blue)
LA	Coefficiente de Los Angeles
CM	Coefficiente de Marshall
EM	Estabilidade de Marshall
DM	Deformação de Marshall
LL	Limite de Liquidez
LP	Limite de Plasticidade

C(c.r.tc.tr)	Porcentagem Partículas Esmagadas ou Partidas, Partículas Arredondadas, Totalmente Esmagadas ou Partidas e Partículas Totalmente Arredondadas
M(c.r.tc.tr)	Massas, em Gramas, Partículas Esmagadas ou Partidas, Partículas Arredondadas, Totalmente Esmagadas ou Partidas e Partículas Totalmente Arredondadas
mm	Milímetros
ml	Mililitro
s	Segundo
di/Di	Fração Granulométrica (Diâmetro, Abertura inferior e Superior)
E	Espessura de Partícula
L	Comprimento de Partícula
V1	Volume de Solução de Corante Adicionada
Va	Volume de Agregados
Vb	Volume de Betume
Vm	Porosidade
Vv	Volume de Vazio
VMA	Vazio da Mistura de Agregados
VMP	Valor Médio de Penetração
PA	Profundidade da Agulha
MPAi	Média da Profundidade da Agulha
Pi	Profundidade Inicial da Agulha
Pf	Profundidade Final da Agulha
PAB	Ponto de Amolecimento do Betume
T1	Temperatura em que a Primeira Esfera Toca no Fundo
T2	Temperatura em que a Segunda Esfera Toca no Fundo

### **Letras Gregas**

$\mu\text{m}$	Micrómetro
%	Percentagem
$\emptyset$	Diâmetro
$\rho$	Baridade

### **Siglas**

NP	Norma Portuguesa
NP EN	Norma Portuguesa baseada em Norma Europeia
EN	Norma Europeia
ISO	Norma Europeia da Organização Internacional para Padronização (International Organization for Standardization)
ISRM	Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas
ASTM	American Society for Testing and Materials
AASHO	American Association of State Highway Officials
AASHTO	American Association of State Highway and Transport Officials (anteriormente designada por AASHO)
EAPA	European Asphalt Pavement Association
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
IPQ	Instituto Português de Qualidade
IGPAI	Inspeção Geral dos Produtos Agrícolas e Industriais (Antecessora do atual IPQ)
IPL	Instituto Politécnico de Leiria
ESTG	Escola Superior de Tecnologia e Gestão de Leiria
NERLEI	Associação Empresarial da Região de Leiria
JAE	Junta Autónoma de Estradas
EP	Estradas de Portugal

REFER	Rede Ferroviária Nacional
IP	Infraestruturas de Portugal
EUA	Estados Unidos da América
CE	Comissão Europeia/Conformidade Europeia
DPC	Diretiva Comunitária dos Produtos de Construção
EEE	Espaço Económico Europeu
ETA	Aprovações Técnicas Europeias
NH	Normas Harmonizadas

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Índice

---

<b>DEDICATÓRIA</b>	<b>III</b>
<b>AGRADECIMENTOS</b>	<b>V</b>
<b>RESUMO</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>IX</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>XI</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>XVI</b>
<b>LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS</b>	<b>XX</b>
<b>ÍNDICE</b>	<b>XXV</b>
<b>1. INTRODUÇÃO</b>	<b>2</b>
1.1. Enquadramento	2
1.2. Objetivo	2
1.3. Metodologia	2
1.4. Estrutura de trabalho	3
<b>2. LITERATURA</b>	<b>5</b>
2.1. Revisão bibliográfica	5
<b>3. MISTURAS BETUMINOSAS PRODUZIDAS PELA EMPRESA</b>	<b>9</b>
3.1. Tipos de Pavimentos Rodoviários mais Comuns e Sua Constituição	9
3.2. Fabrico de Misturas Betuminosas na empresa	11

<b>3.3.</b>	<b>Propriedades e constituição do Betume Asfáltico</b>	<b>13</b>
<b>4.</b>	<b>ENSAIO DE INERTES PARA MISTURAS BETUMINOSAS</b>	<b>16</b>
<b>4.1.</b>	<b>Análise granulométrica, método de peneiração</b>	<b>17</b>
4.1.1.	Procedimento do ensaio	17
4.1.2.	Cálculos e expressão dos resultados	21
4.1.3.	Resultados e gráficos dos relatórios de ensaio	22
<b>4.2.</b>	<b>Determinação da forma das partículas, índice de achatamento</b>	<b>25</b>
4.2.1.	Procedimento do ensaio	26
4.2.2.	Cálculos e expressão dos resultados	28
4.2.4.	Resultados dos relatórios de ensaio para cada material	30
<b>4.3.</b>	<b>Determinação da forma das partículas, índice de forma</b>	<b>31</b>
4.3.1.	Procedimento do ensaio	31
4.3.2.	Cálculo e expressão dos resultados	35
4.3.3.	Resultados dos relatórios de ensaio para cada material	37
<b>4.4.</b>	<b>Determinação da percentagem de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos</b>	<b>39</b>
4.4.1.	Procedimento do ensaio	40
4.4.2.	Cálculo e expressão dos resultados	43
4.4.3.	Resultados dos relatórios de ensaio para cada material	44
<b>4.5.</b>	<b>Azul-de-metileno</b>	<b>48</b>
4.5.1.	Procedimento do ensaio	48
4.5.2.	Cálculo e expressão dos resultados	52
4.5.3.	Resultados e gráfico dos relatórios de ensaio	52
<b>4.6.</b>	<b>Resistência à fragmentação, Coeficiente de Los Angeles, LA</b>	<b>53</b>
4.6.1.	Procedimento do ensaio	53
4.6.2.	Cálculo e expressão dos resultados	58
4.6.3.	Resultados e gráficos dos relatórios de ensaio	58
<b>5.</b>	<b>ENSAIO DE BETUME ASFÁLTICO</b>	<b>59</b>
<b>5.1.</b>	<b>Betume de penetração 25°C</b>	<b>61</b>
5.1.1.	Procedimento do ensaio	61
5.1.2.	Cálculo e expressão dos resultados	64

5.1.3.	Resultados e gráfico dos relatórios de ensaio	65
<b>5.2.</b>	<b>Ponto de amolecimento, método de “anel e bola”</b>	<b>66</b>
5.2.1.	Procedimento de ensaio	67
5.2.2.	Cálculo e expressão dos resultados	69
5.2.3.	Resultados e gráficos dos relatórios de ensaio	70
<b>6.</b>	<b>PRODUÇÃO DE MISTURAS BETUMINOSAS EM CENTRAL</b>	<b>72</b>
<b>7.</b>	<b>COLOCAÇÃO E CONTROLO DE MISTURAS BETUMINOSAS EM OBRA</b>	<b>80</b>
7.1.	Considerações Iniciais	80
7.2.	Trabalhos de Pavimentação Rodoviária	80
7.3.	Extração de carotes para ensaios	86
7.4.	Ensaio de Marshall	91
7.4.1.	Procedimento do ensaio	92
7.4.2.	Cálculo e expressão dos resultados	93
7.4.3.	Resultados e gráficos dos relatórios de ensaio	94
<b>8.</b>	<b>IMPLEMENTAÇÃO DE UM LABORATÓRIO DE ENSAIOS</b>	<b>95</b>
8.1.	Tipo de ensaios pretendidos	95
8.2.	Equipamentos pretendidos e funções	97
	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>102</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>104</b>
	<b>ANEXOS</b>	<b>109</b>
	<b>ANEXO A – RESUMO E CLASSIFICAÇÕES DOS ENSAIOS</b>	<b>110</b>
	<b>ANEXO B – ORGANOGRAMA DA CIMALHA</b>	<b>121</b>
	<b>ANEXO C – RESTANTES RELATÓRIOS DE ENSAIO DOS MATERIAIS</b>	<b>122</b>

<b>ANEXO D – FICHAS TÉCNICAS DOS MATERIAIS</b>	<b>152</b>
<b>GLOSSÁRIO</b>	<b>180</b>



# 1. Introdução

---

## 1.1. Enquadramento

---

Refere-se o presente relatório ao estágio realizado na empresa Cimalha Construções da Batalha, S.A. entre o período 11 de Maio de 2015 a 30 de Setembro de 2015 no âmbito do Mestrado em Engenharia Civil – Construções Cívicas. No decurso deste período o signatário colaborou em diversas tarefas sempre com o intuito de desenvolver experiências e aperfeiçoar conhecimentos no âmbito fabril, controlo de qualidade e colocação de mistura betuminosa em obra.

Criada a quase 40 anos a empresa Cimalha Construções da Batalha, S.A. é uma sociedade por cotas fundada por escritura pública em 10 de Maio de 1978, inicialmente dedicou-se a construções de obras públicas e privadas, Com o passar dos tempos a empresa tem vindo a especializar-se em vias de comunicação, terraplenagem, redes de saneamento e urbanizações, a empresa tem um capital social de 900.000,00€ e a sua sede fica localizada no IC2 – Santo Antão Batalha, a empresa é detentora do Alvará de Construção n.º 1527 e concentra toda a sua atividade no espaço geográfico do centro do país.

## 1.2. Objetivo

---

O objetivo do presente trabalho é o de aprofundar os conhecimentos adquiridos no domínio do controlo de qualidade do processo de fabrico e colocação em obra de misturas betuminosas através de um contacto com o mercado de trabalho da área.

## 1.3. Metodologia

---

O plano de estágio contemplou as seguintes tarefas as quais foram desenvolvidas ao longo do período em que o mesmo decorreu:

Tarefa 1: Análise de regulamentação técnica referente ao fabrico, controlo de qualidade e colocação de misturas betuminosa.

Tarefa 2: Ensaio de inertes para misturas betuminosas.

Tarefa 3: Ensaio de controlo de qualidade em betumes e emulsões betuminosas.

Tarefa 4: Controlo de qualidade no fabrico de misturas betuminosas.

Tarefa 5: Controlo de qualidade na colocação em obra de misturas betuminosas.

Tabela 1 – Cronograma das atividades

	Maio	Junho	Julho	Agosto	Setembro
<i>Análise de regulamentação técnica referente ao fabrico controlo de qualidade e colocação de mistura betuminosas;</i>	X	X			
<i>Ensaio de inertes para misturas betuminosas;</i>		X	X		
<i>Ensaio de controlo de qualidade em betumes e emulsões betuminosas;</i>		X	X		
<i>Controlo de qualidade no fabrico de misturas betuminosas;</i>			X	X	
<i>Controlo de qualidade na colocação em obra de misturas betuminosas;</i>			X	X	X

## 1.4. Estrutura de trabalho

---

Mediante as necessidades da empresa, o presente trabalho está organizado nos capítulos a seguir mencionados:

Capítulo 1: Introdução – Efetua a abordagem e o enquadramento do trabalho desenvolvido. No mesmo capítulo são apresentados os objetivos e a metodologia do trabalho realizado, tal como a estrutura deste relatório.

Capítulo 2: Revisão da Literatura – Este capítulo faz uma breve abordagem as principais referencias bibliográficas na área em que o trabalho foi desenvolvido.

Capítulo 3: Mistura betuminosa para camadas de pavimentos rodoviários – Este capítulo especifica algumas características de misturas betuminosa, a disposição destas nos pavimentos rodoviários, as características dos constituintes de um pavimento rodoviário e funções desempenhadas, os cuidados tidos em consideração no estaleiro da empresa Cimalha Construções da Batalha, S.A., para a produção das misturas betuminosas.

Capítulo 4: Ensaio de inertes para misturas betuminosas – Este capítulo efetua a abordagem dos seguintes ensaios realizados para os inertes, ensaios das propriedades geométricas dos agregados: Análise granulométrica (método de peneiração); Determinação da fórmula das partículas (índice de achatamento); Determinação da forma das partículas (índice de forma); Determinação da percentagem de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos; Determinação do teor de finos (ensaio de azul-de-metileno) e ensaios das propriedades mecânicas e físicas dos agregados: Método para a determinação da resistência à fragmentação (coeficiente de Los Angeles).

Capítulo 5: Ensaio de betume para misturas betuminosas – Descreve o processo que caracteriza o ensaio de penetração de betume (medição indireta da viscosidade/resistência do betume) e a determinação do ponto/temperatura de amolecimento do betume (medição indireta da deformabilidade do betume, avaliação do comportamento do betume a temperaturas elevadas).

Capítulo 6: Produção da mistura betuminosa na central – Este capítulo descreve a metodologia geral de produção de mistura betuminosa tal como os processos de formulação existentes. Descreve e aborda o processo adotado pela empresa Cimalha Construções da Batalha, S.A.

Capítulo 7: Colocação e controlo de mistura betuminosa em obra – Descreve o processo de colocação de mistura betuminosa em obra pela empresa Cimalha Construções da Batalha, S.A. explicando a metodologia geral que deve ser adotada. Aborda a importância da extração de carotes como amostra para ensaios que dão a conhecer algumas características essenciais da estrutura. Faz uma pequena abordagem ao critério de aceitação/rejeição do produto final segundo o CETO e ainda no mesmo capítulo foi apresentado a abordagem feita para determinação dos coeficientes de Marshall tal como algumas outras características dos provetes das amostras ensaiadas.

Capítulo 8: Implementação de um laboratório de ensaio a empresa – Este capítulo explica como surgiu a necessidade de implementação de um laboratório interno na empresa Cimalha Construções da Batalha, S.A., descreve os tipos de ensaios que se pretende realizar e os equipamentos pretendidos.

Conclusão: Neste tópico são referidos as principais observações/conclusões obtidas durante todos os processos abordados neste trabalho.

## 2. Literatura

---

Foi feita análise de um conjunto de regulamentações técnica referente ao fabrico controlo de qualidade e colocação de mistura betuminosa em obra.

Durante o período de pesquisa ficou claro a real importância dos pavimentos rodoviários flexíveis, encontrou-se inúmeros relatórios, artigos, especificações, monografias, teses e normas referentes aos pavimentos rodoviários e seus constituintes, fabrico e colocação de misturas betuminosas em obra.

### 2.1. Revisão bibliográfica

---

Sendo o foco do trabalho realizado, fabrico, controlo de qualidade e colocação de mistura betuminosa em obra, baseou-se, essencialmente, na regulamentação existente no nosso país “Caderno de Encargo Tipo Obra” (CETO) [2] publicado pela IP (Infraestruturas de Portugal, antiga EP), onde são especificadas os tipos de ensaios (normas) para cada elemento ditando a conformidade ou não do elemento em estudo.

O CETO, em 2009, publicou capítulos com alterações adaptadas as necessidades do país com o principal objetivo de satisfação e qualidade nas estruturas a serem implantadas, servindo assim como base sólida para o trabalho em questão. Os capítulos a seguir mencionados serviram de base para o desenvolvimento do trabalho:

- Capítulo 14.00 – Controlo de Qualidade [4];
- Capítulo 14.03 – Pavimentação – Características dos Materiais [5];
- Capítulo 15.03- Pavimentação – Método construtivos [6].

#### **Agregados Para misturas betuminosas**

Em 2008 Palha [7] apresentou nas suas aulas um documento intitulada “Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação”, onde destaca as características dos agregados grossos e finos apresentando os requisitos gerais para cada uma delas e suas respetivas categorias.

Em 1997 a CEN ratificou a norma Europeia EN 933-1:1997 [8], a norma baseia-se na descrição dos métodos de ensaios das propriedades geométricas dos agregados, sendo esta a parte um da referida norma. Consiste assim na descrição detalhada do ensaio de análise granulométrica pelo método de peneiração. Todos os membros da CEN são obrigados a submeterem ao Regulamento interno da CEN/CENELE. A versão portuguesa da referente

norma é a NP EN 933-1:2000 tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais. O IPQ é responsável pela tradução da norma.

Em 1996 a CEN ratificou a norma Europeia EN 933-3:1997 [9], a norma baseia-se na descrição dos métodos de ensaios das propriedades geométricas dos agregados, sendo esta a parte três da referente norma, consiste na descrição detalhada do ensaio para a determinação da forma das partículas, índice de achatamento. Todos os membros da CEN são obrigados a submeterem ao Regulamento interno da CEN/CENELE. A versão portuguesa da referente norma é a NP EN 933-3:2002 tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais, O IPQ é responsável pela tradução da norma.

Em 1999 a CEN ratificou a norma Europeia EN 933-4:1999 [10], a norma baseia-se na descrição dos métodos de ensaios das propriedades geométricas dos agregados, sendo esta a parte quatro da referente norma, consiste na descrição detalhada do ensaio para a determinação da forma das partículas, índice de forma. Todos os membros da CEN são obrigados a submeterem ao Regulamento interno da CEN/CENELE. A versão portuguesa da referente norma é a NP EN 933-4:2002 tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais, O IPQ é responsável pela tradução da norma.

Em 1997 a CEN ratificou a norma Europeia EN 933-5:1998 [11], a norma baseia-se na descrição dos métodos de ensaios das propriedades geométricas dos agregados, sendo esta a parte cinco da referente norma, consiste na descrição detalhada do ensaio para a determinação da percentagem de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos. Todos os membros da CEN são obrigados a submeterem ao Regulamento interno da CEN/CENELE. A versão portuguesa da referente norma é a NP EN 933-5:2002 tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais, O IPQ é responsável pela tradução da norma.

Em 1998 a CEN ratificou a norma Europeia EN 933-9:1998 [12], a norma baseia-se na descrição dos métodos de ensaios das propriedades geométricas dos agregados, sendo esta a parte nove da referente norma, consiste na descrição detalhada do ensaio para a determinação do teor de finos, ensaio de azul-de-metileno. Todos os membros da CEN são obrigados a submeterem ao Regulamento interno da CEN/CENELE. A versão portuguesa da referente norma é a NP EN 933-9:2002 tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais, O IPQ é responsável pela tradução da norma.

Em 1998 a CEN ratificou a norma Europeia EN 1097-2:1998 [13], a norma baseia-se na descrição dos métodos de ensaios das propriedades mecânicas e físicas dos agregados, sendo esta a parte dois da referente norma, consiste na descrição detalhada do ensaio para a determinação da resistência à fragmentação, coeficiente de Los Angeles. Todos os membros da CEN são obrigados a submeterem ao Regulamento interno da CEN/CENELE. A versão portuguesa da referente norma é a NP EN 1097-2:2002 tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais, O IPQ é responsável pela tradução da norma.

## **Betumes**

Sendo o betume o elemento fulcral das misturas betuminosas a CEN (Comité Europeu de Normalização) disponibiliza um conjunto de normas possibilitando caracterizar e efetuar o controlo da qualidade do mesmo. Em Portugal o IPQ (Instituto Português de Qualidade) tem a responsabilidade de traduzir as normas em vigor, as mesmas que foram utilizados nos ensaios do trabalho em questão [14]. Algumas normas referentes a ensaios e controlo de produção em fábrica:

- NP EN 13108-20: Misturas Betuminosas – Especificação dos materiais – Parte 20: Ensaios de Tipo [15];

Em 2008 Palha [16] apresentou nas suas aulas um documento intitulada “Betumes e ligantes betuminosos – Especificações para betumes de pavimentação”, onde apresenta as especificações dos betumes mais utilizados em Portugal, tal como ensaios cruciais para a classificação da classe do betume.

Em 1953 o LNEC fez a abordagem a especificação E 14-1953 SERIE B – SECÇÃO 5 [17], esta especificação descreve todo o procedimento e condições para a realização do ENSAIO DE PENETRAÇÃO DE BETUMES.

Em 1955 o LNEC fez a abordagem a especificação E 34-1955 SERIE B – SECÇÃO 5 [18], esta especificação descreve todo o procedimento para a realização da DETERMINAÇÃO DO PONTO DE AMOLECIMENTO PELO MÉTODO DO “ANEL E BOLA” em materiais betuminosos, tal como a técnica do ensaio.

### **Fabrico de misturas betuminosas**

NP EN 13108-21: Misturas Betuminosas – Especificações dos materiais – Parte 21: Controlo de Produção em Fábrica [19].

Em 1968 a IGPAI fez a abordagem a NP 142-1968 [20], a norma aborda todo o processo e condições tal como a técnica para a determinação do ensaio de compressão de Marshall em misturas betuminosas.

Em 1996 Capitão [21] através de um artigo intitulado “Mistura betuminosa de alto módulo de deformabilidade”, estudou a contribuição para a caracterização do seu comportamento.

Em 2005 Silva [22] fez a tese intitulada “Caracterização de Mástique Betuminoso e da ligação agregado mástique”, com o intuito de contribuir para o estudo do comportamento das misturas betuminosas.

Em 2006 Batista e Picado-Santos [23] através de um artigo intitulado “Reciclagem de misturas betuminosas a quente em central”, efetuaram a abordagem para a caracterização mecânica do mesmo estudando o comportamento das misturas betuminosas recicladas a quente e comparando os resultados obtidos com as das misturas tradicionais.

Em 2006 Gardete [24] fez a dissertação intitulada “Comparação de Ensaios Laboratoriais para a Caracterização de Misturas Betuminosas à Deformação Permanente”, em que faz a abordagem as causas de formação de algumas patologias e ensaios a mistura betuminosas corrente em Portugal para a caracterização a deformação permanente.

Em 2010 Nunes [25] fez a dissertação intitulada “Marcação CE de Misturas Betuminosas: A Experiencia Portuguesa”, em que faz a abordagem do processo de implementação da marcação CE de misturas betuminosas em Portugal, analisando as alterações introduzidas nos procedimentos de formulação das misturas e do controlo do processo de fabrico.

### **Colocação e compactação de misturas betuminosas**

Em 2011 Mendes [26] fez a dissertação intitulada “Caracterização mecânica de misturas betuminosas a aplicar em infraestruturas de transportes”, em que caracteriza o comportamento mecânico das misturas através de um conjunto de ensaios de cargas repetidas em laboratório.

Em 2012 Costa [1] fez a dissertação intitulada “Análise dos Critérios de Aceitação/Rejeição do Caderno de Encargos Tipo Obra da EP para Pavimentação”, em que estuda os critérios de aceitação/rejeição e faz um estudo comparativo entre estes dados e os dados utilizados por outras entidades em Portugal, no Brasil, na Espanha e em Inglaterra.

Em 2008 Palha [27] apresentou nas suas aulas um documento intitulado “Misturas betuminosas para camadas de pavimentos rodoviários”, onde apresenta as características fundamentais das misturas betuminosas para formulação de misturas betuminosas.

Em 2012 Rodrigues [28] fez a dissertação intitulada “Análise da Aplicação de Betume Modificado com Borracha em Portugal ”, em que analisa as propriedades do betume e da borracha de pneus na sua interação e no comportamento estrutural e funcional quando aplicado.

## 3. Misturas betuminosas produzidas pela empresa

---

### 3.1. Tipos de Pavimentos Rodoviários mais Comuns e Sua Constituição

---

Para o bom comportamento de uma estrutura rodoviária de forma a proporcionar, conforto, resistência, durabilidade e segurança aos utentes, existe todo um processo contínuo de controlo, desde a fase inicial/preliminar da estrutura até a fase de execução, sendo assim a mistura betuminosa deve reunir um conjunto de características essenciais, tais como [29]:

- Estabilidade;
- Durabilidade;
- Flexibilidade;
- Resistência à fadiga;
- Aderência;
- Impermeabilidade;
- Trabalhabilidade.

As misturas betuminosas são geralmente aplicadas em camadas de pavimentos rodoviários e aeroportuários durante a sua construção e reabilitação, tanto em pavimentos flexíveis como em pavimentos semi-rígidos [26].

Os pavimentos rodoviários são estruturas constituídas por diversas camadas ligadas ou não, cuja principal função é garantir uma superfície de rolamento seguro para o tráfego mediante as condições climáticas que será submetido [30].

Os pavimentos rodoviários predominantes, flexíveis, apresentam nas suas camadas superiores as misturas betuminosas e nas suas camadas subjacentes material granulares, sendo que os pavimentos semi-rígidos apresentam características semelhantes aos pavimentos flexíveis, contudo as camadas subjacentes apresentam na sua constituição material granulares estabilizados com ligantes hidráulicos.

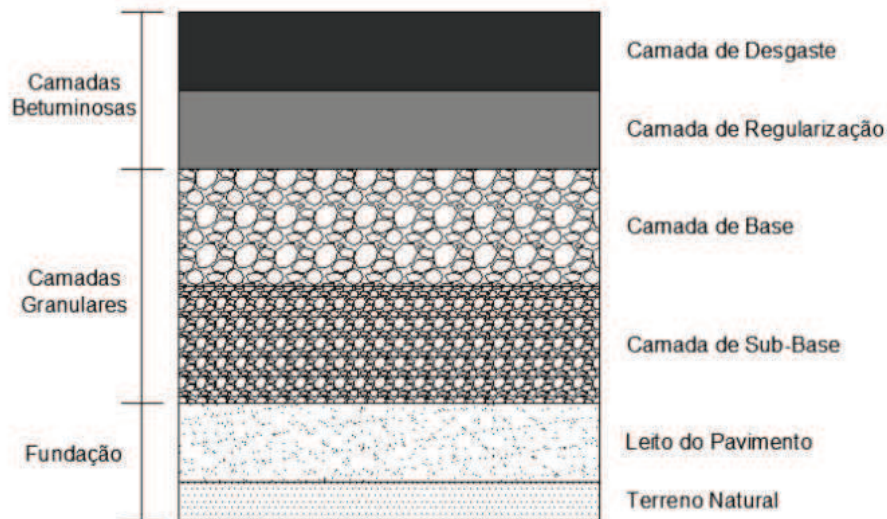


Figura 1 - Constituição tipo de um pavimento rodoviário flexível [26]

Nos pavimentos flexíveis, a camada de desgaste desempenha um papel funcional, contribuindo como uma superfície de rolamento com conforto e segurança, sendo a função estrutural assegurado pela transmissão das cargas dos veículos para as camadas inferiores. Tendo as camadas de desgaste também a função de impermeabilizar o pavimento, impedindo a entrada da água para as camadas subjacentes.

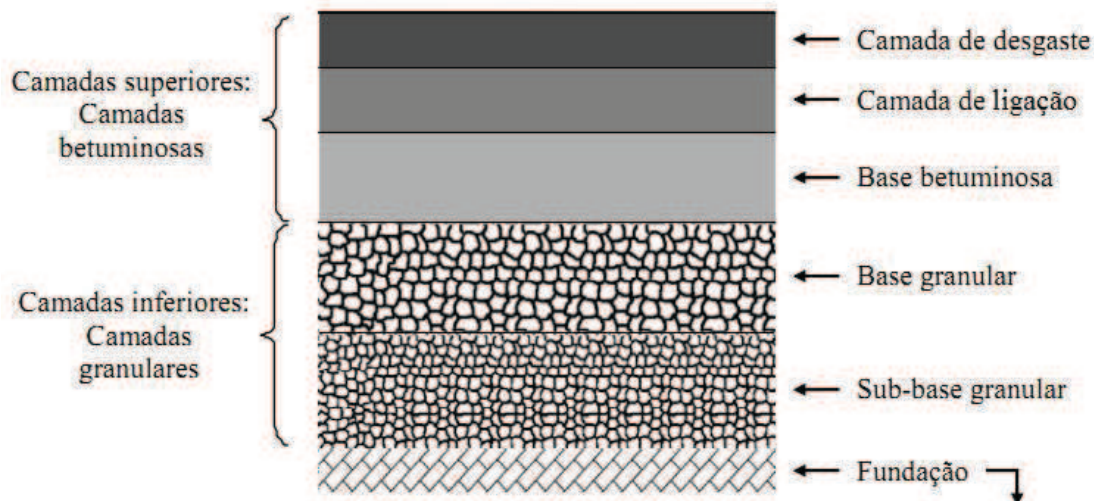


Figura 2 – Constituição tipo de um pavimento rodoviário flexível atual [22]

A camada de ligação que aparece na figura acima, surge como o novo acervo normativo, caracterizado pelo IPQ 2011 segundo EN 13108-1 como uma camada de pavimento aplicado entre a camada de desgaste e a camada de base, tendo funções estruturais assim como a necessidade de apresentar uma superfície conforme para aplicação da camada de

desgaste [14]. Em vias de baixo tráfego ou de tráfego ligeiro, pode não ser necessário a aplicação da camada de ligação [31].

Nos pavimentos semi-rígidos, a camada de desgaste tem um papel secundário na degradação das cargas, pois a laje de betão que assume essa função [32].

A camada de regularização destes tipos de pavimento – semi-rígido e flexível, tem como função regularizar ou servir de apoio á execução da camada de desgaste e degradar as cargas transmitindo-as as camadas subjacentes [33].

A camada de base tem a função de reduzir as tensões de compressão na sub-base, podendo ser constituída por misturas betuminosas ou por materiais granulares. A camada de sub-base tem como função garantir um apoio estável e uniforme a camada de base, absorvendo e dissipando as tensões verticais transmitidas para que sejam menores quando transmitidas a fundação da estrutura, também pode desempenhar funções drenantes e anti-contaminante, precavendo ascensão de finos do solo de fundação para a camada de base. A fundação do pavimento é a superfície do terreno onde assentam as várias camadas do pavimento rodoviário, tem a função de absorver as tensões transmitidas pelas camadas superiores. Em algumas situações como por exemplo, execução de aterros ou má qualidade do solo de fundação, é aplicada uma camada de agregado ou solo sobre a fundação denominado como leito do pavimento, essa camada é considerado como parte integrante da fundação e tem como função garantir opimas condições de fundação para a estrutura, garantindo um grau de compactação adequado para a primeira camada da estrutura rodoviária [34].

## **3.2. Fabrico de Misturas Betuminosas na empresa**

---

Na produção de misturas betuminosas na empresa Cimalha Construções da Batalha, S.A., são levadas em consideração uma série de procedimentos que têm como finalidade garantir a qualidade exigida.

A descarga e movimentação de todo o material provisionado para a zona de armazenamento, e desta para a área de produção é realizado cuidadosamente por equipas qualificadas, e por meios automatizados. Os materiais são armazenados em locais pré-determinados, manuseados e armazenados consoante as indicações ditadas pelos produtos

rececionados. Os agregados são armazenados por distintas frações devidamente separadas de forma a evitar contaminações.

Existe uma boa disponibilidade de área e uma boa racionalização do mesmo para a entrega dos materiais.



*Figura 3 – Armazenagem de Pó de Calcário*



*Figura 4 – Armazenagem dos agregados, Brita Basalto nº 1,5, Seixo Brita nº 1 e 1,5, e Brita Calcário nº 1 e 1,5*

Para o armazenamento do betume existe cisternas adequados e específicas automatizadas de forma a estarem integradas no conjunto de maquinaria.



*Figura 5 – Cisternas, depósito de Gás*



*Figura 6 – Depósito de Gasóleo 10.000 LTS*



*Figura 7 - Cisterna de betume*



*Figura 8 - Temperatura de saída do betume da cisterna, estado líquido (acima dos 100 °C)*



*Figura 9 - Cisterna, depósito de óleo*



*Figura 10 - Temperatura da saída do óleo da cisterna, (162 °C)*

Alguns fatores influenciam o comportamento mecânico das misturas betuminosas, relacionados com a ação do tráfego, a temperatura entre outros associados à composição volumétrica das misturas. Tornando de grande importância os ensaios laboratoriais para definir as condições de ensaio (temperatura de carregamento, frequência de carregamento e estado de tensão) [23].

### **3.3. Propriedades e constituição do Betume Asfáltico**

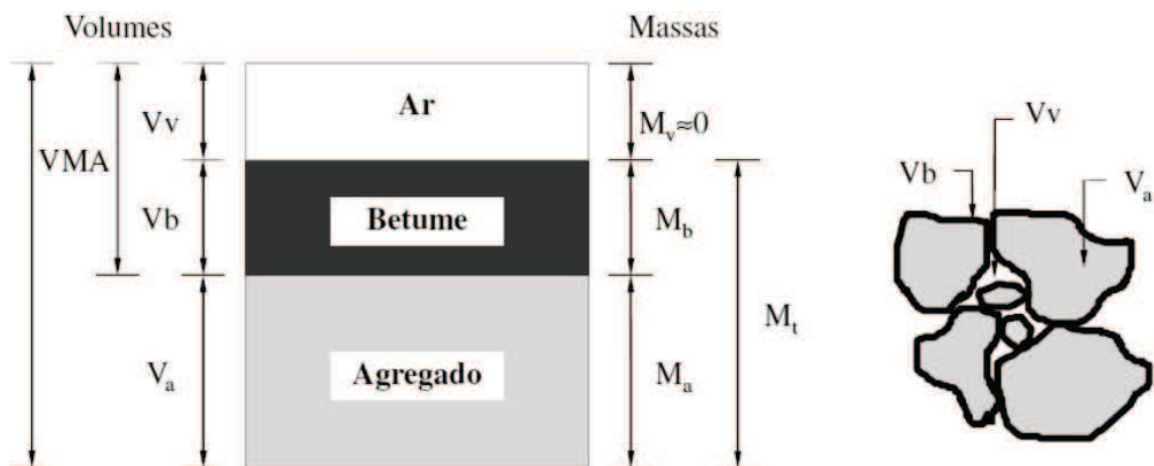
---

O betume é constituído pelos seguintes elementos químicos

- Carbono, 82 a 88 %;

- Hidrogénio, 8 a 11 %;
- Enxofre 0 a 6 %;
- Oxigénio 0 a 1,5 %;
- Azoto 0 a 1 %.

As misturas betuminosas tradicionais são constituídos por três componentes, agregados, betume e ar. Sendo que as propriedades duma mistura depende das porções de cada constituinte bem como das características associadas a cada uma delas.



*Figura 11 - Composição volumétrica de uma mistura betuminosa compactada [30]*

Através da imagem seguinte pode se compreender a influência do betume nas misturas betuminosas perante as ações do tráfego. Caso existe insuficiência do betume na mistura, a mistura betuminosa desagrega, caso for excessiva a mistura torna muito flexível e haverá deformações elevadas, prejudicando a estabilidade da mistura [24].

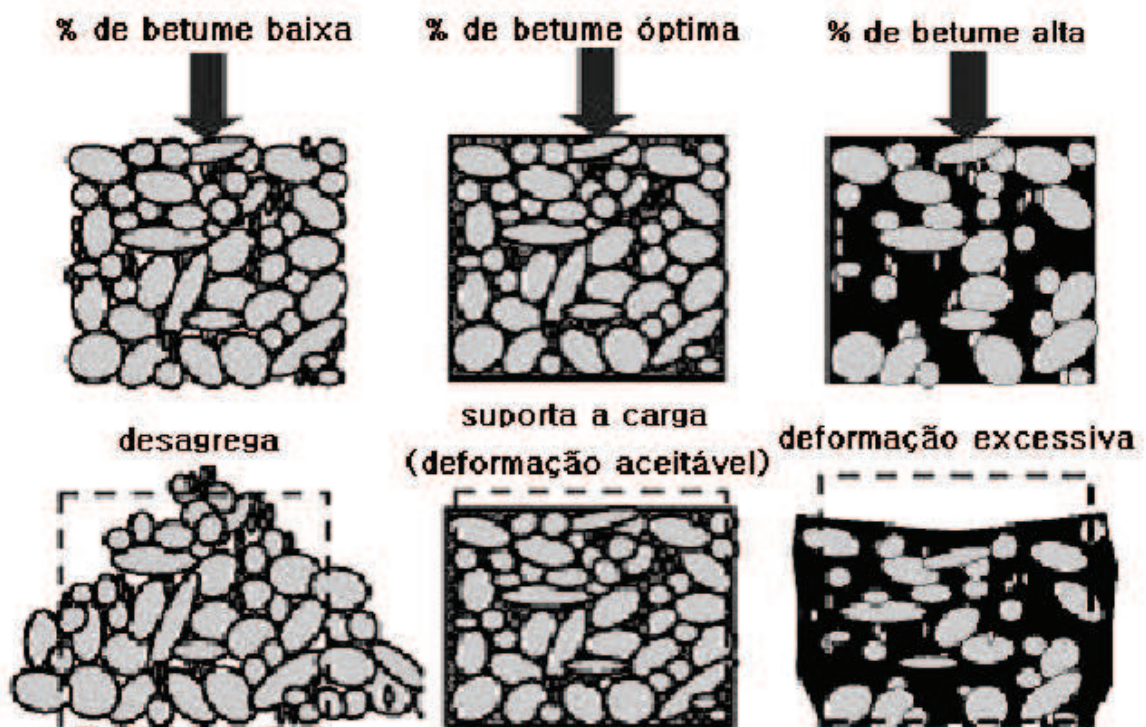


Figura 12 - Efeito da quantidade do betume numa mistura betuminosa [35]

Quanto maior for a viscosidade de um betume ou quando mais duro este for a uma determinada temperatura, melhor será o seu comportamento as deformações permanentes [36].

Mediante o acervo normativo em vigor utiliza-se um elemento granular denominado por *filler*. É um material em que maioritariamente as partículas que a constitui, tem dimensão inferior a 0,063 mm, sendo que a mistura entre o betume e o *filler* dá-se o nome de mástique betuminoso, a ligação entre estes e o restante dos agregados denomina-se de mistura betuminosa.

O *Filler* utilizado na empresa Cimalha Construções da Batalha, S.A. é o recuperado, podendo ser comercializado quando solicitado pela entidade “dono da obra”, este material quando incorporado numa mistura betuminosa influencia na compacidade e na impermeabilidade da mistura betuminosa. Alguns tipos de *filler* ao reagirem com o betume tornam-no mais rígido, conseqüentemente com uma maior suscetibilidade a fratura, enquanto outros tornam a mistura mais suscetível ao ataque hídrico, potenciando a desagregação da mistura [37].

## 4. Ensaio de inertes para misturas betuminosas

---

Segundo as Normas Europeias que os inertes utilizados nas misturas betuminosas podem ser de origem natural, artificial ou reciclados, sendo o inerte natural de origem mineral sujeito apenas a processamento mecânico, o inerte artificial é de origem mineral resultante de um processamento industrial, e por fim o inerte reciclado que é um agregado resultante do processamento de materiais inorgânicos utilizados anteriormente [38].

Os agregados com origem na britagem de rocha são, são denominados de “agregado britado de granulometria extensa” (ABGE).

Na Cimalha Construções da Batalha, S.A. os inertes utilizados são de origem natural, e britados, principalmente provenientes da Lena Agregados.

Os inertes naturais para aplicação em misturas betuminosas, devem ser homogêneos e isentos de materiais orgânicos e qualquer substância estranha de acordo com os critérios propostos pela Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas – ISRM [39].

Para tal aplicação deve ser efetuado um exame petrográfico dos agregados para classificação geral, de acordo com a NP EN 932-3 Descrição petrográfica simplificada [40].

A Norma Europeia que define os requisitos aplicáveis a estes agregados é:

- NP EN 13043 Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação [38];

A norma NP EN 13043 dita que, para determinar as características dos agregados grossos e finos, são efetuados os seguintes ensaios:

- Análise granulométrica para determinar a granulometria do material;
- Los Angeles/MicroDeval para determinação da resistência do material;
- Índice de forma e achatamento para determinação da forma das partículas do material.

Sendo que a empresa não possui ainda um laboratório próprio ficou acordado que os ensaios seriam efetuados no departamento de engenharia civil da ESTG-IPL.

Os requisitos gerais de granulometria classificados segundo a EN 13043 [38] são:

- Agregado grosso – designação dada as frações granulométricas com partículas de maior dimensão, para as quais  $D$  é menor ou igual a 45 mm e  $d$  maior ou igual a 2 mm;

- Agregado fino – designação dada as frações granulométricas com partículas de menor dimensão para as quais  $D$  é menor ou igual a 2 mm, com predominância das partículas retidas no peneiro de 0,063 mm;
- Finos – fração de um agregado que passa no peneiro 0,063 mm;
- Fração granulométrica – os agregados devem ser descritos em termos de fração granulométrica com designação  $d/D$ .

## 4.1. Análise granulométrica, método de peneiração

---

Este ensaio foi efetuado de acordo com a versão portuguesa da Norma Europeia EN 933-1: 1997, tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais [8].

É um ensaio que consiste na separação granular de um material por ordem decrescente através de um conjunto de peneiros, a ordem dos peneiros é selecionada mediante a precisão exigida, tal como o número de peneiros.

O método adotado foi a peneiração com lavagem, faz-se a lavagem do material, após a secagem em estufa é feita a peneiração a seco, não foi efetuado a lavagem no *filler* nem no pó de calcário sabendo que altera as características físicas destes materiais.

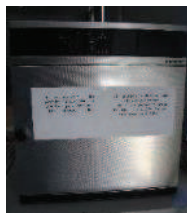
### 4.1.1. Procedimento do ensaio

---

Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio:



*Figura 13 -  
Peneiro de  
ensaios, tampa  
e recipiente de  
fundo*



*Figura 14 -  
Estufa ventilada*



*Figura 15 - Equipamento  
de lavagem*



*Figura 16 - Balanças*



*Figura 17 -  
Tabuleiros e escovas*



*Figura 18 - Máquina de peneirar*

Todo o equipamento está em conformidade com as exigências gerais do EN 932-5 [41].

- Peneiros de ensaios – em conformidade com as exigências da ISO 3310-1 [42] e ISSO 3310-2 [43];
- Tampa e recipiente de fundo adaptado ao diâmetro dos peneiros;
- Estufa ventilada – controlado por termostato podendo manter uma temperatura de  $(110 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- Equipamento de lavagem – que não permite alterar as características físicas do material, para minimizar as perdas através de poeira;
- Balança – balança com precisão de  $\pm 0,1 \%$  da massa do provete;
- Tabuleiro e escovas;
- Máquina de peneirar (opcional).

Durante a preparação dos provetes de ensaio as amostras foram reduzidos de acordo com o a EN 932-2, especificado pelo quadro seguinte [44].

*Tabela 2- Massa dos provetes para agregados de peso corrente [8]*

Máxima dimensão D mm	Massa do provete (mínimo) Kg
63	40
32	10
16	2,6
8	0,6
$\leq 4$	0,2

Para os ensaios foram utilizados massas aproximadas de 2,6 Kg sendo a maior dimensão dos inertes 16 mm.

Para a lavagem dos materiais colocou-se o provete de ensaio num recipiente com água suficiente para que o material ficasse imerso durante aproximadamente 24h facilitando a desagregação (torrões) dos materiais, não foi necessário utilização de nenhum equipamento de dispersão, procedeu-se com a agitação dos provetes para a completa separação e suspensão dos finos, com auxílio de um peneiro de 63  $\mu\text{m}$  com proteção do peneiro de 1 mm retirou-se os finos dos provetes, despejando os materiais no peneiro superior e procedendo à lavagem até que a água que atravessa o peneiro 63  $\mu\text{m}$  fosse isenta de finos.



*Figura 19 - Material imerso em água*



*Figura 20 - Despejo do material no peneiro de 1 mm que serve de proteção ao peneiro 63  $\mu\text{m}$*



*Figura 21 - Lavagem da material até que a água passada nos peneiros fosse limpa*

Os provetes de ensaio foram secos a uma temperatura ( $110\pm 5$ )  $^{\circ}\text{C}$  para evitar a oscilação da massa, após arrefecer procedeu-se a pesagem e registo das massas como M1.



*Figura 22 - Estufa ventilada*



*Figura 23 - Material após secagem em estufa*

Despejou-se a massa seca no equipamento de peneiração (Torre de peneiros) e por experiencias [8], é comprovado que a lavagem não elimina a totalidade das partículas finas, assim foi necessário incluir um peneiro de 63  $\mu\text{m}$  na base da torre com um recipiente fechado adaptado ao diâmetro dos peneiro e superior a torre uma tampa.



Figura 24 - Equipamento de peneiração com torre de peneiros

Figura 25 - Peneiração mecânica do material seco

A torre peneiros foi agitada mecanicamente com auxílio de um agitador de peneiros durante aproximadamente 10 min garantindo que o material retido em cada peneiro não altera-se 1,0 % durante mais ou menos 1 min.

De forma a evitar a sobrecarga dos peneiros, a fração retida sobre cada peneiro no fim da peneiração [8] (expresso em gramas), não ultrapassou:

$$\frac{A \times \sqrt{d}}{200} \quad (1.1)$$

Sendo:

A - a área do peneiro em milímetros quadrados;

d - a distancia das aberturas do peneiro em milímetros.

Pesou-se o material retido em cada peneiro registrando pela ordem dos peneiros de maior abertura como Ri (R1, ..., Rn), o material retido no fundo foi pesado e registrado como P.



Figura 26 - Pesagem do material expresso em gramas

#### 4.1.2. Cálculos e expressão dos resultados

---

Foram registadas as várias massas num relatório de ensaio onde se calculou a massa retida em cada peneiro, como percentagem da massa original seca  $M_1$ .

Calculou-se a percentagem cumulativa da massa original seca que passa através de cada peneiro até ao peneiro de  $63 \mu\text{m}$ , mas excluindo este.

Por fim foi calculada a percentagem de finos ( $f$ ) que passa através do peneiro de  $63 \mu\text{m}$  de acordo com a seguinte equação [8]:

$$f = \frac{(M_1 - M_2)}{M_1} \times 100 \quad (1.2)$$

Sendo:

$M_1$  – massa seca do provete de ensaio, em quilogramas;

$M_2$  – massa seca do material com granulometria superior a  $63 \mu\text{m}$ , em quilogramas;

$P$  – massa do material peneirado retido no recipiente do fundo, em quilogramas.

Caso a soma de  $R_i$  e  $P$  fosse superior a 1 % da massa  $M_2$ , o ensaio teria que ser repetido.

### 4.1.3. Resultados e gráficos dos relatórios de ensaio<sup>1</sup>

Brita Basalto nº 1,5 RM (10/16):

<i>Massa total de amostra seca:</i>	<i>M1=</i>	3,246	<i>kg</i>
<i>Massa total de amostra seca depois de lavagem:</i>	<i>M2=</i>	3,218	<i>kg</i>
<i>Massa perdida na lavagem:</i>	<i>M3=M1-M2=</i>	0,0278400	<i>kg</i>

Tabela 3 - Análise granulométrica, método de peneiração (Brita Basalto nº 1,5)

Abertura (mm)	Material Retido		Percentagem cumulativas passadas (%)	Percentagem Retida (%)
	Massa (Ri) (kg)	Percentagem (%)		
63,000	0,000	0,0	100,0	0
40,000	0,000	0,0	100	0
31,500	0,000	0,0	100	0
20,000	0,000	0,0	100	0
16,000	0,006	0,2	100	0
14,000	0,798	24,6	75	25
12,500	1,197	36,9	38	62
10,000	1,050	32,3	6	94
8,000	0,138	4,3	2	98
6,300	0,019	0,6	1	99
4,000	0,008	0,2	1	99
2,000	0,001	0,0	1	99
1,000	0,000	0,0	1	99
0,500	0,000	0,0	1	99
0,250	0,000	0,0	1	99
0,125	0,000	0,0	1	99
0,063	0,001	0,0	0,9	99
<i>Retido no fundo P =</i>	0,000			
<i>Total inferior a 0,063mm (M)</i>	0,028	0,9		

A percentagem do material retido no fundo P, é igual a percentagem do material cumulativo passado no peneiro 0,063 mm. Sendo a percentagem dos finos passados no peneiro 0,063 mm inferior a 1 %, 0,9 % aproximadamente.

<sup>1</sup> Em anexo encontra-se os relatórios de ensaio dos restantes materiais e as respetivas curvas granulométricas.

Tabela 4 - Total de material retido (Brita Basalto nº 1,5)

<b>Total material retido</b>		
	<b>Massa (kg)</b>	<b>Percentagem (%)</b>
$\sum R_i + M_3 =$	3,2460500	100

Validação do ensaio:

Tabela 5 - Validação do ensaio (Brita Basalto nº1,5)

$\sum R_i + M_4 =$	3,218	<b>kg</b>
$100 \times (M_2 - (\sum R_i + P)) / M_2 =$	<b>0,013</b>	<b>&lt; 1%</b>

Este ensaio foi conclusivo, como pode ser comprovado no quadro a cima apresentado.

Tabela 6 - Módulo de finura (Brita Basalto nº 1,5)

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
<b>Módulo de finura</b>	<b>10,72</b>
<b>Centro de finura</b>	

O módulo de finura de um agregado é maior quanto maior forem as partículas deste.

O módulo de finura foi determinado pelo somatório das percentagens retidas acumuladas em massa do agregado nos peneiros de série normal, dividida por cem (100).

O módulo de finura é uma grandeza à dimensional expresso com aproximação as centésimas e pode ser utilizado para obter controlos de uma mesma procedência, ou seja, separação de agregados em lotes com o mesmo módulo de finura.

A curva granulométrica traduz a percentagem cumulativa que passa nas aberturas dos peneiros.

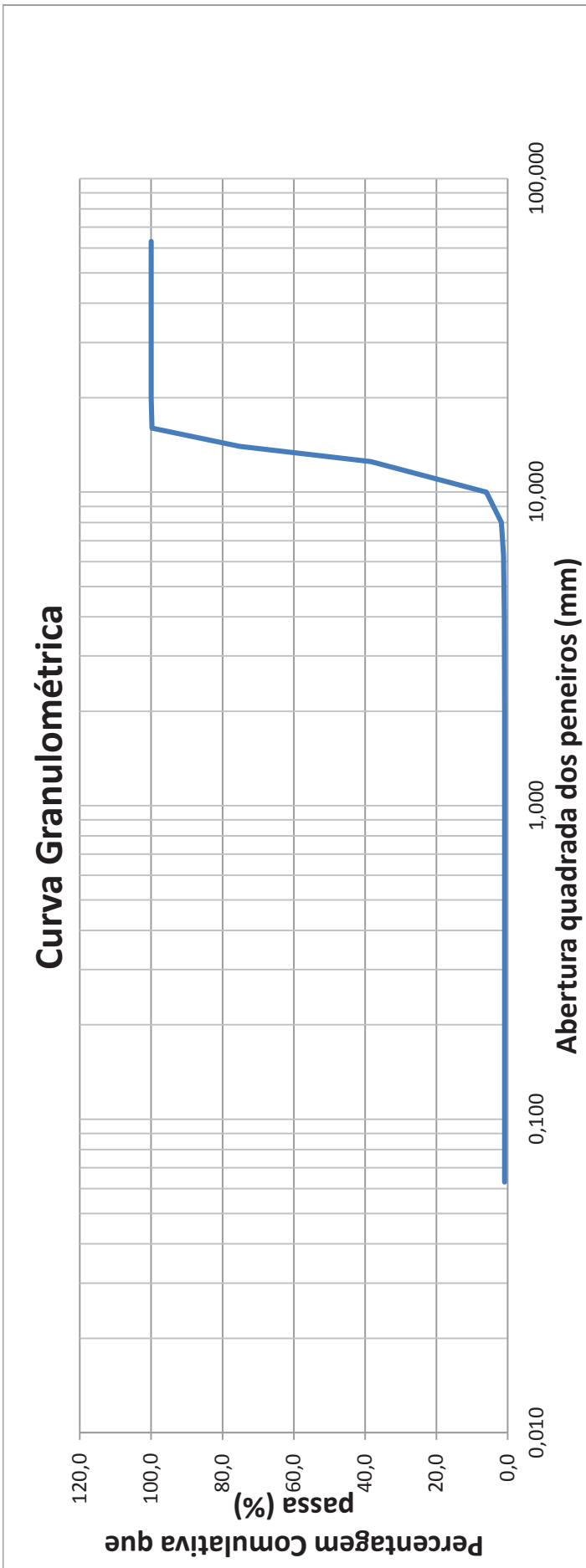


Figura 27 - Curva granulométrica (Brita Basalto nº 1,5)

## 4.2. Determinação da forma das partículas, índice de achatamento

---

Este ensaio foi efetuado de acordo com a versão portuguesa da Norma Europeia EN 933-3: 1997, tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais [9].

Esta norma especifica o procedimento para a determinação do índice de achatamento de agregados, aplicando aos agregados de origem natural e artificial incluindo agregados leves.

O procedimento especificado para esta parte da referente norma não se aplica a frações granulométricas de dimensão inferior a 4 mm ou superior a 80 mm [9].

Este ensaio consiste em uma dupla peneiração, sendo a primeira operação de peneiração descrita no tópico anterior, prosseguida da separação das frações granulométricas  $d_i/D_i$  de acordo com o quadro seguinte.

Tabela 7- Peneiro de barras [9]

<i>Fração granulométrica <math>d_i/D_i</math> mm</i>	<i>Largura de ranhuras do peneiro de barras mm</i>
63/80	40±0,3
50/63	31,5±0,3
40/50	25±0,2
31,5/40	20±0,2
25/31,5	16±0,2
20/25	12,5±0,2
16/20	10±0,1
12,5/16	8±0,1
10/12,5	6,3±0,1
8/10	5±0,1
6,3/8	4±0,1
5/6,3	3,15±0,1
4/5	2,5±0,1

Seguidamente cada fração  $d_i/D_i$  passa pelo segundo processo de peneiração utilizando peneiros de barras com ranhuras paralelas de largura  $D_i/2$ .

O índice total de achatamento é a percentagem que corresponde a massa total seca de partículas que passam nos peneiros de barras da massa total de partículas ensaiadas.

Para determinar o índice de achatamento de cada fração granulométrica  $d_i/D_i$ , corresponde à massa de partículas que passam no peneiro de barras, correspondendo a percentagem da massa da fração granulométrica [8].

## 4.2.1. Procedimento do ensaio

---

Aparelho e utensílios utilizados para o ensaio:



Figura 28 - Peneiro de ensaio



Figura 29 - Peneiro de barras



Figura 30 - Balanças



Figura 31 - Estufa ventilada



Figura 32 - Máquina de peneiração

Todo o equipamento está em conformidade com as exigências gerais do EN 932-5 [41].

- Peneiro de ensaio – com aberturas de malha quadrada de acordo com a NE 933-2 com as seguintes aberturas [45]:  
80 mm; 63 mm; 50 mm; 40 mm; 31,5 mm; 25 mm; 20 mm; 16 mm; 12,5 mm; 10 mm; 8 mm; 6,3 mm; 5 mm e 4 mm.
- Peneiro de barras correspondentes – barras cilíndricas paralelas, o diâmetro varia de 5 mm a 15 mm dependendo da largura da ranhura;
- Balança – com exatidão de  $\pm 0,1$  % da massa do provete;
- Estufa ventilada - controlado por termostato podendo manter uma temperatura de  $(110 \pm 5)$  °C;
- Máquina de peneirar (opcional);

Durante a preparação dos provetes de ensaio as amostras foram reduzidas de acordo com o a EN 932-2, especificado pelo quadro massa dos provetes para os agregados de peso corrente [9].

Após secagem do provete a  $(110 \pm 5)$  °C até massa constante deixou-se arrefecer, procedeu-se a pesagem e registo como Mo.

Procedeu-se a fase da peneiração utilizando os peneiros acima descritos.

Foi pesado e rejeitado todas as partículas que passaram no peneiro 4 mm e os que ficaram retidos no peneiro de 80 mm.



Figura 33 - Abertura de peneiro de 4 mm



Figura 34 - Peneiro de 4 mm

Seguidamente pesou-se separadamente todas as partículas de cada fração granulométrica  $d_i/D_i$ , dentro do intervalo de 4 a 80 mm.



Figura 35 - Partículas separadas por fração granular  $d_i/D_i$

Procedeu-se a peneiração em peneiros de barras, peneirando cada fração granulométrica  $d_i/D_i$  obtida anteriormente no peneiro de barras correspondente. Esta operação foi efetuada manualmente considerando completa quando a massa do material retido no peneiro não se alterava mais de  $\pm 1\%$  durante aproximadamente 1 min [9].

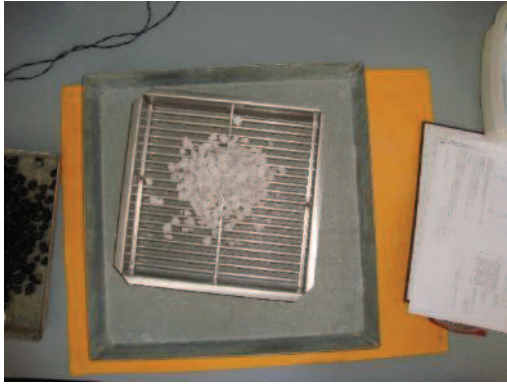


Figura 36 - Peneiração com peneiro de barras



Figura 37 – Material passado no peneiro de barras

Por fim pesou-se o material de cada fração granulométrica que passou pelo peneiro de barras correspondente e foi efetuado o cadastro do mesmo para a determinação da forma das partículas.

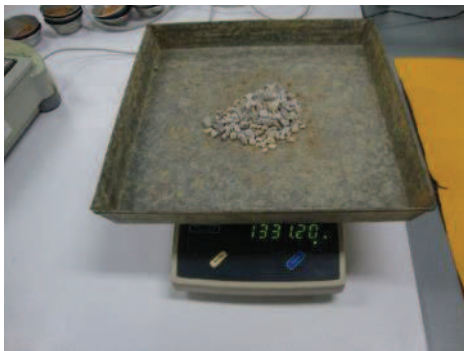


Figura 38 - Pesagem do material passado de cada fração granulométrica

#### 4.2.2. Cálculos e expressão dos resultados

---

Foi calculado o somatório das massas das frações granulométricas  $d_i/D_i$  e registado como  $M_1$ .

Calculou-se o somatório da massa das partículas de cada uma das frações granulométricas  $d_i/D_i$  que passaram pelos peneiros de barras correspondentes com ranhura de largura  $D_i/2$  e registado como  $M_2$ .

Por fim foi calculado o índice geral de achatamento  $FI$  pela seguinte equação [9]:

$$FI = \frac{M_2}{M_1} \times 100 \quad (1.3)$$

Sendo:

M1 – é a soma das massas em gramas, das partículas de cada uma das frações granulométricas  $d_i/D_i$ ;

M2 – é a soma das massas, em gramas, das partículas de cada uma das frações granulométricas que passa pelo peneiro de barras correspondente, com ranhura de largura  $D_i/2$ .

O índice de achatamento de cada fração granulométrica foi calculado pela equação seguinte:

$$FI = \frac{m_1}{R_i} \times 100 \quad (1.4)$$

Sendo:

$R_i$  – a massa, em gramas, das partículas de cada uma das frações granulométricas  $d_i/D_i$ ;

$M_i$  – a massas, em gramas, das partículas de cada uma das frações granulométricas que passa pelo peneiro de barras correspondente, com ranhura de largura  $D_i/2$ .

## 4.2.4. Resultados dos relatórios de ensaio para cada material<sup>2</sup>

Brita Basalto nº 1,5 RM (10/16):

<i>Massa do provete</i> <i>Mo</i> =	2876,5 g	<i>Massa retida no peneiro de 80 mm</i> =	0 g
		<i>Massa que passa no peneiro de 4 mm</i> =	0,00342 g
		<i>Soma de massa rejeitada</i> =	0,00342 g

Tabela 8 - Determinação do índice de achatamento, validação do ensaio (Brita Basalto nº 1,5)

<i>Peneiração em peneiros de ensaio</i>		<i>Peneiração em peneiros de barras</i>		
<i>Fração granulométrica di/Di mm</i>	<i>Massa (Ri) da fração granulométrica di/Di g</i>	<i>Largura nominal da ranhura no peneiro de barras mm</i>	<i>Massa que passa pelo peneiro de barras (mi) g</i>	<i>Fli = (mi/Ri) x 100</i>
63/80	0	40		0
50/63	0	31,5		0
40/50	0	25		0
31,5/40	0	20		0
25/31,5	0	16		0
20/25	0	12,5		0
16/20	0	10		0
12,5/16	1,640985	8	0,13166	21,60520851
10/12,5	0,97024	6,3	0,07309	7,09148416
8/10	0,21126	5	0,02417	0,51061542
6,3/8	0,03743	4	0,00604	0,02260772
5/6,3	0	3,15	0	0
4/5	0,01065	2,5	0,00047	0,00050055
<i>M1 = ∑Ri =</i>	2,870565	<i>M2 = ∑mi =</i>	0,23543	
<i>FI = (M2/M1) x 100 =</i>		8		
$100 \times \frac{Mo - \{\sum Ri + \sum(\text{massas.rejeitadas})\}}{Mo} =$			0,08743264	< 1%

Segundo a norma NP EN 933-3 tem-se que a estimativa de repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R) para valores do índice geral de achatamento (FI) entre 8 e 20 são  $r = 2,8$  e  $R = 5$ , para o ensaio deste material o índice geral de achatamento (8) enquadra no intervalo da estimativa de repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R).

Devido a inexistência do peneiro de 5 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de achatamento.

<sup>2</sup> Em anexo encontra-se os relatórios de ensaio dos restantes materiais.

O ensaio foi considerado válido sendo o somatório das massas inferior a 1 % da massa do provete.

### 4.3. Determinação da forma das partículas, índice de forma

---

Este ensaio foi efetuado de acordo com a versão portuguesa da Norma Europeia EN 933-4: 1999, tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais [10].

Esta norma especifica o procedimento para a determinação do índice de forma de agregados, aplicando aos agregados de origem natural e artificial incluindo agregados leves.

O procedimento especificado para esta parte da referente norma aplica a frações granulométricas  $d_i/D_i$  onde  $D_i \leq 63$  mm e  $d_i \geq 4$  mm.

Este ensaio consiste na classificação individual das partículas de uma amostra de agregado grosso com base na relação do comprimento L e a espessura E utilizando um paquímetro[10].

O índice de forma é calculada como a massa das partículas com uma razão  $L/E > 3$ , expressa em percentagem da massa total seca das partículas ensaiadas.

#### 4.3.1. Procedimento do ensaio

---

Aparelho e utensílios utilizados no ensaio:





Figura 39 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio

Todo o equipamento está em conformidade com as exigências gerais do EN 932-5 [41].

- Paquímetro;
- Peneiros de ensaio – com abertura nominal de acordo com a EN 933-2 [45];
- Tampa e recipiente de fundo – adaptado ao diâmetro dos peneiros;
- Estufa ventilada - controlado por termostato podendo manter uma temperatura de  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  secando o material sem provocar qualquer alteração na granulometria do material;
- Balança – com exatidão de  $\pm 0,1 \%$  da massa do provete;
- Tabuleiro;
- Máquina de peneirar (opcional);

Durante a preparação dos provetes de ensaio as amostras foram reduzidas de acordo com a EN 932-2 [44], especificado pelo quadro massa dos provetes para os agregados de peso corrente.

Após secagem do provete a  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  até massa constante deixou-se arrefecer, procedeu-se o processo de peneiração.

O material foi peneirado em peneiros apropriados como descrito anteriormente com vigor suficiente assegurando a completa separação de partículas superiores a 4 mm e inferiores a 63 mm, todo o restante do material foi desprezado.

Foi necessário reduzir a amostra de acordo com a EN 932-2 [44] especificado no quadro seguinte, e o valor da massa cadastrado como  $M_o$ .

Tabela 9- Massa de provetes [10]

Maiores dimensão do agregado D mm	Massa mínima do provete Kg
63	45

32	6
16	1
8	0,1

Procedeu-se o ensaio para cada fração granulométrica  $d_i/D_i$  onde  $D_i \leq 2d_i$  e para o provete de amostra onde  $D > 2d$  foi separado em frações granulométricas  $d_i/D_i$  onde  $D_i \leq 2d_i$  durante os procedimentos subsequentes [10].

Provetes em que  $D \leq 2d$ :

Separou-se a fração granulométrica predominante  $d_i/D_i$  onde  $D_i \leq 2d_i$ , por peneiração do provete de acordo com a EN 933-1 [8].

Foi utilizado uma torre de peneiros de aberturas apropriadas pela seguinte ordem: 4 mm; 5,6 mm; 8 mm; 11,2 mm; 16 mm, não precisando completar a ordem de abertura devido a maior dimensão do material ser 16 mm.



*Figura 40 - Secagem, peneiração e separação por fração granulométrica do material  $d_i/D_i$*

Foi rejeitado todas as partículas menor do que  $d_i$  e maior do que  $D_i$

Procedeu-se ao cadastro da massa da fração granulométrica predominante  $d_i/D_i$  como M1.

De seguida foi medida o comprimento L e a espessura E de cada partícula individualmente com auxílio de um paquímetro quando necessário separando assim as partículas com a relação  $L/E > 3$ , classificando-as como partículas não cúbicas.

As partículas não cubicas foram cadastradas como M2.

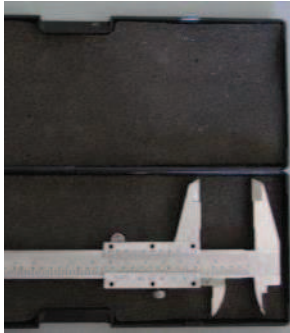


Figura 41 - Paquímetro



Figura 42 - Medição do comprimento  $L$



Figura 43 - Medição da espessura  $E$

Provete em que  $D > 2d$ :

Separou-se a fração granulométrica predominante  $d_i/D_i$  onde  $D_i \leq 2d_i$ , por peneiração do provete de acordo com a EN 933-1 [8].

Foi utilizado uma torre de peneiros de aberturas apropriadas pela seguinte ordem: 4 mm; 5,6 mm; 8 mm; 11,2 mm; 16 mm, não precisando completar a ordem de abertura devido a maior dimensão do material ser 16 mm.

Procedeu-se o registo da massa  $M_i$  de cada fração granulométrica, em seguida calculou-se e registou-se a percentagem, em massa de cada fração granulométrica  $d_i/D_i$  relativamente à massa  $M_o$  do provete [10].

Não foi considerada qualquer fração  $d_i/D_i$  que fosse inferior a 10% de  $M_o$ .

Todas as frações restantes continham mais de 100 partículas não sendo assim necessárias observações adicionados nos relatórios de ensaio e nem foi necessário a redução de frações devido a excesso de partículas [10].

Procedeu-se o registo das massas  $M_{1i}$  das partículas ensaiadas para cada uma das frações  $d_i/D_i$  restantes.

Por fim foi medida o comprimento  $L$  e a espessura  $E$  de cada partícula individualmente com auxílio de um paquímetro quando necessário separando assim as partículas com a relação  $L/E > 3$ , classificando-as como partículas não cúbicas.

As partículas não cubicas foram cadastradas como  $M_{2i}$ .



Figura 44 - Exemplo de partícula não cubica

### 4.3.2. Cálculo e expressão dos resultados

---

Provetes em que  $D \leq 2d$

O índice de forma SI foi calculada pela seguinte equação:

$$SI = \frac{M_2}{M_1} \times 100 \quad (1.5)$$

Sendo:

M1 – a massa do provete de ensaio em gramas;

M2 – a massa das partículas não cúbicas, em gramas.

Provetes em que  $D > 2d$

O índice de forma SI foi calculada para frações granulométricas não reduzidas através da seguinte equação:

$$SI = \frac{\sum M_{2i}}{\sum M_{1i}} \times 100 \quad (1.6)$$

Sendo:

$\sum M_{1i}$  – a soma das massas, das partículas de cada uma das frações granulométricas ensaiadas, em gramas;

$\sum M_{2i}$  – a soma das massas, das partículas não cúbicas de cada uma das frações granulométricas ensaiadas, em gramas.

### 4.3.3. Resultados dos relatórios de ensaio para cada material<sup>3</sup>

Brita Basalto nº 1,5 RM (10/16):

$M_o =$  1443,21 g
 
 $D_i$  16  
 $d_i$  10  
 $2 \times d_i =$  20

*Di é menor ou igual que 2di*

Tabela 10 - Determinação do índice de forma (Brita Basalto nº 1,5)

Fração granulométrica $d_i/D_i$ onde $D_i \leq 2 d_i$ mm	Massa M1 g	Massa M2 g	Índice de forma SI % $(M2/M1) \times 100$
16	8,47	0	
14	278,43	0	
12,5	563,56	140,31	
11,2	0	0	
10	472,63	0	
8	106,75	0	25
6,3	14,41	0	
5,6	0	0	
4	0	0	
Fundo	0	0	

A percentagem para o índice de forma para este agregado foi de 25 %.

Devido a inexistência do peneiro de 11,2 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de forma, e para uma melhor separação das frações foi acrescentado os peneiros de 10 e 6,3 mm.

Foram rejeitadas todas as partículas inferiores ao  $d_i$ , e todas as partículas superiores ao  $D_i$ .

Foi registado como M1 a fração predominante  $d_i/D_i$ , sendo M2 as partículas não cúbicas, cujo a relação  $L/3 > 3$ .

<sup>3</sup> Em anexo encontra-se os relatórios de ensaio dos restantes materiais.

Seixo Brita nº 1 FA (4/10)

$$M_o = 1439,40 \quad g$$

$D_i$	10
$d_i$	4
$2 \times d_i$	8

***$D_i$  é maior que  $2d_i$***

10%  $M_o$       143,94

Tabela 11 - Determinação do índice de forma (Seixo Brita nº 1)

<i>Fração granulométrica <math>d_i/D_i</math> onde <math>D_i \leq 2 d_i</math> mm</i>	<i>Massa M1 g</i>	<i>Massa M2 g</i>	<i>Índice de forma SI % <math>(\sum M2 / \sum M1) \times 100</math></i>
12,5	0	0	
11,2	0	0	
10	85,49	0	
8	424,77	87,49	22
6,3	396,85	88,21	
5,6	143,53	0	
4	281,62	71,89	
Fundo	107,09	0	

A percentagem para o índice de forma para este agregado foi de 22 %.

Devido a inexistência do peneiro de 11,2 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de forma, e para uma melhor separação das frações foi acrescentado os peneiros de 10 e 6,3 mm.

Foram rejeitadas todas as partículas inferiores ao  $d_i$ , e todas as partículas superiores ao  $D_i$ .

Não foi considerado qualquer fração  $d_i/D_i$  inferior a 10 %  $M_o$ .

Foi registado como M1 a fração predominante  $d_i/D_i$ , sendo M2 as partículas não cúbicas, cujo a relação  $L/3 > 3$ .

## 4.4. Determinação da percentagem de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos

---

Este ensaio foi efetuado de acordo com a versão portuguesa da Norma Europeia EN 933-5: 1998, tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais [11].

Esta norma especifica o procedimento para classificação manual das partículas de um provete de ensaio de agregados grossos em [11]:

- Partículas esmagadas ou partidas, incluindo as partículas totalmente esmagadas ou partidas;
- Partículas arredondadas, incluindo as partículas totalmente arredondadas;

A massa de cada conjunto acima mencionado é determinada e cadastrada em percentagem da massa do provete de ensaio.

As partículas totalmente esmagadas ou partidas e totalmente arredondadas são de seguida separadas manualmente a partir das partículas esmagadas ou partidas e das partículas arredondadas e a massa destes grupos é determinada e expressa em percentagem da massa do prove [11].

Sendo:

- Partícula totalmente esmagada ou partida – partículas com mais de 90% da superfície esmagada ou partida (tc);
- Partícula esmagada ou partida – partícula com 50% ou mais da superfície esmagada ou partida (c);
- Partícula arredondada - partícula com 50% ou mais de superfície arredondada (r);
- Partícula totalmente arredondada - partícula com mais de 90% da superfície arredondada (r);

Para os ensaios foram predominantes absolutos a segunda e terceira classificação das partículas acima mencionados.

Considerando superfícies esmagadas ou partidas - faceta de uma partícula de seixo produzidas por esmagamento ou por fratura por forças naturais e que são limitadas por arestas afiadas. Se as arestas da superfície duma partícula de seixo que foi esmagada ou partida estiverem gastas ou alteradas, as superfícies serão consideradas arredondadas em termos do presente método de ensaio [11].

#### 4.4.1. Procedimento do ensaio

---

Aparelho e utensílios utilizados para o ensaio:



*Figura 45 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio*

Todo o equipamento está em conformidade com as exigências gerais do EN 932-5 [41].

- Peneiros de ensaio – com abertura nominal de acordo com a EN 933-2 [45];
- Tampa e recipiente de fundo – adaptado ao diâmetro dos peneiros;
- Estufa ventilada - controlado por termostato podendo manter uma temperatura de  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  secando o material sem provocar qualquer alteração na granulometria deste;
- Balança – com exatidão de  $\pm 0,1 \%$  da massa do provete;
- Tabuleiro;
- Máquina de peneirar (opcional).

Durante a preparação dos provetes de ensaio as amostras foram reduzidos de acordo com o a EN 932-2 [44], especificado pelo quadro massa dos provetes para os agregados de peso corrente.

Após secagem do provete a  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  até massa constante deixou-se arrefecer, foi pesado e registado como Mo.

Procedeu-se o processo de peneiração mecanicamente com auxílio de uma máquina de peneiração, assegurando uma completa separação de partículas superiores a 4 mm.

Foram rejeitadas todas as partículas retidas no peneiro de ensaio de 63 mm e os passados no peneiro de 4 mm.



Figura 46 - Secagem, peneiração e material rejeitado

Foi necessário reduzir a amostra de acordo com o quadro “Massa dos Provetes” EN 932-2 [44] e registou-se a massa do provete como M1.

Procedeu-se o ensaio para cada fração granulométrica  $d_i/D_i$  onde  $D_i \leq 2d_i$  e para o provete de amostra onde  $D > 2d$  foi separado em frações granulométricas  $d_i/D_i$  onde  $D_i \leq 2d_i$  durante os procedimentos subsequentes.

Provetes em que  $D \leq 2d$ :

Espalhou-se as partículas de cada provete numa superfície plana e de seguida separadas manualmente nos 2 grupos a seguir mencionadas:

- Partículas esmagadas ou partidas (c), incluindo as partículas totalmente esmagadas ou partidas (tc);
- Partículas arredondadas (r), incluindo as partículas totalmente arredondadas.

Pesou-se e foi cadastrado cada grupo como  $M_c$  e  $M_r$ .

Através das partículas esmagadas ou partidas (c) procedeu-se manualmente para a separação das partículas totalmente esmagadas ou partidas (tc) das outras, foi pesado e registado o valor dessa amostra como  $M_{tc}$ .

Através das partículas arredondadas (r) procedeu-se manualmente para a separação das partículas totalmente arredondadas (tr) das outras, foi pesado e registado valor dessa amostra como  $M_{tr}$ .



*Figura 47 - Separação das partículas esmagadas ou partidas das partículas arredondadas*

Provetes em que  $D > 2d$ :

Separou-se o provete em fração granulométricas  $d_i/D_i$  onde  $D_i \leq 2d_i$ , por peneiração de acordo com a norma EN 933-1 [8].

Registou-se a massa  $M_i$  de cada fração granulométrica e foi rejeitado todas as frações  $d_i/D_i$  que tivessem uma percentagem inferior a 10% de  $M_1$ .

Procedeu-se ao registo da massa  $M_{1i}$  de partículas ensaiadas em cada fração granulométrica  $d_i/D_i$  restantes e separadas em cada uma dessas frações como descrito para provetes em que  $D \leq 2d$ .



*Figura 48 - Partículas arredondadas*



*Figura 49 – Partículas esmagadas ou partidas*

Por fim registou-se as massas de partículas esmagadas ou partidas, partículas arredondadas, partículas totalmente esmagadas ou partidas e partículas totalmente arredondadas em cada um das frações designando-as como  $M_{ci}$ ,  $M_{ri}$ ,  $M_{tci}$  e  $M_{tri}$ , respetivamente [11].

## 4.4.2. Cálculo e expressão dos resultados

---

Provetes em que  $D \leq 2d$

Registou-se as massas  $M_1$ ,  $M_c$ ,  $M_r$ ,  $M_{tc}$ ,  $M_{tr}$  num relatório de ensaio e foi calculado a percentagem  $C$  de partículas em cada grupo apresentado, através da seguinte equação:

$$C_{(c.r.tc.tr)} = \frac{M_{(c.r.tc.tr)}}{M_1} \times 100 \quad (1.7)$$

Sendo:

$M_{(c.r.tc.tr)}$  – as massas, em gramas, das partículas esmagadas ou partidas, partículas arredondadas, totalmente esmagadas ou partidas e partículas totalmente arredondadas no provete;

$M_1$  – a massa do provete em gramas.

Provetes em que  $D > 2d$

Calculou-se a percentagem de partículas em cada grupo, para frações não reduzidas de acordo com a seguinte equação:

$$C_{(c.r.tc.tr)} = \frac{\sum M_{(ci.ri.tci.tri)}}{\sum M_{1i}} \times 100 \quad (1.8)$$

Sendo:

$M_{(ci.ri.tci.tri)}$  – o somatório das massas, em gramas, das partículas esmagadas ou partidas, partículas arredondadas, totalmente esmagadas ou partidas e partículas totalmente arredondadas;

$M_1$  – o somatório das massas das frações granulares ensaiadas, em gramas.

### 4.4.3. Resultados dos relatórios de ensaio para cada material<sup>4</sup>

Brita Basalto nº 1,5 RM (10/16):

<i>Mo</i> =	1469,58 g	<i>Di</i>	16
		<i>di</i>	10
		$2 \times di$	20

*D é menor ou igual que 2d*

Tabela 12 - Determinação da percentagem de superfície esmagada e partidas (Brita Basalto nº 1,5)

Fração granulométrica <i>d/D onde D ≤ 2 d</i> <i>mm</i>	Massa <i>MI</i> <i>g</i>	Massas <i>g</i>		Percentagem arredondado á unidade	
		<i>Mc</i>	<i>Mr</i>	<i>Cc</i>	<i>Cr</i>
16	1461,76				
14					
12,5					
11,2					
10					
8					
6,3					
5,6					
4	7,65				
Fundo					

Tabela 13 - Validação da massa de retenção (Brita Basalto nº 1,5)

$$100 \frac{M_1 - (M_c + M_r)}{M_1} = 0,008893389 \leq 1\%$$

O ensaio foi considerado válido sendo a validação da retenção das massas inferior a 1 % da massa do provete.

A percentagem de superfície esmagada ou partida para este agregado foi de 84 %, sendo a percentagem de superfície arredondada 16 %.

Devido a inexistência do peneiro de 11,2 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de forma, e para uma melhor separação das frações foi acrescentado os peneiros de 10 e 6,3 mm.

<sup>4</sup> Em anexo encontra-se os relatórios de ensaio dos restantes materiais.

Foi registado como M1 a massa do provete, exceto as partículas passadas no peneiro de 4 mm, a partir deste procedeu-se a separação manual das partículas partidas ou esmagadas, das partículas arredondadas.

A amostra não foi reduzida para se poder obter resultados mais exatos.

Seixo Brita nº 1 FA (4/10)

$M_o =$   $1438,69 \text{ g}$   $D_i$  10  
 $2 \times d_i$  4  
8

*D é maior que 2d*

Tabela 14 - Determinação da percentagem de superfície esmagada e partidas (Seixo Brita nº 1)

Fração granulométrica d/D onde $D_i \leq 2 d_i$ mm	Massa M <sub>li</sub> 1240,75 g	Massas G		Percentagem arredondado à unidade	
		M <sub>ci</sub>	M <sub>ri</sub>	C <sub>ci</sub>	C <sub>ri</sub>
16	0	M <sub>ci</sub>	M <sub>ri</sub>		
14		0	0		
12,5		Incluindo	Incluindo		
11,2		M <sub>ci</sub>	M <sub>ri</sub>		
10	419,96	0	0		
		Incluindo	Incluindo		
		M <sub>ci</sub>	M <sub>ri</sub>		
		407,09	12,87		
8	390,58	Incluindo	Incluindo		
		M <sub>ci</sub>	M <sub>ri</sub>		
		0	0		
		M <sub>ci</sub>	M <sub>ri</sub>	C <sub>ci</sub>	C <sub>ri</sub>
6,3	156,55	382,34	8,24	97	3
		Incluindo	Incluindo	Incluindo	Incluindo
		M <sub>ci</sub>	M <sub>ri</sub>	C <sub>ci</sub>	C <sub>ri</sub>
		0	0	0	0
5,6	273,66	M <sub>ci</sub>	M <sub>ri</sub>		
		149,07	7,46		
		Incluindo	Incluindo		
		M <sub>ci</sub>	M <sub>ri</sub>		
4	108,81	0	0		
		M <sub>ci</sub>	M <sub>ri</sub>		
		270,17	3,49		
		Incluindo	Incluindo		
Fundo		M <sub>ci</sub>	M <sub>ri</sub>		
		0	0		

Tabela 15 – Validação da retenção da massa (Seixo Brita nº 1)

$$100 \frac{\sum M_1 - \sum (M_c + M_r)}{\sum M_1} = 0,0016119 \leq 1\%$$

O ensaio foi considerado válido sendo a validação da retenção das massas inferior a 1 % da massa do provete.

A percentagem de superfície esmagada ou partida para este agregado foi de 97 %, sendo a percentagem de superfície arredondada 3 %.

Devido a inexistência do peneiro de 11,2 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de forma, e para uma melhor separação das frações foi acrescentado os peneiros de 10 e 6,3 mm.

Foi registado como M1i a massa de cada fração, exceto as partículas passadas no peneiro de 4 mm, a partir deste procedeu-se a separação manual das partículas partidas ou esmagadas, das partículas arredondadas para cada fração.

A amostra não foi reduzida para se poder obter resultados mais exato.

## 4.5. Azul-de-metileno

---

Este ensaio foi efetuado de acordo com a versão portuguesa da Norma Europeia EN 933-9: 1998, tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais [12].

É um ensaio que consiste na determinação do valor (MB) do azul-de-metileno da fração 0/2 mm em agregados finos ou agregados do tipo tout-venant. O anexo B da referente norma especifica a determinação do valor do azul-de-metileno da fração 0/0,125 mm (MBf).

Consiste na incrementação sucessiva de azul-de-metileno a uma suspensão em água do provete de ensaio. A absorção da solução corante pelo provete após a adição de cada incremento da solução é verificada pela realização de um ensaio de manchas em papel de filtro de modo a detetar a presença de corante livre.

Quando a presença de corante livre é confirmada, o valor de azul-de-metileno (MB ou MBf) é calculado e expresso em gramas de corante absorvido por quilograma da fração granulométrica ensaiada [12].

### 4.5.1. Procedimento do ensaio

---

Aparelhos utensílios utilizados para o ensaio:

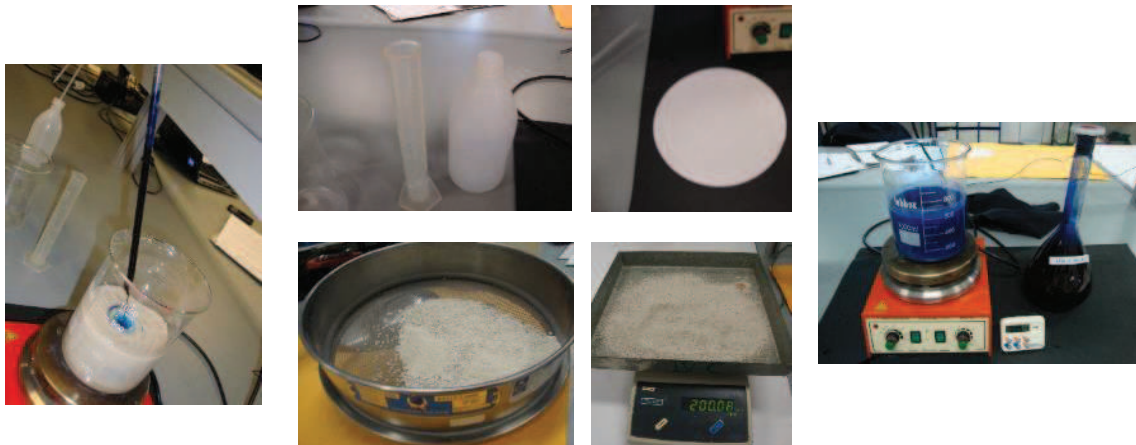


Figura 50 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio

- Reagentes:
  - Solução corante, solução de azul-de-metileno;
  - Água destilada ou desmineralizada;
  - Caulinite.
- Bureta, de capacidade de 100 ml ou de 50 ml com graduação de 1/10 ml ou 1/5 ml, ou duas micro-pipetas, de 5 ml e de 2 ml;

- Papel de filtro, como especificado pela EN 933-9 [12];
- Vara de vidro, de comprimento 300 mm; diâmetro 8 mm;
- Agitador de ventoinha, com velocidade de rotação variável como especificado pela EN 933-9 [12];
- Balança;
- Cronometro, com exatidão de 1 s;
- Peneiro de ensaio, com abertura de 2 mm, se necessário peneiro de resguardo;
- Gobelé, de vidro ou plástico com capacidade de 1 l ou cerca de 2 l;
- Frasco de vidro com capacidade de 1 l;
- Estufa ventilada;
- Termómetro;
- Espátula;
- Exsicador.

A amostra ensaiada foi reduzida de acordo com a EN 932-2, produzindo um provete com 200 g da fração granulométrica 0/2 mm [44].



*Figura 51 - Provete com 200 g da fração granulométrica 0/2 mm*

Procedeu-se a secagem da subamostra a temperatura de  $(110 \pm 5)$  °C até massa constante e depois deixou-se arrefecer.

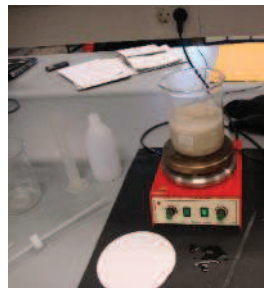
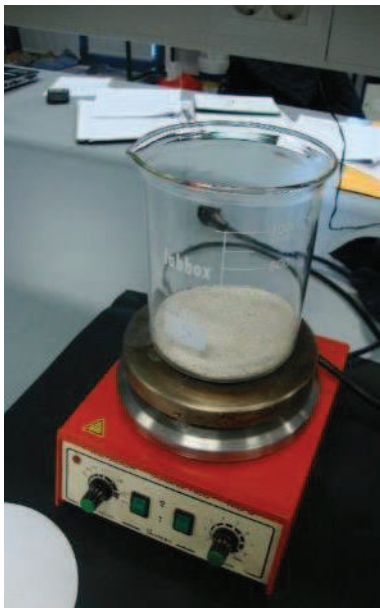
A subamostra depois de seca, foi peneirado com um peneiro de 2 mm e assegurou-se que o provete obtido tivesse  $\pm 200$  g.



*Figura 52 - Peneiração da subamostra no peneiro de 2 mm (amostra final 200 g)*

Pesou-se o provete e procedeu-se o registo da massa como M1.

Procedeu-se a aplicação da injeção de corante, em que o ensaio consiste na aplicação de uma gota de suspensão com ajuda da vara e depositá-la sobre o papel de filtro, em que a mancha que forma é composta por uma zona central de material depositado, geralmente de cor azul-escuro, rodeada por uma zona húmida sem cor.



*Figura 53 – Preparação da suspensão e aplicação da primeira injeção de corante*



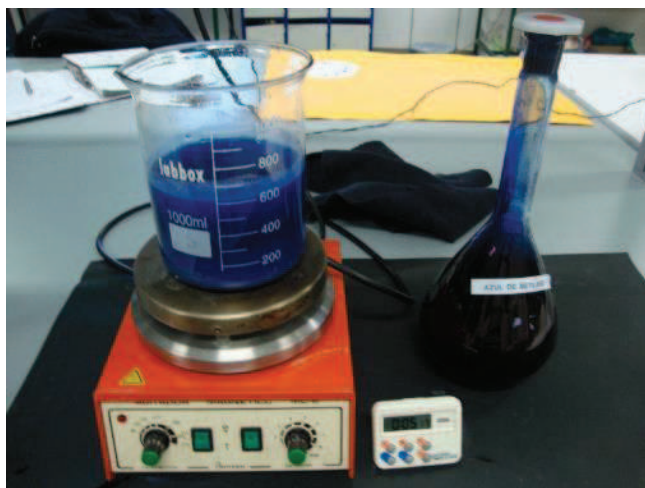
A gota retirada tem o diâmetro quando depositado de aproximadamente 8 mm e 12 mm.

O ensaio apenas foi considerado como valido, quando na zona húmida se formou uma auréola<sup>5</sup> persistente azul claro de cerca de 1 mm de espessura a volta do depósito central.

<sup>5</sup> Nota: A auréola será visível ao aproximar-se do ponto final. Mas poderá desaparecer de novo devido ao tempo necessário aos minerais argilosos para absorverem completamente o corante. É por esta razão que o ponto final é confirmado pela repetição do ensaio da mancha cada minuto durante 5 min sem a adição de mais solução corante.

A suspensão foi preparada colocando  $(500 \pm 5)$  ml de água destilada no gobelé e adicionou-se o provete de ensaio seco mexendo bem com a espátula.

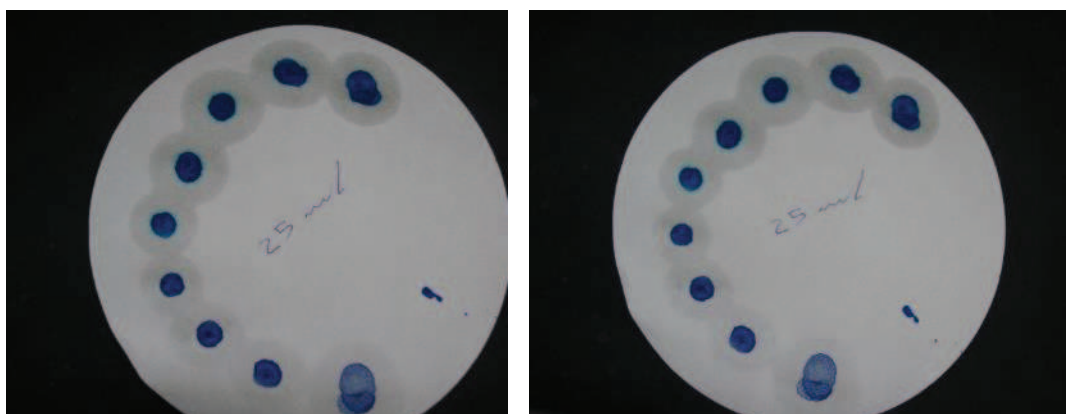
Misturou-se de forma uniforme a solução de corante e procedeu-se a regularização do agitador a uma velocidade de 600 rotações/minuto, a ventoinha foi posicionado a cerca de 10 mm acima da base do copo.



*Figura 54 - Suspensão final*

Procedeu-se o ensaio<sup>6</sup> agitando o conteúdo do copo durante 5min a  $(600 \pm 60)$  rotações/minuto e, seguidamente agitou-se continuamente a  $(400 \pm 40)$  rotações/minuto durante o resto do ensaio.

Para a determinação da quantidade de corante absorvido, colocou-se o papel de filtro em cima de um gobelé vazio para que a maior parte da superfície estivesse isente de contacto com algum material sólido ou líquido.



*Figura 55 – formação persistente da auréola na zona húmida*

<sup>6</sup> Nota: O ensaio decorreu na normalidade, não foi necessário adicionar caulinite juntamente com a solução corante adicional, pois a quantidade de finos do provete foi suficiente para a formação da auréola.

Após agitação de  $(600 \pm 60)$  rotações/minuto durante 5 min, injetou-se uma dose de 5 ml de solução corante no gobelé, agitou-se a  $(400 \pm 40)$  rotações/minuto durante 1 min aproximadamente e efetuou-se um ensaio da mancha sobre o papel de filtro. Repetiu-se esse processo até aparecer a auréola. Após aparecer uma auréola continuou-se a agitação sem mais adições de solução corante, efetuando o ensaio da mancha em intervalos de 1 min durante 5 min sempre com a presença da auréola.

## 4.5.2. Cálculo e expressão dos resultados

---

O valor de azul-de-metileno MB, expresso em gramas de corante por quilograma da fração 0/2 mm foi calculada através da seguinte equação:

$$MB = \frac{V1}{M1} \times 10 \quad (1.9)$$

Sendo:

M1 – a massa do provete, em gramas;

V1 – o volume total de solução corante injetada, em mililitros.

Nota: O facto 10 na equação acima converte o volume da solução corante usada em massa de corante adsorvido por quilograma da fração granulométrica ensaiada.

## 4.5.3. Resultados e gráfico dos relatórios de ensaio

---

Pó de Calcário FA (0/4):

*Tabela 16 - Determinação do teor do fino, Azul-de-metileno (Pó de Calcário (0/4))*

<i>E.1 Massa seca do provete de ensaio da fração granulométrica 0/2 mm (arredondado as gramas) M1</i>	<b>MI=</b> 200,00 g
<i>E.2 Volume V', de solução absorvida pelo caulinite (se utilizada)</i>	<b>V'=</b> 0,00 ml
<i>E.3 Quantidade total de V1, de solução corante adicionada</i>	<b>V'=</b> 25,00 ml
<i>E.4 Valor MB, expresso em gramas de corante por quilograma da fração granulométrica 0/2 mm</i>	<b>MB=</b> 1,25

## 4.6. Resistência à fragmentação, Coeficiente de Los Angeles, LA

---

Este ensaio foi efetuado de acordo com a versão portuguesa da Norma Europeia EN 1097-2: 1998, tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais [13].

Consiste em fazer rodar num tambor rotativo, uma amostra de agregado com a carga de esferas de aço, para no fim avaliar a quantidade de material retido no peneiro de 1,6 mm.

É um ensaio que estabelece os métodos para determinação da resistência à fragmentação de um agregado grosso, sendo os métodos:

- Ensaio de Los Angeles (método de referencia);
- Ensaio de fragmentação por impacto (método alternativo);

Caracteriza-se como coeficiente de Los Angeles a percentagem do provete que passa por um peneiro de 1,6 mm após concluir o ensaio.

### 4.6.1. Procedimento do ensaio

---

Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio:



*Figura 56 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio*

Todo o equipamento está em conformidade com as exigências gerais do EN 932-5 [41].

- Peneiro em conformidade com a EN 933-2 com aberturas especificadas no quadro seguinte [45];
- Balança capaz de pesar o provete com uma precisão de 0,1 % da massa do provete;
- Estufa ventilada, capaz de manter uma temperatura constante de  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;

Tabela 17 - Peneiros de ensaio (Los Angeles) [13]

Ensaio	Dimensão da abertura (mm)							
	Los Angeles	1,6	10	11,2 (ou 12,5)				14
Fragmentação por impacto	0,2	0,63	2	5	8	10	11,2	12,5
Nota: para o ensaio de fragmentação por impacto, devido as tolerâncias nas aberturas dos peneiros, o mesmo peneiro de 8 mm utilizado para a preparação da amostra deve ser utilizado para a avaliação do ensaio.								

Aparelhos adicionais necessários para determinar a resistência à fragmentação pelo ensaio de Los Angeles:

- Equipamento para reduzir a amostra laboratorial a um provete, como é descrito pela EN 932-2 [44];
- Equipamento de Los Angeles contendo os seguintes elementos:
  - Um cilindro, fabricado em chapa de aço de construção, com as características descritas na EN 1097-2 [13];
  - Carga abrasiva de esferas, com as características descritas na EN 1097-2 [13];
  - Um motor imprimido ao tambor com uma velocidade de rotação compreendida entre 31 e 33 rotações/minuto.
  - Um tabuleiro para recuperar o material e as esferas depois do ensaio;
  - Um conta rotações podendo provocar a paragem automático do motor, após o número de rotações requerido.

A amostra trazida ao laboratório tinha aproximadamente 15 kg da fração granulométrica de 10 mm a 14 mm.

O ensaio foi efetuado sobre o material passando o peneiro de 14 mm e retida no peneiro de 10 mm.



Figura 57 - Peneiração para o ensaio de Los Angeles

Foi garantida que a curva granulométrica da amostra correspondesse a um dos requisitos exigidos pela norma:

- 60 % a 70 % passando no peneiro de 12,5 mm, ou;
- 30 % a 40 % passando no peneiro de 11,2 mm.

Para este caso foi garantido o primeiro requisito, em que 40 % do material fica retido no peneiro 12,5 mm e 60 % do material passa.



*Figura 58 - Percentagem de material retido no peneiro 10 mm, e passado no peneiro de 12,5 mm*

A amostra foi peneirada nos peneiros de 10 mm, 11,2 mm, 12,5 mm e 14 mm, obtendo as frações separadas nos intervalos 10 mm e 11,2 mm combinados a 12,5 mm, e 12,5 mm a 14 mm.

Foi lavada separadamente cada fração com o processo definido pela EN 933-1 como apresentado anteriormente, e secados na estufa a  $(110 \pm 5)$  °C até massa constante [8].

Após arrefecer até a temperatura ambiente, procedeu-se a mistura das frações para obtenção de uma amostra laboratorial modificada de 10 a 14 mm, conforme as proporções estipuladas.



*Figura 59 - Amostra laboratorial modificada de 10 a 14 mm*

Procedeu-se a redução da amostra laboratorial modificada proveniente da mistura até à dimensão de provete de acordo com a EN 932-2 [44]. Foi garantida que a amostra ensaiada contivesse aproximadamente 5000 g.

Antes da iniciação do ensaio, verificou-se a limpeza do tambor antes de introduzir o material. Foi colocado com a devida precaução as esferas na máquina e seguidamente introduzido o provete. Colocou-se a tampa novamente e programada para que a máquina rodasse 500 vezes a uma velocidade constante de 31 r/min a 33 r/min.



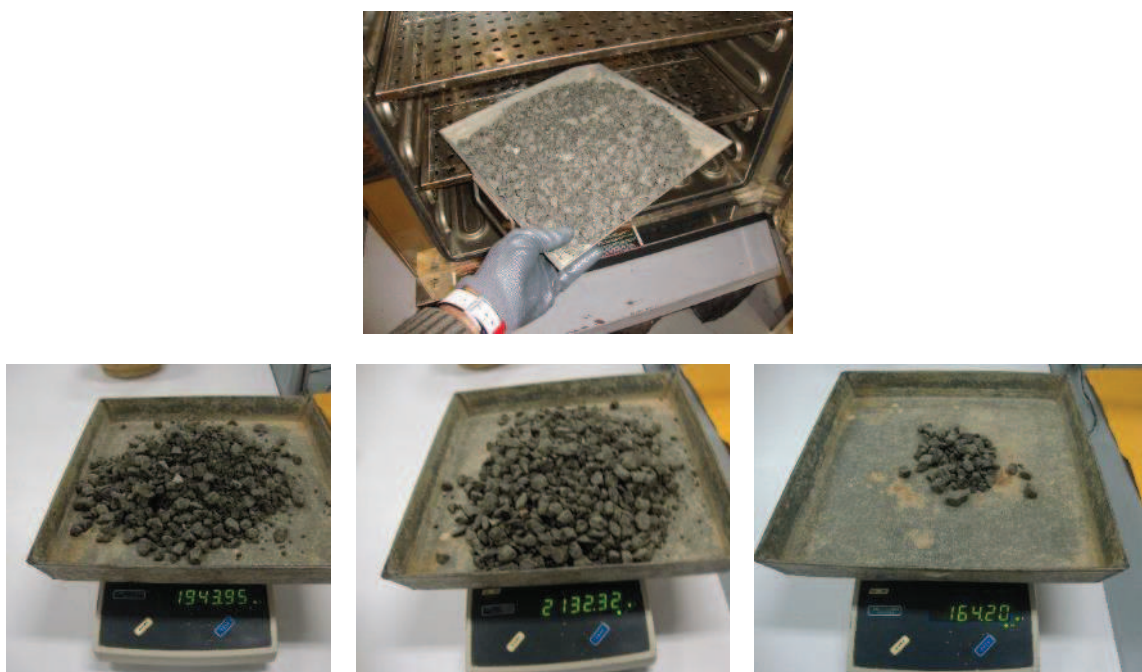
*Figura 60 - Procedimento do ensaio, pelo método de Los Angeles*

Após a conclusão, esvaziou-se o conteúdo do tambor sobre um tabuleiro colocado debaixo do aparelho de modo a evitar qualquer perda do material. Limpou-se cuidadosamente o tambor e retirou-se cuidadosamente as esferas do tabuleiro, de maneira a não perder partículas da amostra [13].



*Figura 61 - Peneiração no peneiro de 1,6 mm, material após peneiração, material lavado no peneiro de 1,6 mm, material na estufa.*

Por fim foi analisado o material recolhido no tabuleiro, de acordo com a EN 933-1, através da lavagem e peneiração no peneiro de 1,6 mm. Procedeu-se a secagem da fração retida no peneiro 1,6 mm a uma temperatura de  $(110 \pm 5) ^\circ\text{C}$  até obtenção de massa constante[8].



*Figura 62 – Material retido no peneiro de 1,6 mm após secagem e pesagem, método de Los Angeles*

OBS: O material foi dividido e pesado em três partes, para uma maior precisão, sendo a massa total 4.240,00 g.

## 4.6.2. Cálculo e expressão dos resultados

---

O coeficiente de Los Angeles LA foi calculado a partir da seguinte expressão:

$$LA = \frac{5000 - m}{50} \quad (1.10)$$

Sendo:

m – massa retida no peneiro de 1,6 mm, em gramas.

Nota: O resultado será arredondado ao número inteiro mais próximo.

## 4.6.3. Resultados e gráficos dos relatórios de ensaio

---

Brita Basalto nº 1,5 RM (10/16)

Tabela 18 – Determinação do valor do coeficiente de Los Angeles (Brita Basalto nº 1,5)

<i>Fração granulométrica d/D mm</i>	<i>Massa g</i>	<i>Percentagem %</i>
<i>Ret. 12,5 mm</i>	<i>2006,05</i>	<i>40</i>
<i>Ret. 11,2 mm + 10 mm</i>	<i>3003,61</i>	<i>60</i>
<i>Totalidade da amostra</i>	<i>5009,66</i>	<i>100</i>
<i>Material retido no peneiro 1,6 mm</i>	<i>4.240,47 g</i>	
<i>Massa do Provete de ensaio</i>	<i>5.009,66 g</i>	
<i>M. do Provete de ensaio / 100</i>	<i>50,10 g</i>	
<i>Coeficiente de Los Angeles LA</i>	<i>15</i>	

## 5. Ensaio de betume asfáltico

---

O ligante betuminoso é um componente essencial de uma mistura betuminosa, pois é o que liga os agregados e que fornece estabilidade e coesão a mistura betuminosa.

Existem vários tipos de ligantes que podem ser utilizados na constituição das misturas betuminosas, mas em geral utilizam-se os betumes asfálticos oriundos da refinação de crude [46].

O betume tem uma característica que o diferencia dos outros ligantes, a sua resposta viscoelástica, cujo comportamento varia consoante a velocidade de aplicação das cargas e a temperatura a que é submetida, o que lhe permite comportar-se quer como um material flexível, com baixo módulo de rigidez e muito deformável, adaptando-se às deformações e assentamentos das camadas da estrutura e da fundação sem se fendilhar, quer ter um comportamento estável com elevado módulo de resposta elástica quando submetido às ações do tráfego [26].

Em Portugal as classes de betume mais utilizadas são as de penetração 35/50 e 50/70 para as misturas betuminosas enunciadas “tradicional” e os de classe 10/20 para misturas de alto módulo [32].

Na Cimalha Construção da Batalha Lda opera-se com o betume de classe 35/50, fornecido pela empresa “REPSOL”.

Segundo a norma EN 12591 e o caderno de encargo da EP as propriedades e exigências de conformidade para cada um dos tipos de betume mencionados são as indicadas no quadro seguinte [47].

Tabela 19 - Tipo de betume e exigências de caderno de conformidade [48]

Requisitos	Propriedades	Referência normativa	Unidade	Betume de penetração 10/20	Betume de penetração 35/50	Betume de penetração 50/70
Consistência a temperatura de serviço intermédia	Penetração a 25°C	NP EN 1426	0,1 mm	10-20	35-50	50-70
Temperatura de serviço elevada	Temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	60-76	50-58	46-54
Durabilidade (Resistência ao envelhecimento – RTFOT a 163°C, NP EN 12607-1)	Penetração retida	NP EN 1426	%	≥ 55	≥ 53	≥ 50
	Aumento da temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	≤ 10	≤ 11	
	Varição em massa	NP EN 12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,5	
	Índice de penetração	EN 12591, EN 13927 (Anexo A)	-	-1,5 a +0,7		
	Temperatura de fragilidade de Fraass	EN 12593	°C	A declarar	≤ -5	≤ -8
Outros requisitos	Temperatura de inflamação	EN ISO 2592	°C	≥ 245	≥ 240	≥ 230
	Viscosidade cinemática a 135°	NP EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	≥ 700	≥ 370	≥ 295
	Teor em parafinas	EN 12606-2	% (m/m)	-	≤ 4,5	
	Solubilidade	NP EN 12592	%	≥ 99,0		

Duas das propriedades mais importantes na caracterização de um betume são a penetração da agulha e a temperatura de amolecimento, método “anel e bola”.

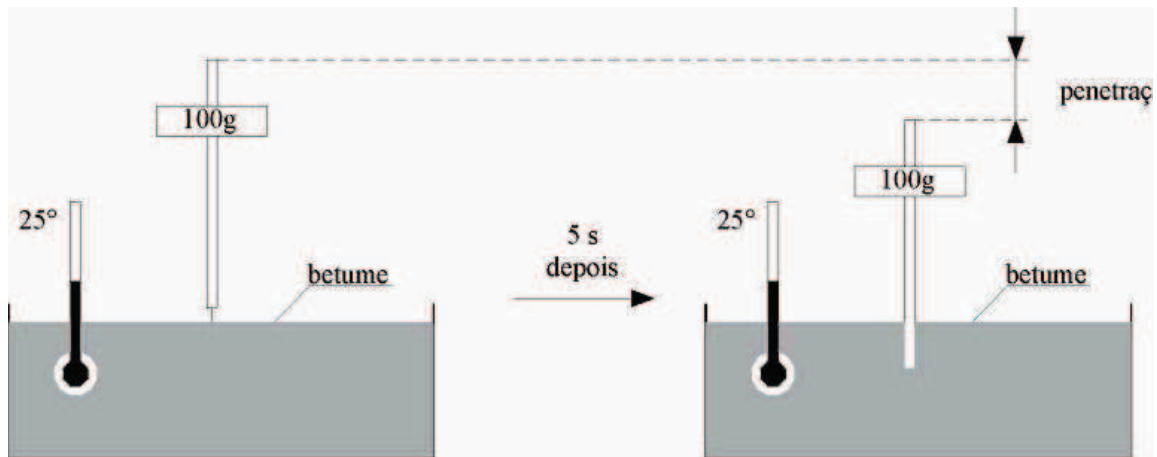


Figura 63 - Modelo de ensaio de penetração de betume [16]

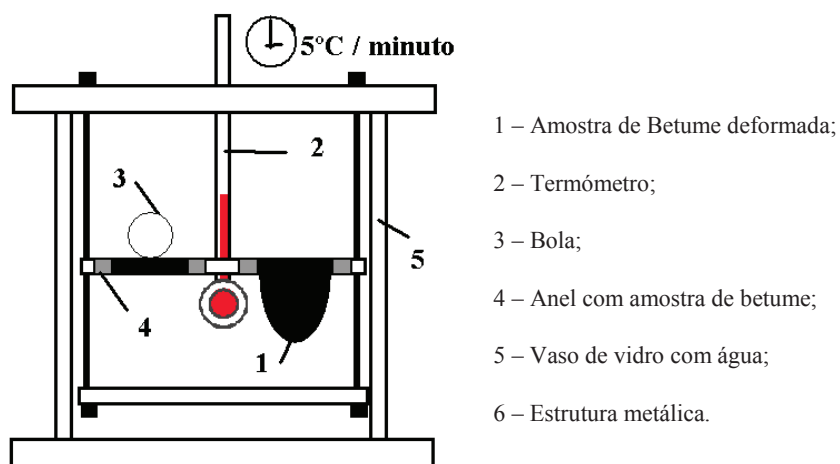


Figura 64 - Modelo de ensaio, temperatura de amolecimento, método do anel e bola (Branco et al 2008)

## 5.1. Betume de penetração 25°C

Este ensaio foi efetuado de acordo com a versão portuguesa da Norma Europeia EN 1426: 2007, tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais [49].

É um ensaio que consiste na penetração de uma agulha no betume a temperatura de 25 °C para designar a classe do betume, o ensaio decorre durante um período de 5 segundos e é retirado o valor da penetração média para o registo [16].

### 5.1.1. Procedimento do ensaio

Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio:

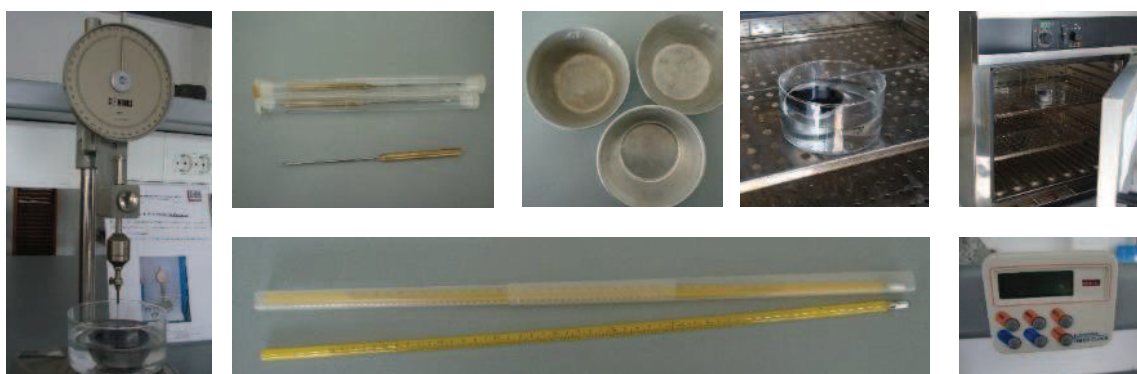


Figura 65 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio

- Penetrómetro, como especificado pela norma;
- Agulha de penetração, com as características especificadas pela norma;

- Taça para conter o provete;
- Recipientes para a taça;
- Tina para o banho;
- Estufa, de temperatura regulável podendo atingir 180 °C;
- Termómetro, centesimal com precisão de 0,1 °C;
- Cronómetro, com precisão de 1/5 s.

Procedeu-se a preparação do provete, retirou-se a amostra e foram colocadas nas taças.

Introduziu-se as taças com os provetes na estufa durante tempo suficiente para eliminação das bolhas de ar, a temperatura de aquecimento foi relativamente baixa não excedendo 75°C a 100°C o ponto de amolecimento determinado pelo ensaio.



*Figura 66 - Provetes na estufa para o ensaio de penetração do betume*

Retiram-se as taças da estufa logo que a superfície dos provetes estivessem lisas, e deixaram-se arrefecer até à temperatura ambiente durante aproximadamente 2h. A temperatura ambiente registrado no laboratório foi de  $\pm 20$  °C não excedendo o intervalo estipulado pela norma (18 a 30 °C).



*Figura 67 - Provetes em repouso para ensaio de penetração do betume*

Colocou-se o recipiente com as taças mantendo-os a temperatura constante durante o ensaio, sendo que os provetes permaneceram 1h neste banho.

Para a realização do ensaio colocou-se a agulha no respetivo haste, regulou-se o penetrómetro, introduziu-se a taça com os provetes. Esta operação decorre dentro do banho.

Durante o ensaio a variação da temperatura não excedeu 0,1 °C.

Coincidiu-se a agulha com a superfície do provete (betume), soltou-se a haste que segura a agulha durante o tempo especificado.



Figura 68 - Ensaio de penetração do betume a 25°C

Após a penetração a extremidade da agulha sempre distou mais de um centímetro do fundo da taça (para betumes com penetração até 200).

Registou-se a penetração atingida, através da leitura do disco graduado do aparelho.

O ensaio foi realizado três vezes em cada provete, sendo que ao fim do ensaio a agulha foi sempre limpada e o provete inserido novamente no banho.

A norma apresenta as seguintes condições de carga, temperatura e tempo:

Tabela 20 - Condições de carga, temperatura e tempo (Penetração de Betume) [17]

Carga (g)	Temperatura (°C)	Tempo (s)
50	46,1	5
200	0	60
100	25	5

Sendo que o penetrómetro do laboratório de Geotecnia e veias de Comunicação da ESTG possui uma carga de 150 g, foi desenvolvido um modelo de cálculo para a determinação do ensaio em aproximação com a norma.

Para 100 g o tempo é de 5 s, estipulado pelas condições de carga temperatura.

Sabendo que o intervalo de segundo poderia ser crucial na determinação do ensaio então o ensaio foi feito para um período de 5 s para quatro provetes, fazendo com que a média do ensaio fosse o mais aproximado possível dos 5 s.

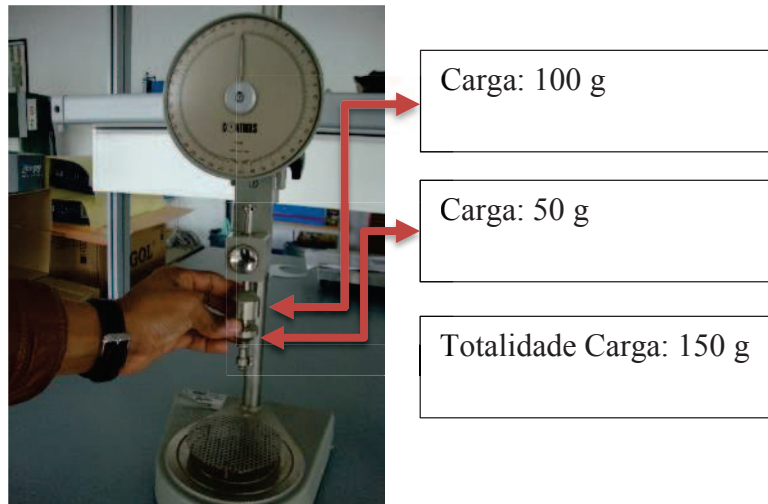


Figura 69 - Penetrômetro do laboratório de Geotecnia e Vias de Comunicação “ESTG”

### 5.1.2. Cálculo e expressão dos resultados

---

O valor da penetração é dada pela média das penetrações determinadas, sobre pelo menos três provetes.

A tolerância entre estes valores é dada pela seguinte equação:

$$\text{Tolerância} = \frac{VMP}{100} + 1 \quad (1.11)$$

Nota: Quando não for respeitada a tolerância, os ensaios devem ser repetidos.

Nota: A variação de valores obtidos nos ensaios feitos em diferentes laboratórios deverá estar incluída na seguinte expressão, (não aplicando ao meu caso):

$$\text{Variação} = \pm \frac{VMP}{50} + 2 \quad (1.12)$$

Sendo:

VMP – valor médio de penetração.

### 5.1.3. Resultados e gráfico dos relatórios de ensaio

Tabela 21 – Ensaio de penetração do betume 25°C

<i>Ensaio de penetração do betume 25°C</i>		
<i>Profundidade inicial da agulha, Pi</i>	<i>Profundidade final da agulha, Pf</i>	<i>Profundidade da agulha</i> $PA = Pf - Pi$
21,5 mm	28,5 mm	7,0 mm
22 mm	28,5 mm	6,5 mm
19,5 mm	27,0 mm	7,5 mm
<i>Média da profundidade da agulha, Pa</i>		
7,0 mm		

Inicialmente o resultado do ensaio foi de um betume de penetração de classe 50/70.

Fez-se um novo ensaio para a confirmação dos valores e o betume confirmou-se como betume de penetração 50/70.

Tabela 22 - Confirmação do ensaio de penetração do betume 25°C

<i>Ensaio de Penetração do betume 25°C</i>		
<i>Profundidade inicial da agulha, Pi</i>	<i>Profundidade final da agulha, Pf</i>	<i>Profundidade da agulha</i> $Pa = Pf - Pi$
18	24	60,0 mm
21,5	25,8	43,0 mm
17,7	23,9	62,0 mm
<i>Média da profundidade da agulha, Pa</i>		
		55 mm

Ao confrontar com o relatório de ensaio da empresa fornecedora do material (PEPSOL), viu-se que a classe do betume de penetração é de 35/50.

Foi descoberto após muitas repetições e tentativas de justificação do erro que o penetrómetro utilizado possuía uma carga de penetração de 150 g.

Não sendo estipulados valores para tal na especificação, procedeu-se a realização do ensaio com 100 g de carga, confirmando assim o controlo feito pela empresa fornecedora do material a classe do betume como betume de penetração 35/50.

Tabela 23 - Penetração do betume a 25°C

100 g					
<i>T</i>	<i>P<sub>i</sub></i>	<i>P<sub>f</sub></i>	<i>PA=P<sub>f</sub>-P<sub>i</sub></i>	<i>MPA<sub>i</sub>=(∑PA)/3</i>	<i>MPA=(∑MPA<sub>i</sub>)/4</i>
5,00 s	16,50 mm	21,30 mm	4,80 mm	3,87 mm	4,15 mm
5,00 s	19,10 mm	23,40 mm	4,30 mm		
5,00 s	21,50 mm	24,00 mm	2,50 mm		
5,00 s	18,20 mm	23,10 mm	4,90 mm	4,70 mm	
5,00 s	16,60 mm	21,30 mm	4,70 mm		
5,00 s	17,30 mm	21,80 mm	4,50 mm		
5,00 s	18,00 mm	20,60 mm	2,60 mm	3,80 mm	
5,00 s	15,50 mm	20,70 mm	5,20 mm		
5,00 s	18,40 mm	22,00 mm	3,60 mm		
5,00 s	17,80 mm	22,30 mm	4,50 mm	4,23 mm	
5,00 s	16,00 mm	19,80 mm	3,80 mm		
5,00 s	18,00 mm	22,40 mm	4,40 mm		

*Nota: Este modelo foi apresentado devido a especificação declarar valores para as cargas de penetração de 0, 200, e 100 g, dado que o penetrómetro do laboratório utilizado para o ensaio possuir uma carga de 100 g.*

## 5.2. Ponto de amolecimento, método de “anel e bola”

Este ensaio foi efetuado de acordo com a versão portuguesa da Norma Europeia EN 1427: 2007, tendo o mesmo estatuto que as versões oficiais [50].

É um ensaio que consiste na determinação da temperatura de amolecimento de um betume. Caso a sua temperatura atinge a temperatura de amolecimento pode condicionar a estabilidade da mistura betuminosa em que está aplicada. Quando a temperatura de um betume atinge valores inferiores ao ponto de fragilidade (de rotura) de Fraass a mistura fica condicionada pela fragilidade e fendilha facilmente [30].

O ponto de fragilidade de Fraass é uma grandeza utilizada para conhecer o comportamento dos betumes a temperaturas muito baixas [26].

## 5.2.1. Procedimento de ensaio

---

Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio:



Figura 70 - Aparelhos e utensílios utilizados para o ensaio

- Dois anéis de latão e uma placa de vidro, como descritos pela especificação [18];
- Duas esferas de aço com 9,5 mm de diâmetro e de massa  $3,5 \pm 0,05$  g;
- Copo de vidro, para ir a chama;
- Termómetro com características idênticas as especificadas pela norma;
- Suporte metálico, como descrito pela norma;
- Pinça com cerca de 25 cm caso necessário;
- Cronómetro;
- Recipiente para aquecer o betume, caso necessário.

Procedeu-se a preparação dos provetes, não foi necessário fluidificar a amostra, pois foi colhido no processo de descarga na Cimalha Construções da Batalha, S.A., e ainda encontrava-se em bom estado e sem bolhas de ar.



Figura 71 - Descarga do betume para a cisterna da empresa "Cimalha" a 150 °C aproximadamente

Foi utilizado cerca de 50 g da amostra colhida, como indicado pela LNEC E 21 [51].

Preparou-se os moldes aquecendo antes os anéis e assentando-os sobre a placa de base.

Encheram-se os anéis de betume fluido até fazer cogulo e deixou-se arrefecer até temperatura ambiente durante 30 min, posteriormente raspou-se a superfície do betume com uma espátula (x-ato) previamente aquecida.

Após preparação dos provetes procedeu-se ao ensaio.

Para o ensaio encheu-se um copo de vidro com 9 cm de água destilada recentemente fervida, introduziu-se as duas esferas e colocou-se os anéis e o termómetro no suporte metálico de modo a extremidade inferior deste fica-se ao nível da placa intermédio e centrada com ela.



Figura 72 - Equipamentos para a realização do ensaio, preparação do ensaio método de “Anel e Bola”

Introduziu-se o conjunto no copo de vidro, corrigiu-se o fluido de forma a ficar 5 cm a sua altura acima da superfície dos anéis.

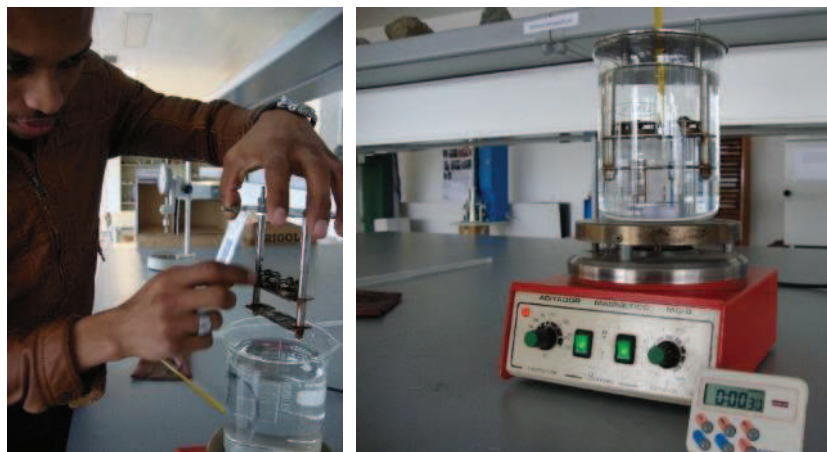


Figura 73 – Colocação das esferas, início do ensaio método “Anel e Bola”

Deixou-se arrefecer por aproximadamente 15 min, colocou-se as esferas sobre os provetes, centradas com os anéis.

O ensaio procedeu aquecendo o conjunto a 5°C por minuto, cujo em nenhum intervalo excedeu 9,5° C por minuto.

Durante o decorrer do ensaio, foi registado o valor da temperatura a cada minuto até o betume tocar na placa inferior.

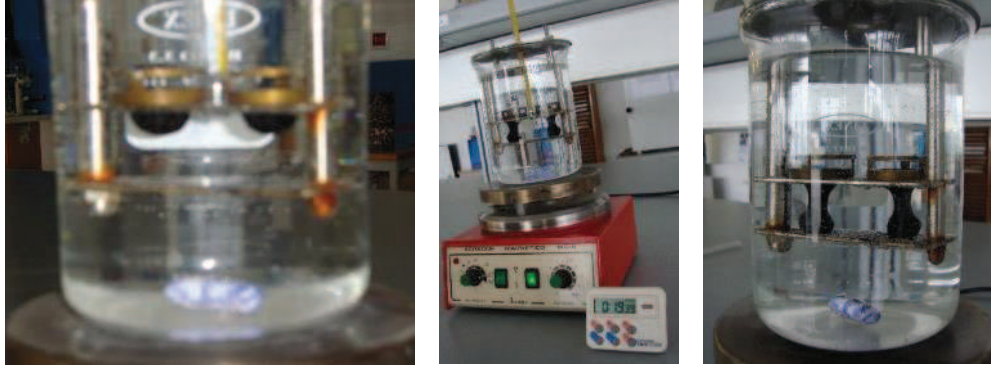


Figura 74 - Início das deformações, betume a tocar na chapa

### 5.2.2. Cálculo e expressão dos resultados

---

O ponto de amolecimento da amostra ensaiada é determinada através da média das temperaturas obtidas no ensaio dos dois provetes.

$$PAB = \frac{T1 + T2}{2} \quad (1.13)$$

Sendo:

PAB – ponto de amolecimento do betume;

T1 – temperatura em que primeira esfera toca no fundo;

T2 – temperatura em que a segunda esfera toca no fundo.

### 5.2.3. Resultados e gráficos dos relatórios de ensaio

Tabela 24 - Determinação do ponto de amolecimento do betume “Método de Anel e Bola 1º Ensaio”

<i>Ponto de amolecimento do betume</i>		
<i>Temperatura em que a esfera 1 toca no fundo</i>	<i>Duração do ensaio</i>	<i>Temperatura em que a esfera 2 toca no fundo</i>
<i>Esfera 1</i>	<i>19 min</i>	<i>Esfera 2</i>
<i>T1 = 45 °C</i>	<i>19 min</i>	<i>T2 = 45,2 °C</i>
<i>Média da temperatura</i>		
$\frac{T1+T2}{2} = 45,1 \text{ °C}$		

Tabela 25 - Determinação do ponto de amolecimento do betume “Método de Anel e Bola 2º Ensaio”

<i>Ponto de amolecimento do betume</i>		
<i>Temperatura em que a esfera 1 toca no fundo, T1</i>	<i>Duração do ensaio</i>	<i>Temperatura em que a esfera 2 toca no fundo, T2</i>
<i>Esfera 1</i>	<i>14</i>	<i>Esfera 2</i>
<i>T1 = 44,5</i>		<i>T2 = 45,0</i>
<i>Média da temperatura</i>		
<i>44,8 °C</i>		

O ensaio foi considerado inconclusivo devido ao não cumprimento na exatidão da norma estipulada.

Os resultados não se enquadram nos valores estipulados pelo CE.

Foi atingida a temperatura máxima do aparelho 250 °C e só então tivemos uma aproximação da subida de temperatura de 5°C/min.

Tabela 26 - Duração e temperatura do ensaio

<i>Min</i>	<i>Temp.</i>
<i>0 min</i>	<i>24,0 °C</i>
<i>1 min</i>	<i>26,8 °C</i>
<i>2 min</i>	<i>29,0 °C</i>
<i>3 min</i>	<i>31,0 °C</i>
<i>4 min</i>	<i>32,4 °C</i>
<i>5 min</i>	<i>33,0 °C</i>
<i>6 min</i>	<i>34,0 °C</i>
<i>7 min</i>	<i>35,5 °C</i>
<i>8 min</i>	<i>36,5 °C</i>
<i>9 min</i>	<i>38,0 °C</i>
<i>10 min</i>	<i>40,0 °C</i>
<i>11 min</i>	<i>41,5 °C</i>
<i>12 min</i>	<i>42,5 °C</i>
<i>13 min</i>	<i>43,9 °C</i>
<i>14 min</i>	<i>44,0 °C</i>
<i>Esfera toca no fundo</i>	

Pode verificar-se que a velocidade do segundo ensaio (14 min) foi inferior ao primeiro ensaio (19 min), sendo que para o primeiro ensaio a temperatura inicial foi inferior a temperatura inicial do segundo ensaio, influenciando na duração dos ensaios.

## 6. Produção de misturas betuminosas em central

---

Numa fase de crescimento e expansão, contrariamente ao que o mercado em Portugal dita face das dificuldades económicas em que o país se encontra atualmente, a Cimalha Construções da Batalha, S.A., fez um investimento na melhoria da central betuminosa com o intuito de futuramente certificar as misturas produzidas nas suas instalações.

Em Portugal a marcação da marca CE relativo a misturas betuminosas a quente passou a ser obrigatório a partir de 2008, sendo que na prática “tecnológica” ainda não se generalizaram por completo, as especificações técnicas das entidades administrativas rodoviárias estão a ser implantadas [25].

Existem vários tipos de misturas betuminosas a aplicar consoante a função estrutural que desempenham nas diferentes camadas dos pavimentos. Mediante a norma NP EN 13108-1 (2011) [52] que define os requisitos para as misturas betuminosas fabricadas a quente e com o caderno de encargo tipo – obra Estrada de Portugal (CE EP, 2011) [48], as misturas betuminosas podem ser designadas conforme indicado no quadro seguinte [26].

Tabela 27 - Tipologia das misturas betuminosas [48]

<b>Camada</b>	<b>Designação anterior</b>	<b>Designação atual</b>
Base	<i>Macadame Betuminoso Fuso B</i>	<i>AC 32 base ligante (MB)</i>
	<i>Macadame Betuminoso Fuso A</i>	<i>AC 20 base ligante (MB)</i>
	<i>Mistura Betuminosa de Alto Módulo</i>	<i>AC 20 base ligante (MBAM)</i>
Ligação	<i>Macadame Betuminoso Fuso A</i>	<i>AC 20 bin ligante (MB)</i>
	<i>Mistura Betuminosa Densa</i>	<i>AC 20 bin ligante (MBD)</i>
	<i>Mistura Betuminosa de Alto Módulo</i>	<i>AC 16 bin ligante (MBAM)</i>
	<i>Betão Betuminoso</i>	<i>AC 14 bin ligante (BB)</i>
	<i>Argamassa Betuminosa com betume modificado</i>	<i>AC 4 bin ligante (AB)</i>
Regularização	<i>Macadame Betuminoso Fuso A</i>	<i>AC 20 reg ligante (MB)</i>
	<i>Mistura Betuminosa Densa</i>	<i>AC 20 reg ligante (MBD)</i>
	<i>Betão Betuminoso</i>	<i>AC 14 reg ligante (BB)</i>
	<i>Argamassa Betuminosa com betume modificado</i>	<i>AC 4 reg ligante (AB)</i>
Desgaste	<i>Betão Betuminoso</i>	<i>AC 14 surf ligante (BB)</i>
	<i>Betão Betuminoso Rugoso</i>	<i>AC 14 surf ligante (BBr)</i>
	<i>(micro) Betão Betuminoso Rugoso</i>	<i>AC 10 surf ligante (mBBr)</i>

*AC – designação do produto, cujo termo em inglês é “Asphalt Concrete”;*  
*ligante – classe a definir;*  
*base – referente à camada de base, cujo termo em inglês é similar “base course”;*  
*bin – referente à camada de ligação, cujo termo em inglês é “binder course”, de espessura constante*  
*reg – referente à camada de regularização, cujo termo em inglês é “regulating course”, de espessura variável;*  
*surf – referente à camada de desgaste, cujo termo em inglês é “surface course”.*

Às misturas betuminosas e aos seus constituintes são exigidas determinadas características gerais durante a construção da estrutura e após a sua entrada em serviço. Consoante a sua aplicação, a principal exigência pode ser de carácter estrutural onde se pretendem boas características mecânicas ou então de carácter funcional onde se exige que as misturas betuminosas apresentem aptidões ao nível da segurança e do conforto. Em ambos os casos devem ser garantidos os critérios económicos, durabilidade e facilidade de construção [21].

Um dos fenómenos de maior importância das misturas betuminosas é a fadiga, que tem como foco de surgimento a passagem repetitiva dos rodados dos veículos. A resistência a fadiga aumenta com a durabilidade da mistura e como tal com o aumento do betume. No entanto, uma grande percentagem de betume pode originar a exsudação do ligante e comprometer a estabilidade da mistura betuminosa [30].

No caderno de encargo da EP (atual IP), são indicados os requisitos e as propriedades das misturas betuminosas, bem como as respetivas normas de ensaio para as estimar [48].

Para que a mistura tenha as características exigidas, todo o processo desde a determinação das características dos agregados (determinadas anteriormente) tal como o betume tem que ser garantidas para que possua uma boa adesividade entre ambos. Pode se quantificar a adesividade entre ambas através de ensaios de tração indireta especificado pela norma EN 12697-12 [53] ou pela CRD-C 652-95 [54] [55].

Na empresa Cimalha Construções da Batalha, S.A., as misturas produzidas são misturas betuminosas a quente em central.

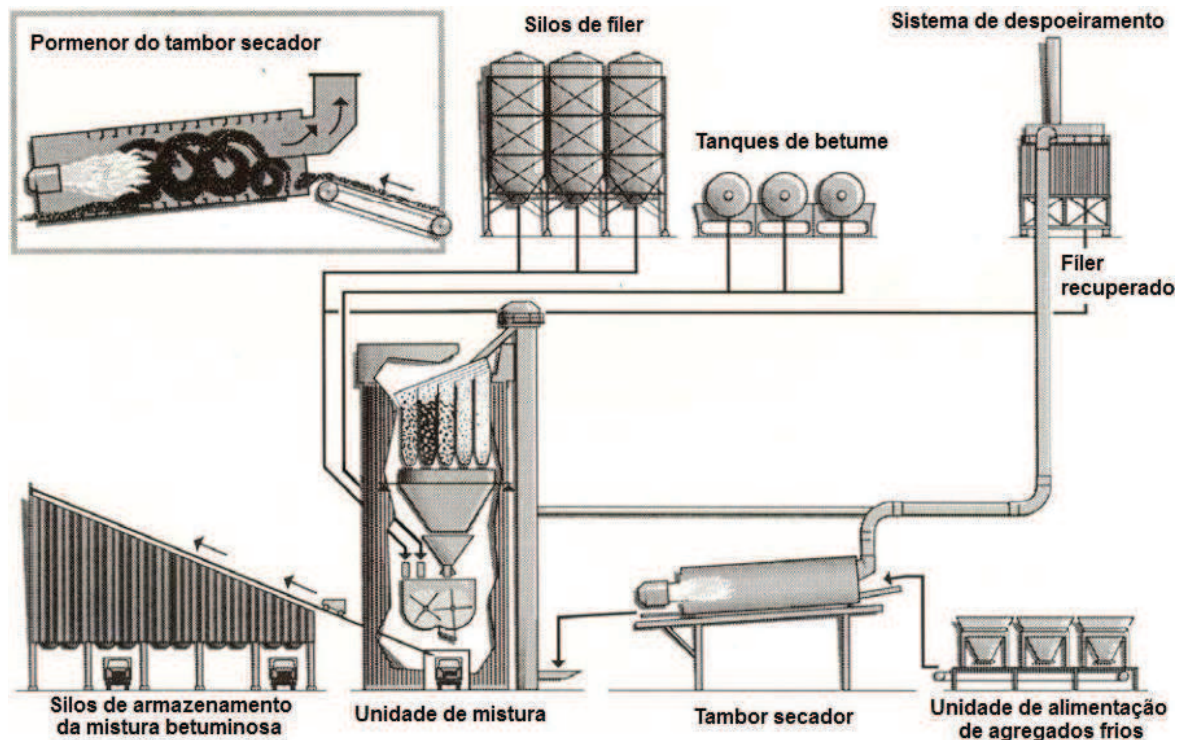


Figura 75 - Esquema de funcionamento de uma central descontínua [56]

Esse processo consiste em aquecer e misturar o betume e os agregados de granulometrias variados (agregados grossos, agregados finos, finos e *filler*), com o intuito de formar uma camada de pavimento rodoviário com as características desejadas.

As características das misturas betuminosas produzidas são definidas pela percentagem e elementos que o constitui estipulados pelo CE da EP (atual IP).

A junção da variedade granulométrica dos agregados permite caracterizar a funcionalidade das misturas produzidas, os agregados grossos melhoram a resistência as deformações permanentes, aumentam o seu modulo de rigidez e proporcionam uma maior rugosidade superficial quando utilizadas em camadas superficiais, os agregados finos proporcionam a estabilidade e compacidade à mistura, melhorando o esqueleto estrutural dos agregados, o *filler* proporciona uma melhoria na compacidade e impermeabilidade da mistura

betuminosa (*filler* juntamente com o betume dá origem ao mástique betuminoso), o betume melhora a resistência ao fendilhamento, impermeabiliza a mistura e proporciona alguma resistência a tração [22].

Para a formulação de misturas betuminosas a quente existem alguns métodos podendo ser separados nas seguintes categorias:

- Método tipo “ receita”
  - Estes métodos são especificados, sendo que a composição e o procedimento a adotar são descritos em documentos normativos, baseados em experiencias feitas sobre determinadas condições de trafego, temperatura. Estes métodos são limitados (clima, trafego), e não permitem introdução de novos materiais. Muito utilizado em Inglaterra [1].
- Método empíricos
  - Estes métodos são de formulação orientada para determinar o teor de betume ótimo a utilizar na mistura, fundamentado em dados volumétricos (baridade, VMA ou porosidade) e em “variáveis” determinadas em ensaios (estabilidade, deformações). As desvantagens deste método é que os ensaios laboratoriais não simulam corretamente a compactação da mistura em obra, e também não são utilizados ensaios baseados no comportamento da mistura em serviço, não enquadrando as condições atuais de trafego. O procedimento mais utilizado é o método de Marshall “EUA”, tendo outros métodos empíricos como método Hveem “EUA”, e também o método de Duriez “França” [22].

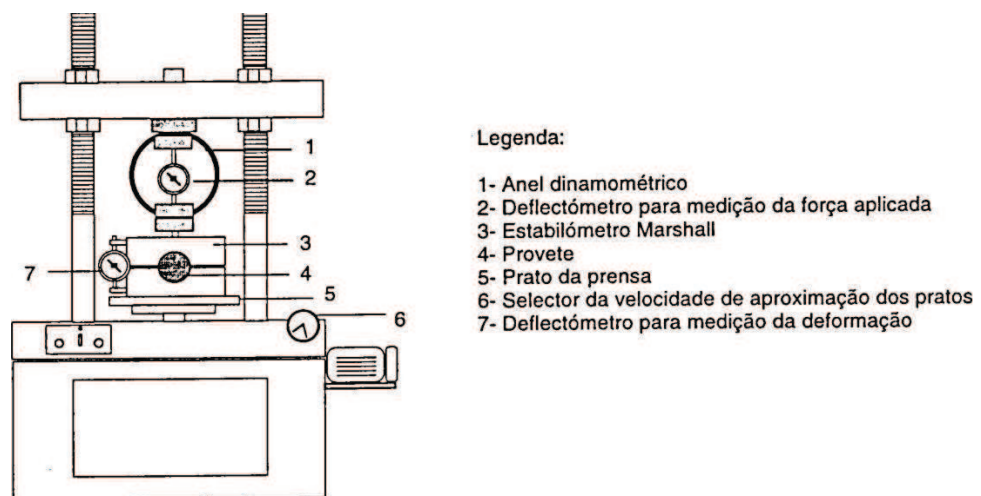


Figura 76 - Modelo do aparelho utilizado no ensaio de Marshall [21]

- Métodos analíticos

- Este tipo de método aproxima bastante a realidade, baseiam em fórmulas matemáticas para estabelecer a composição volumétrica da mistura betuminosa, é fornecido as proporções de cada elemento a utilizar. A realização de ensaios torna-se opcional, mas recomendável podendo assim conferir a formulação analítica [22].
- Métodos volumétricos
  - Consiste na utilização de proporções dos elementos constituinte para a obtenção da percentagem de betume e a curva granulométrica que irá “compor” a mistura. Utiliza-se uma “prensa de corte giratória” para a determinação do ensaio, simulando as condições de compactação em obra. Aconselhado para baixo tráfego [22].



Figura 77 – Esquema de funcionamento da prensa de corte giratória [23]

- Métodos racionais

São os métodos mais recentes de composição e formulação de misturas betuminosas, baseia-se nos métodos volumétricos já existentes e testados, baseia-se no módulo de rigidez da mistura para determinar as características da mistura (resistência a fadiga, deformações permanentes). Exemplos deste método de formulação, nível II e III do “Superpave Mix Design System”, desenvolvidos nos EUA [22].

Para o fabrico das misturas betuminosas a Cimalha Construções da Batalha, S.A., dispõe de uma central descontínua (facilitando a colocação dos inertes) no seu estaleiro para a produção de misturas betuminosas a quente, e o método utilizado é o analítico.



Figura 78 - Central descontínua da “Cimalha” em funcionamento, esteira transportadora de inertes

Inicia-se o processo com o aquecimento dos agregados, com a granulometria determinada/pretendida, reduzindo o teor de água e precavendo as condições adequadas a adesividade entre o ligante e agregado, procede-se a mistura com o betume (ligante), no final pretende se obter uma mistura betuminosa homogénea que cumpre as especificações e os critérios de conformidade.

Sendo uma central descontínua o aquecimento dos agregados é feito por fornadas, podendo ser feita no ritmo pretendido e de forma independente consoante a necessidade, contrário das centrais contínuas.

A central é constituída pelos seguintes elementos:

- Unidade de alimentação de agregados frios;
- Silos de *filler* (o *filler* é recuperado na empresa);
- Cisterna de betume;
- Depósito de óleo;
- Coletor de pó;
- Tambor secador;
- Silos de armazenamento da mistura betuminosa (futuramente).

A central da Cimalha Construções da Batalha, S.A. tem capacidade de produção de 120 toneladas a hora, promove amassaduras de 1200 Kg opera a gás (GPA) e tem descarga direta (para os camiões).

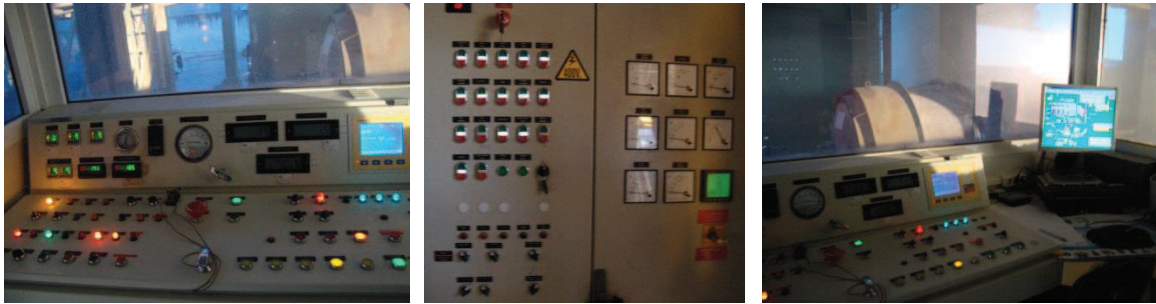


Figura 79 - Gabinete de controlo da central "Cimalha"

Sendo o tambor secador uma peça fundamental, nas centrais descontínuas como o da Cimalha Construções da Batalha, S.A., apenas tem a finalidade de aquecer e secar os agregados para a mistura com o betume e o *filler* na secção de mistura, contrário das centrais contínuas (betume e *filler* são juntados aos agregados no tambor secador).

Depois de aquecidos procede o transporte dos agregados para o topo da unidade de mistura, separados por granulometria e descarregados por peso segundo o “método adotado” na unidade misturadora onde posteriormente adiciona o betume e o *filler*.

O óleo envolve a maquinaria (equipamento) lubrificando as ramificações e o equipamento ajudando a manter o betume a temperatura adequada  $\pm 170^{\circ}\text{C}$ .

O betume sai da cisterna a temperatura registrada superior a  $100^{\circ}\text{C}$  podendo fluir pelas tubagens até a unidade de mistura (de amassadura) da central.

A mistura decorria a temperatura de  $176^{\circ}\text{C}$  e ao descarregar saia a uma temperatura superior a  $160^{\circ}\text{C}$ .

No final deste processo pôde se conferir que foram cumpridos as temperaturas estipuladas de amassadura e descarga, podendo também averiguar após a descarga que os agregados apresentavam dispersos na mistura de forma homogénea e revestidos pelo ligante “betume” como acordado pelo IPQ especificação EN 13108-1 [14].



*Figura 80 - Descarga direta da mistura e controlo da temperatura "Cimalha" (165 °C)*

O processo de descarga é efetuado diretamente para os camiões que são cobertos com lona que abrangem toda a mistura para que a mistura não esteja em contacto direto com o ar água ou impurezas, os camiões são pesados antes da saída do estaleiro.



*Figura 81 - Camiões cobertos com lona "Cimalha"*

Atualmente Cimalha Construções da Batalha, S.A., dispõe de dois silos de armazenamento de mistura betuminosa para armazenamento, mas ainda não estão em funcionamento sendo que foram adquiridos recentemente numa aposta para o futuro, juntamente com 2 tremonhas novas para a introdução exclusiva dos materiais de desgaste.

## 7. Colocação e controlo de misturas betuminosas em obra

---

### 7.1. Considerações Iniciais

---

A empresa Cimalha Construções da Batalha, S.A., fez, recentemente, um investimento na melhoria da central betuminosa e na implementação de uma pavimentadora elétrica, facilitando e melhorando o controlo de qualidade neste processo.



*Figura 82 - Pavimentadora elétrica da "Cimalha"*

É aconselhável que antes de colocação de uma mistura betuminosa em obra (completa), seja feito o processo num trecho experimental com o intuito de avaliar a aplicação do material e a compactação do mesmo, podendo determinar fatores como temperatura da mistura betuminosa, a ordem de passagem do trem de compactação, e o número de passagens de cada veículo de compactação. Posteriormente são extraídos carotes para ensaios em que serão determinadas a porosidade e eficiência de compactação através da determinação da baridade dos carotes [6]. Após aprovação pela fiscalização, o procedimento adotado no trecho experimental será transposto para a obra.

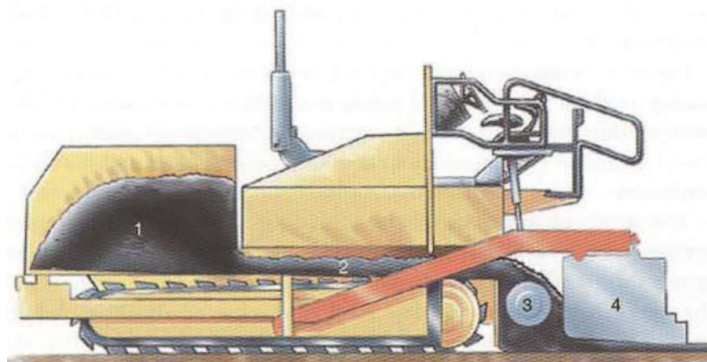
### 7.2. Trabalhos de Pavimentação Rodoviária

---

Para que seja cumprida a qualidade desejada é de grande importância que o processo de compactação inicie com a mistura a uma temperatura apropriada (120 °C a 140 °C) para tal

e viscosidade dinâmica (entre os 2 Pa.s e 20 Pa.s), garantindo a trababilidade apropriada para o processo.

Para a aplicação de mistura betuminosa, são previamente verificadas as condições da camada subjacente, confrontando a superfície com a regularização e rugosidade pretendida para a implementação adequada da mistura. Na superfície da camada subjacente é aplicada uma rega de colagem (designada em obra de “cola”) podendo garantir uma melhor aderência e colagem da camada a aplicar.



- 1 – Tremonha
- 2 - Cinta transportadora;
- 3 – Sem fins transversais (distribuidora de mistura);
- 4 – Mesa vibradora

Figura 83 - Esquema de funcionamento de uma pavimentadora [57]

Sendo um dos processos mais importantes da colocação de misturas betuminosas em obra, a compactação proporcionado uma melhoria no comportamento das misturas betuminosas perante a ação do tráfego, pois provoca uma diminuição no volume de vazios nas misturas betuminosas, causando um aumento de atrito entre as partículas, melhorando as ligações entre os agregados e o betume, assim sendo quando sujeita a ação do tráfego, a mistura betuminosa tem uma resposta melhorada à fadiga e as deformações permanentes. Este processo é especificado pelo CE da EP (atual IP).



Figura 84 - Cilindro de Pneus e Cilindro de Rolos utilizados para a compactação [57]

“A granulometria extensa (bem graduada) nas camadas não ligadas é de extrema importância, pois desta forma pode se obter um aumento da densidade relativa para a

mesma compactação<sup>7</sup>, permitindo maior degradação das cargas pelo atrito gerado entre os elementos” [58].

Dado que atualmente na zona centro de Portugal, sob a área de ação da Cimalha Construções da Batalha, S.A., existem poucas obras totalmente novas e mais de 90 % das obras consiste na reabilitação dos pavimentos e não na construção, a seguir é apresentado um caso de reabilitação de pavimento no Souto da Carpalhosa do concelho de Leiria.



*Figura 85 - Pavimentos rodoviários danificados, infiltração das raízes dos pinheiros (Souto da Carpalhosa)*

Após preparação da zona do pavimento para reabilitação, procedeu-se a aplicação da rega de colagem sob a camada subjacente.



*Figura 86 - Trecho da estrada após aplicação da rega “cola” (Souto da Carpalhosa)*

O processo de pavimentação tem início após rotura da emulsão. Sendo que a pavimentadora não tem capacidade para o transporte de todo o material com um só carregamento, o processo acontece com a formação de um comboio entre o camião (na dianteira) e a pavimentadora (na traseira), o camião vai descarregando o material na tremonha da pavimentadora e este por si faz a aplicação da nova camada de pavimento.

---

<sup>7</sup> “ (...) diz-se relativa a compactação de uma camada quando se compara os resultados obtidos em obra com os resultados obtidos em laboratório”.



*Figura 87 – Comboio entre o camião e a pavimentadora*



*Figura 88 – Pavimentação de trecho da estrada*

A Cimalha Construções da Batalha, S.A., possui uma pavimentadora elétrica recente que possibilita um melhor controlo do trabalho e uma melhoria significativa na aplicação da mistura betuminosa. A temperatura registada pela pavimentadora foi de 150 °C no momento da aplicação.

Não foi necessário devido a pequena dimensão da obra, mas é aconselhável que para colocação da mistura em obra seja aferida a velocidade de espalhamento de forma a não faltar material, adaptado a capacidade de produção da central e a quantidade de material disponível na obra, tendo em consideração que a central da Cimalha é fixa.



*Figura 89 - Compactação de um trecho do pavimento reabilitado “Cimalha” (Souto da Carpalhosa)*

O processo de compactação inicia-se com o cilindro de pneus, depois passa o cilindro de rolos a vibrar e por fim novamente o cilindro de rolos mas sem vibração, podendo alterar o “comboio” de compactação passando inicialmente o cilindro de rolos a vibrar, posteriormente o cilindro de pneus aplicando pressões elevadas ao pavimento e por fim o

cilindro de rolos sem vibração regularizando possíveis delitos (irregularidades) deixados pelo cilindro de pneus [1].

No final do processo de execução de camada de pavimento rodoviário, ou reabilitação de camada de pavimento rodoviário, são confrontados os resultados com os valores especificados no CETO, verificando se foi ou não cumprida os controlos estipulados para obtenção de resultados satisfatórios.

Uma compactação<sup>8</sup> adequada promove o desempenho satisfatório da estrutura, influenciando fatores como [59]:

- Estabilidade – pelo facto de a densidade da mistura afetar o angulo de atrito e as tensões a que as partículas ficam ligadas;
- Durabilidade – controlando a porosidade da mistura minimiza a infiltração de ar e/ou agua que provoca uma aceleração no envelhecimento da mistura;
- Resistência a fadiga – com uma compactação ideal, entre os valores especificados, aumenta a zona de contacto entre as partículas distribui melhor as cargas aplicadas na superfície, reduzindo assim as tensões nos pontos.



*Figura 90 - Treco do pavimento reabilitado "Cimalha" (Souto da Carpalhosa)*

Para as operações de reabilitação de pavimentos a empresa Cimalha Construções da Batalha, S.A., possui uma fresadora que recupera o material para ser reutilizado como “tout-venant”, e uma giratória que raspa todo o material e após a separação completa das raízes é reutilizado novamente.

---

<sup>8</sup> A compactação excessiva (fora do enquadramento especificado) promove aparecimento precoce de anomalias/patologias no pavimento, como a exsudação, desagregação de materiais entre outros.



*Figura 91 - Giratória e fresadora utilizados para recuperação de material*

Segundo a CETO os critérios de avaliação para aceitação das camadas com mistura betuminosa a quente são os seguintes:

- Inclinação transversal – Para conformidade da estrutura esta característica é garantida desde o leito do pavimento, garantindo assim que a inclinação estabelecida em projeto seja cumprido. Influencia a segurança de circulação em curvas e promove auto drenagem do pavimento.
- Aspetto Visual – É um processo em que a satisfação do elemento de fiscalização define a conformidade ou não da estrutura. Como o nome diz é uma inspeção visual não recorrendo a qualquer instrumento.
- Irregularidades – Para a conformidade da camada deve ser garantida a regularidade superficial transversal e longitudinal em toda a extensão do pavimento.

### 7.3. Extração de carotes para ensaios

Durante o período de estágio uma das tarefas mais importantes desempenhadas foi a extração de carotes, porque através destes perfis transversais pode se verificar a espessura das camadas implementadas para a reabilitação dos pavimentos rodoviários, nos permite saber qual o índice de vazios da estrutura, a porosidade a baridade o teor de ligante utilizado (betume), os inertes que constituem cada camada entre muitas outras características da estrutura.

Quando a porosidade é elevada, sob a ação do tráfego a mistura betuminosa torna-a mais densa e o atrito entre as partículas diminui, originando deformações [24]. Devido a este facto, o volume de vazio da mistura não deve ser muito baixo, caso contrário compromete o comportamento da mistura betuminosa. Existem valores de porosidade mínima (volume de vazio crítico) que devem ser respeitados, aproximadamente 3 %, dependendo do tipo de mistura betuminosa [60].

Segundo o CETO pode se dizer que o critério de aceitação/rejeição de uma camada de pavimentação é caracterizada pelo enquadramento dos valores no intervalo de tolerância estipulados. Tornando assim de grande relevância a extração de carotes, pois permite fazer a medição das diversas camadas e confrontar com a tolerância dada pela CETO, declarando aceitação ou não da estrutura.



Figura 92 - Extração de carotes

Caso existe rejeição<sup>9</sup> da camada ou seja a medição não respeite a tolerância dada pelo intervalo estipulado pela CETO haverá correções para que alcance a conformidade da especificação. Pode ainda haver um acordo para a aceitação da camada entre o

<sup>9</sup> A não-aceitação da obra ou identificação do produto final como não conforme, torna-se uma opção de risco tanto pelo Adjudicante como pelo Adjudicatário, sendo que a margem para correção é muito reduzida e atrasará a entrega da obra, pois haverá um aumento do custo provocado pela ação e não estando previsto pelo Adjudicatário provoca um desequilíbrio entre o prazo de entrega da obra e a empreitadas a realizar.

Adjudicatário e o Adjudicante com uma sanção económica aplicada ao Adjudicatário dentro dos limites de tolerância especificada pela EP CETO.

Exemplo de corte transversal de um pavimento antigo e um pavimento recente.



Figura 93 - Semipenetração, "brita 3 ou 4", pavimento antigo



Figura 94 - Carote com a separação das camadas, pavimento recente

Estes carotes foram retirados na Rua da Ponte “carote 2”, Rua Caramujo em Salir do Porto “carote 1” e Rua do Bernardino de Campos “carotes 3 e 4” nas Caldas da Rainha.

Como pode se ver nas figuras a cima, foi muito interessante durante o processo de extração dos carotes ter encontrado exemplo de um pavimento antigo, o “carote” apresente uma única camada de brita calcário 3 ou 4 com uma emulsão betuminosa que supostamente agiu por penetração gravítica. “Na minha opinião é uma estrutura muito drenável mas que deixa muito a desejar na transmissão das tensões da superfície para as camadas subjacentes e permite uma forte contaminação, as partículas finas da fundação podem emigrar facilmente para as camadas superiores”.

Inicialmente foi previsto determinar a porosidade da mistura ( $V_m$ ), a baridade máxima teórica da mistura betuminosa ( $\rho_m$ ) e a baridade aparente de cada provete ( $\rho_b$ ) através da equação que se segue e enquadrar segundo o CETO.

$$V_m = \frac{\rho_m - \rho_b}{\rho_m} \times 100 \quad (1.14)$$

O enquadramento é feito pelo CETO da IP de acordo com as misturas, como pode se comprovar na tabela que se segue, a tabela estipula os limites de acordo com as misturas.

Tabela 28 - Requisitos de porosidade para as várias misturas [6]

Requisitos	Tipo de Mistura						
	AC 32 (MB)	AC 20 (MB) AC 20 bin (MB) AC 20 bin (MBD) AC 20 reg (MB) AC 20 reg (MBD) AC 10 surf (mBBr) AC 14 surf (BBr) AC 4 (AB) MBR-BBA MBR-BBM	AC 20 (MBAM)	AC 16 bin (MBAM)	AC 14 bin (BB) AC 14 reg (BB) AC 14 surf (BB)	PA 12,5 (BBd)	MBA-BBA MBA-BBM
Porosidade média de um lote (%)	4 - 8	3 - 8	2 - 8	2 - 7	3 - 7	22 - 32	12 - 20
Porosidade individual de cada tarolo (%)	≤ 10	≤ 10	≤ 10	≤ 9	≤ 9	22 - 34	12 - 22

Não foi possível efetuar a comparação e enquadramento dos resultados, devido à demora da obtenção dos materiais e falta de informação facultada, prosseguindo assim para a compressão diametral de Marshall.

Os tipos de misturas dos provetes são:

- Ac 10 surf (mBBr);
- Ac 20 reg (MB).

Antes do ensaio de Marshall os provetes foram submetidos a alguns ensaios “expeditos” para a determinação dos seguintes dados:

Tabela 29 - Dados dos provetes "carotes"

Amostras							
Provete 1		Provete 2		Provete 3		Provete 4	
h	d	h	d	h	d	h	d
4,10 cm	9,40 cm	4,70 cm	9,40 cm	5,20 cm	9,40 cm	9,40 cm	9,40 cm

Os volumes dos provetes (V) foram determinados através da seguinte equação:

$$V = \pi \times \left(\frac{d}{2}\right)^2 \times h \quad (1.15)$$

As massas secas e húmidas (m seca, m húmida) dos provetes são dadas pelo peso dos provetes secos e húmidos.

As baridades secas ( $\rho$ ) dos provetes foram determinadas pela seguinte equação:

$$\rho = \frac{ms}{V} \quad (1.16)$$

As percentagens de absorção da água (%W) foram determinadas pela seguinte equação:

$$\%W = \frac{ms - mh}{ms} \times 100 \quad (1.17)$$

Tabela 30 - Volume, massas, baridade e percentagem de absorção de água dos provetes

<b>Volume dos Provetes</b>			
<i>V 1</i>	<i>V 2</i>	<i>V 3</i>	<i>V 3</i>
284,53 cm <sup>3</sup>	326,17 cm <sup>3</sup>	360,87 cm <sup>3</sup>	652,34 cm <sup>3</sup>
<b>Massa Seca dos Provetes</b>			
<i>m 1 seca</i>	<i>m 2 seca</i>	<i>m 3 seca</i>	<i>m 4 seca</i>
630,59 g	680,69 g	749,34 g	1.334,35 g
<b>Massa Húmida dos Provetes</b>			
<i>m 1 húmida</i>	<i>m 2 húmida</i>	<i>m 3 húmida</i>	<i>m 4 húmida</i>
678,72 g	710,26 g	759,10 g	1.365,45 g
<b>Baridade Seca dos Provetes</b>			
2,22 g/cm <sup>3</sup>	2,09 g/cm <sup>3</sup>	2,08 g/cm <sup>3</sup>	2,05 g/cm <sup>3</sup>
<b>Água Absorvido Pelos Provetes</b>			
48,13 g	29,57 g	9,76 g	31,10 g
7 %	4 %	1 %	2 %

As percentagens de vazios dos provetes foram determinadas da seguinte forma:

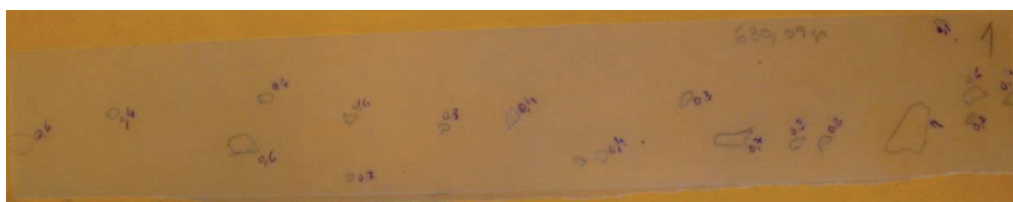
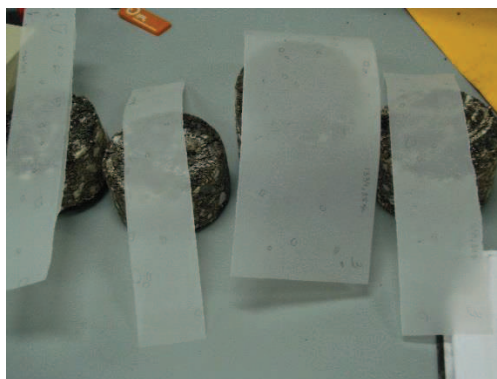


Figura 95 - Determinação da percentagem de vazios dos provetes

Os provetes foram envolvidos em papel vegetal e o papel foi recortado com as dimensões cilíndricas dos provetes.

Procedeu-se a marcação dos vazios nos contornos dos provetes e posteriormente com auxílio de um paquímetro foi medido os diâmetros cruzados da figura de cada vazio.

Determinou-se a área de vazios através da seguinte expressão:

$$AV = n^{\circ}V \times \frac{\pi}{4} \times D1 \times D2 \quad (1.18)$$

As áreas totais de vazios foram determinadas pelo somatório das áreas de vazios.

As áreas totais das superfícies dos provetes foram determinadas pela seguinte expressão:

$$As = \pi \times d \times h \quad (1.19)$$

Por fim determinou-se a percentagem de vazios (%V) através da seguinte expressão:

$$\%V = AV / As \quad (1.20)$$

Tabela 31 - Percentagem de vazio nos provetes 1 e 2

<b>Provete 1</b>				<b>Provete 2</b>			
Número de vazios	Diâmetros dos vazios (mm)		Área dos vazios (mm <sup>2</sup> )	Número de vazios	Diâmetros dos vazios (mm)		Área dos vazios (mm <sup>2</sup> )
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>			D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	
3	0,6	0,6	0,848	2	0,45	0,45	0,318
6	0,4	0,4	0,754	2	0,35	0,35	0,192
3	0,2	0,2	0,094	1	0,4	0,4	0,126
4	0,3	0,3	0,283	1	0,1	0,1	0,008
1	0,7	0,7	0,385	1	0,6	0,6	0,283
1	1	1	0,785	1	0,5	0,5	0,196
1	0,1	0,1	0,008	2	0,3	0,3	0,141
0	0	0	0,000	1	0,2	0,2	0,031
0	0	0	0,000	1	0,1	0,1	0,008
0	0	0	0,000	0	0	0	0,000

Área total de vazios (mm<sup>2</sup>) = **315,730**

Área total de vazios (mm<sup>2</sup>) = **1,304**

Área total da superfície (mm<sup>2</sup>) = **12107,698**

Área total da superfície (mm<sup>2</sup>) = **13879,556**

Área vazios / Área total = **2,61%**

Área vazios / Área total = **0,01%**

Tabela 32 – Percentagem de vazios nos provetes 3 e 4

<b>Provete 3 p.</b>			
Número de vazios	Diâmetros dos vazios (mm)		Área dos vazios (mm <sup>2</sup> )
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	
2	0,6	0,6	0,565
4	0,3	0,3	0,283
2	0,5	0,5	0,393
10	0,4	0,4	1,257
1	0,8	0,8	0,503
1	0	0	0,000
0	0	0	0,000
0	0	0	0,000
0	0	0	0,000
0	0	0	0,000

$$\begin{aligned} \text{Área total de vazios} \\ (\text{mm}^2) = \quad \quad \quad \mathbf{3,000} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Área total da superfície} \\ (\text{mm}^2) = \quad \quad \quad \mathbf{15356,105} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Área vazios / Área total} \\ = \quad \quad \quad \mathbf{0,20\%} \end{aligned}$$

<b>Provete 3 g.</b>			
Número de vazios	Diâmetros dos vazios (mm)		Área dos vazios (mm <sup>2</sup> )
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	
2	0,5	0,5	0,393
6	0,4	0,4	0,754
3	0,3	0,3	0,212
4	0,45	0,45	0,636
8	0,2	0,2	0,251
2	0,35	0,35	0,192
10	0,1	0,1	0,079
1	0,25	0,25	0,049
0	0	0	0,000
0	0	0	0,000

$$\begin{aligned} \text{Área total de vazios} \\ (\text{mm}^2) = \quad \quad \quad \mathbf{2,566} \end{aligned}$$

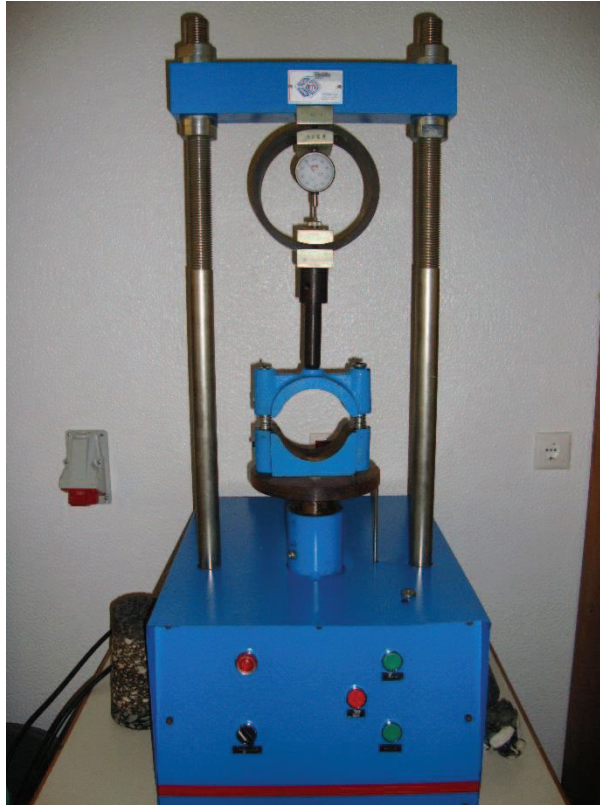
$$\begin{aligned} \text{Área total da superfície} \\ (\text{mm}^2) = \quad \quad \quad \mathbf{27759,113} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Área vazios / Área total} \\ = \quad \quad \quad \mathbf{0,01\%} \end{aligned}$$

## 7.4. Ensaio de Marshall

---

Este ensaio consiste na compressão diametral de um provete para determinar a sua resistência mecânica perante determinadas condições especificadas pela norma EN 12697-34 [61] até à rotura do provete de ensaio.



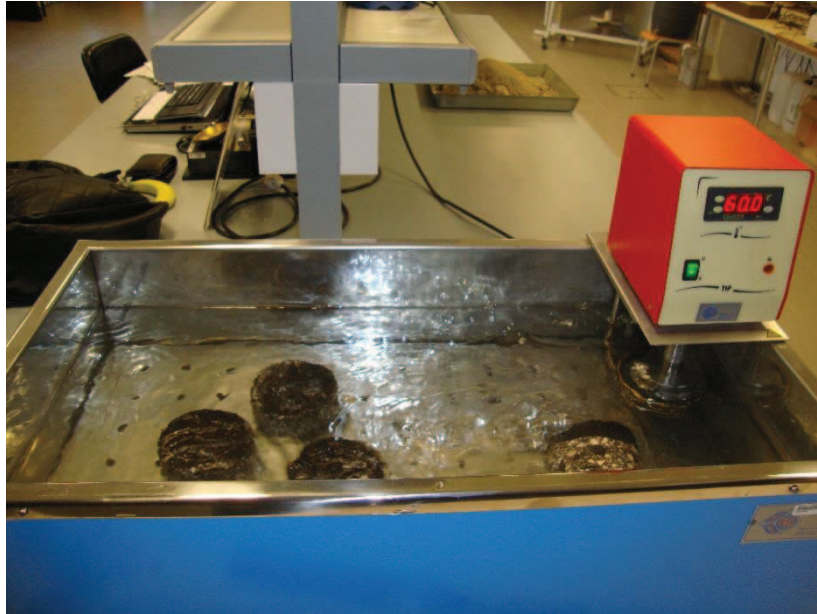
*Figura 96 - Prensa de Marshall*

### **7.4.1. Procedimento do ensaio**

---

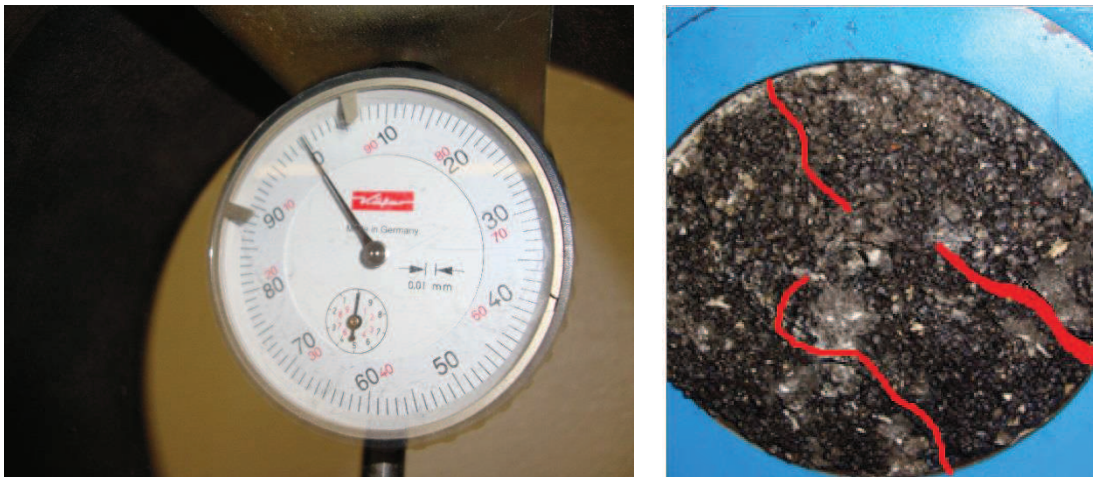
É um ensaio empírico em que mede a resistência mecânica dos provetes, não mede nenhuma propriedade fundamental da mistura. É um ensaio de compressão utilizado na formulação da mistura em que o provete é ensaiada sob condições específicas.

Os provetes foram aquecidos em banho-maria a temperatura de 60 °C durante 20 min [20] podendo assim serem ensaiados.



*Figura 97 - Provetes em banho-maria a 60 °C*

Colocou-se os provetes no estabilômetro e aplicou-se uma carga diametralmente a velocidade constante de 50 mm/min até provocar rotura do provete.



*Figura 98 – Anel dinamométrico e rotura de provete*

Teve-se o cuidado de que o tempo entre o processo de retirada dos provetes do banho-maria e a rotura não excedesse os 30 s.

#### **7.4.2. Cálculo e expressão dos resultados**

---

A força no momento de rotura ou seja a força máxima aplicada é denominado por “Estabilidade de Marshall” (EM) que caracteriza a resistência mecânica da mistura.

A deformação máxima na rotura do provete é denominado de “Deformação Marshall” (DM).

*Conversão de unidades*

1 KN	100 Kgf
5 KN	50 Kgf
50 KN	500 Kgf

*Anel*

100	50 KN
10	5 KN
1	1 KN

*Exemplo de cálculo*

12 Divisões "pinos" = 6 KN = 600 Kgf

As deformações foram determinadas através da diferença entre o diâmetro inicial do provete e o diâmetro final após rotura na prensa diametral de Marshall.

O coeficiente de Marshall (CM) foi determinado através da seguinte expressão:

$$CM = \frac{EM}{DM} \quad (1.21)$$

### 7.4.3. Resultados e gráficos dos relatórios de ensaio

*Tabela 33 - Determinação dos coeficientes de Marshall*

#### **Ensaio de Compressão de Marshall**

<i>Amostras</i>	<i>Número de pinos</i>	<i>Estabilidade Marshall *</i>	<i>Deformação Marshall</i>	<i>Coefficiente de Marshall</i>
<i>Provete 1</i>	25	12,5 KN	11,0 mm	1,1
<i>Provete 2</i>	30	15,0 KN	9,5 mm	1,6
<i>Provete 3p</i>	<i>Ensaio inconclusivo</i>		1,1 mm	0,0
<i>Provete 3g</i>	13	6,5 KN	8,0 mm	0,8
<i>Para o anel 1 pino equivale 0,5 kN</i>				
<i>* Caracteriza a resistência mecânica da mistura</i>				

O ensaio decorre a uma velocidade tão rápida que não foi possível a realização de um gráfico Tempo/Força.

Mesmo não sabendo o teor de betume da constituição das misturas pode se dizer que a percentagem de betume influencia na deformação devido a sua viscosidade, não relacionando assim com a resistência porque no ensaio a resistência é relacionado com a fratura do provete.

## 8. Implementação de um laboratório de ensaios

---

Sendo uma empresa direcionada para a prestação de serviços na área das vias de comunicação, a Cimalha Construções da Batalha, S.A., pretende implementar um laboratório interno para o controlo de qualidade do produto numa aposta clara para o futuro e na melhoria contínua do mesmo.

Até a data este controlo é feito por uma empresa exterior credenciada, contudo e por forma a uniformizar e facilitar o acesso de maneira a acompanhar todo o processo desde a produção, aplicação e controlo de qualidade.

No âmbito deste estágio foram elencados um conjunto de ensaios considerandos como sendo indispensáveis e recorreu-se a uma sociedade de equipamentos de construção civil solicitando o mesmo.

Em cooperação com a NERLEI<sup>10</sup>, pretende-se seguir adiante com a implementação do laboratório. O signatário está referenciado como engenheiro técnico responsável do laboratório.

### 8.1. Tipo de ensaios pretendidos

---

Conjunto de ensaios considerados indispensáveis a cooperação para certificação das misturas betuminosas:

Agregados:

1. Análise granulométrica – (NP EN 933-1, LNEC E 233);
2. Equivalente de areia – (NP EN 933-8, LNEC E 199);

Solos:

3. Limite de Liquidez – (NP 143);
4. Limite de Plasticidade – (ASTM D4318 / AASHTO T90 / BS 1377:2 / UNE 103-104 / UNI 10014 / NF P94-051);
5. Proctor ou Compactação – (LNEC E 197-1966);
6. Determinação do CBR – (LNEC E 198-1967);

---

<sup>10</sup> NERLEI - “Associação Empresarial da Região de Leiria foi fundada em 25 de Junho de 1985 como delegação da AIP (Associação Industrial Portuguesa) sob a designação de NERLEI – Núcleo Empresarial da Região de Leiria. Em 1991, adquiriu autonomia jurídica e financeira e, em 1998, passou a designar-se NERLEI – Associação Empresarial da Região de Leiria”.

Mistura betuminosa:

7. Marshall – (NP 142 / NP EN 12697-34).

Análise granulométrica, método de peneiração – é um ensaio que consiste na separação, por meio de um conjunto de peneiros, de um material em diversas classes granulométricas de granulometria decrescente. A dimensão das partículas e o número de peneiros são selecionados de acordo com a natureza e a precisão exigida [8].

Ensaio de equivalente de areia – é um ensaio que permite avaliar a quantidade e a qualidade de elementos finos plásticos contidos numa amostra de solo, traduz a relação volumétrica entre os elementos arenosos (elementos não floculáveis que sedimentam no fundo de um provete normalizada) e a totalidade dos elementos da amostra com dimensões menores que 4,75 mm (material que passa no peneiro #4). Determina-se o seu valor sempre que o solo é não plástico. Varia de 0-100 (0 – material argiloso, 100 material arenoso). Se o valor for inferior a 20 os finos presentes são maioritariamente argilosos, pelo que se deve proceder a outros ensaios (limites de Atterberg). Esta informação é de extrema importância para as misturas de solo-enrocamento, pois se o material fino da mistura for essencialmente uma areia poderá haver problemas na compactação (segregação de finos). Neste caso o processo de compactação também é afetado pois terá que se recorrer obrigatoriamente a vibração [62].

Limite de liquidez – entende-se por limite de liquidez de uma amostra de solo o teor em água correspondente a 25 pancadas, obtidas por interpolação numa curva que relaciona o teor em água de cada um de 4 provetes da amostra com o número de pancadas para o qual os bordos inferiores de um sulco aberto num provete se unem numa extensão de 1 cm, quando o ensaio é feito. A determinação do limite de liquidez é somente aplicável a solos com cerca de 30 %, ou mais, em massa de partículas de dimensões inferiores a 0,05 mm. Ficam, portanto, excluídos os solos predominantemente arenosos, para os quais o ensaio, mesmo quando possível, perde o seu significado. Representa-se pelo símbolo LL [63].

Limite de plasticidade – entende-se por limite de plasticidade de uma amostra de solo a média dos teores em água de cada um dos 4 provetes da amostra a ensaiar, cada um dos quais é o maior teor em água com que rompe cada provete ao pretender-se transformá-lo num filamento cilíndrico com cerca de 3 mm de diâmetro, por rolagem entre a palma da mão e uma placa de vidro. A determinação do limite de liquidez é somente aplicável a solos com cerca de 30 %, ou mais, em massa de partículas de dimensões inferiores a 0,05 mm. Ficam, portanto, excluídos os solos predominantemente arenosos, para os quais o ensaio, mesmo quando possível, perde o seu significado. Representa-se pelo símbolo LP [63].

Ensaio de compactação ou ensaio de Proctor – é um ensaio que permite determinar a relação entre o teor em água ótima e a baridade seca máxima de um solo, que possui características aceitáveis para utilização como material de aterro. Os valores destas

propriedades dependem da energia de compactação utilizada, pelo que os ensaios devem ser executadas com uma energia que reflita a utilização em obra, devido a elevada energia proporcionada pelos meios mecânicos atuais a energia de compactação mais adequada em laboratório é, quase sempre, a relativa à compactação pesada. A curva de compactação apenas faz sentido para solos com elevada percentagem de finos (passado no peneiro ASTM #3/4”), a escolha de energia de compactação e do lado da curva depende do tipo de aterro, sendo compactação leve, lado húmido (barragens) e compactação pesada, lado seco (vias de comunicação e aterros de estradas) [64].

Determinação do CBR – nos aterros de estradas é muito usual medir os valores do CBR (*California Bearing Ratio*). Sendo o mais usado atualmente, é um ensaio que consiste em medir a força necessária para que um pistão normalizado penetre no solo a uma dada profundidade, com velocidade constante. É um ensaio que não se deve aplicar aos materiais granulares porque a dispersão dos resultados torna muito elevada. Permite determinar a espessura necessária dos pavimentos flexíveis. Este ensaio é realizado normalmente sobre provetes compactados em laboratório, imerso ou não, sobre amostras intactas e diretamente sobre o solo “in situ”. O CBR dum solo depende principalmente da sua baridade, do teor em água usado na compactação e do teor em água na altura em que se faz a penetração [65].

Ensaio de compressão Marshall – é um ensaio empírico realizado na formulação de mistura betuminosa pelo método de Marshall, isto é não mede nenhuma propriedade fundamental da mistura, apenas a resistência mecânica dos provetes quando submetidos a condições de ensaio específicas. A seleção ótima é realizada em função da composição volumétrica obtida e do comportamento mecânico obtido em ensaios de compressão Marshall [26]. Este ensaio consiste em comprimir completamente os provetes Marshall, que devem estar a uma temperatura de 60 °C, os provetes são colocados na vertical no estabilómetro e submetidos a uma carga, segundo o seu diâmetro a uma velocidade constante de 50 mm/min, levando-os até a rotura “NP EN 12697-34” [61].

## 8.2. Equipamentos pretendidos e funções

---

Equipamentos especificados para a elaboração dos ensaios pretendidos, e sugestões de outros equipamentos pela entidade recorrida, consideradas vantajosas para a Cimilha Construções da Batalha, S.A.:

Agregados:

- Peneiro aço  $\varnothing$  200 abertura 14 mm (ISO 3310-2), abertura em chapa perfurada;
- Peneiro aço  $\varnothing$  200 abertura 12,5 mm (ISO 3310-2), abertura em chapa perfurada;
- Peneiro aço  $\varnothing$  200 abertura 10 mm (ISO 3310-2), abertura em chapa perfurada;

- Peneiro aço ø 200 abertura 8 mm (ISO 3310-2), abertura em chapa perfurada;
- Peneiro aço ø 200 abertura 6,3 mm (ISO 3310-2), abertura em chapa perfurada;
- Peneiro aço ø 200 abertura 4 mm (ISO 3310-2), abertura em chapa perfurada;
- Peneiro aço ø 200 malha 2 mm (ISO 3310-1);
- Peneiro aço ø 200 malha 0,500 mm (ISO 3310-1);
- Peneiro aço ø 200 malha 0,063 mm (ISO 3310-1);
- Tampa e fundo aço ø 200 (ISO 3310);
- Peneiro de lavagem malha 63 µ;
- Certificado de calibração;
- Agitador de peneiros eletromagnético, com temporizador;
- Equivalente de areia completo com estojo (EN 933-8);
- Solução para equivalente de areia, 1 litro;
- Agitador para equivalente de areia monitorizado;
- Repartidor ¼” com 2 tabuleiros;

#### Estufa:

- Estufa de laboratório, com capacidade 250 L e amplitude  $\pm 10^\circ$ , com ventilação forçada, digital e duas prateleiras;

#### Solos:

- Limite de liquidez:
- Concha casagrande manual, equipamento com conta pancadas;
- Riscador reto;
- Riscador curvo;
- Limite de plasticidade:
- Placa de vidro despolido 300 × 300 mm;
- Vara em aço inox 3 mm diâmetro;
- Capsula porcelana 120 mm diâmetro;
- Espátula com lâmina flexível de 100 mm de comprimento;
- 6 Caixas de alumínio com tampa, diâmetro 75 mm × 30 mm altura;
- Proctor:
- Molde Proctor 6” (modificado);
- Molde Proctor 4” (standard);

- Extractor de provetes universal;
- Pilão Proctor standart;
- Pilão Proctor modificado;
- Opção:
- Compactador automático Proctor e CBR;
- CBR:
- Molde CBR;
- Rasoira biselada se 300 mm;
- Placa perfurada com ajustador (ASTM);
- Cargas em anel para ensaios CBR – LNEC;
- Tripé alumínio para ensaios CBR;
- Espaçador CBR com pega – LNEC
- Defletómetro 10 × 0,01 mm com suporte;
- Rectaguarda;
- Opção:
- Tanque para saturação de amostras;
- Prensa multispeed;
- Acessórios para leitura analógica:
- Piston CBR com defletómetro de incorporado;
- Anel dinamométrico com capacidade 30 KN (Marshal);
- Anel dinamométrico com capacidade 50 KN, para prensas CBR;
- Dispositivos de compressão (Marshall);
- Estabilómetro de acordo com normas ASTM/CNR/EN;
- Flow meter;
- Alternativa:
- Acessórios para leitura digital;
- Dispositivo para ensaio de compressão diametral para mistura betuminosa;
- Conjunto de acessórios para ensaios CBR/Marshall;
- Garrafa de areia 6”;
- Calibrador para garrafa de areia 6”;
- Opção:
- Equipamento completo para garrafa de areia 200 mm;

- Sistema para determinação da densidade de solos (SDG200), não nuclear;
- Opção:
- Gama densímetro MC-3 portable;
- Monitor pessoal de radiação;

Misturas betuminosas:

- Molde Marshall completo, base molde e colar;
- Suporte para molde Marshall;
- Cepo para compactação Marshall;
- Pilão Proctor/Marshall, sem base;
- Base Marshall para pilão Proctor;
- Banho-maria digital;
- Compactador Marshall ASTM D 1559, AASHTO T 245;
- Recipiente inox diâmetro 300 mm;
- Termómetro digital seidner;
- Centrifuga elétrica 3000 g, velocidade regulável;
- Filtro para centrifugadora 3000 g (emb. 100);
- Embalagem de 20 L de tricloroteleno;
- Opção:
- Aparelho para recuperação de solvente;
- Picnómetro vácuo;
- Bomba vácuo portátil;
- Sistema de retenção de humidade;
- Tubo de borracha para bomba vácuo;
- Frasco com 500 ML de óleo para bomba de vácuo;
- Sílica gel granulada 1000 g;

A implementação do laboratório a empresa tem o principal intuito impulsionar a certificação das misturas betuminosas produzidas pela Cimilha Construções da Batalha, S.A., marcação CE (Conformidade Europeia/Comissão Europeia).

A marcação CE aparece como uma das alterações apresentadas pelo novo caderno de encargo, baseado na Diretiva Comunitária dos Produtos de Construção “DPC”.

“Foi criada a DPC (Diretiva Comunitária dos Produtos de Construção) com objetivo de enquadrar o funcionamento do mercado interno europeu dos produtos da construção, estabelecendo condições para a sua livre circulação no Espaço Económico Europeu (EEE), eliminando as barreiras técnicas da padronização das suas características e satisfazendo as exigências essenciais previstas nestas diretivas, que a seguir se apresentam” [1]:

- Resistência mecânica e estabilidade;
- Segurança em caso de incendio;
- Higiene, saúde e proteção do ambiente;
- Segurança na utilização;
- Proteção contra ruído;
- Economia de energia e isolamento térmico.



*Figura 99 – Símbolo relativo a marcação CE [66]*

Esta marca tem a obrigatoriedade de estar incorporados nos produtos de construção que satisfaça os requisitos impostos pelo CE EP [4]. Requisitos tais como:

- Materiais que incorporam ou que são aplicados de forma permanente na construção;

“(…) materiais que estejam colocados no mercado comunitário e relativamente aos quais existam normas harmonizadas (NH), aprovações técnicas europeias (ETA ou ETAG) ou especificações técnicas nacionais em que a referência seja publicada no Jornal Oficial da União Europeia”.

# Conclusões

---

No decorrer do curso comecei a questionar, ao chegar numa empresa qual seria a minha postura, tanto pessoal como profissional, como trabalham as empresas, como é o mundo profissional, então mediante estes factos optei pela realização de um estágio curricular em vez de uma monografia, e a minha primeira conclusão está distante do arrependimento e muito próximo da satisfação.

No decurso do estágio que teve como principais objetivos o acompanhamento do fabrico e colocação de misturas betuminosas em pavimentos rodoviários foram realizados diversos ensaios efetuando-se de seguida um breve resumo das principais conclusões que cada um suscitou.

O *filler* não foi sujeito a qualquer ensaio, pois este é recuperado possuindo os requisitos que garantem a conformidade do produto final.

Tal como a norma (ensaio granulométrico) prevê pôde ser comprovado que os materiais de granulometria fina não são conclusivos (não se aplica). Tendo em conta os resultados obtidos foi possível detetar os erros e causas que levam a que a norma não tenha aplicabilidade neste tipo de material.

A granulometria extensa (bem graduada) nas camadas não ligadas é de extrema importância, pois desta forma pode se obter um aumento da densidade relativa para a mesma compactação, permitindo maior degradação das cargas pelo atrito gerado entre os elementos.

Para os ensaios da granulometria dos inertes conclui-se que com a lavagem não se conseguem eliminar todas as partículas consideradas finas, em alguns casos pode se ver de forma esclarecida a grande percentagem de partículas que passa no peneiro 0,063 mm, como, por exemplo, na Brita Calcário nº 1.

Para os ensaios da determinação do índice de achatamento, índice de forma, percentagem de superfícies esmagadas e partidas nos agregados, os resultados foram satisfatórios podendo ser comparados com as fichas técnicas de cada material.

Para o ensaio azul-de-metileno que determina a limpeza do material, caracterizando o mesmo em relação às impurezas (argilas ou matéria orgânica), que provocam a diminuição do atrito entre os elementos constituintes da mistura betuminosa, variações volumétricas quando em contacto com a água, e condiciona a adesividade do ligante com o agregado o resultado foi considerado aceitável.

Sabendo que quanto menor é o coeficiente de LA maior é a resistência do material, o ensaio em que determinou-se a resistência a fragmentação da Brita Basalto foi aceitável.

Para o ensaio de penetração do betume concluiu-se que a temperatura, o atrito do penetrómetro, a carga de penetração e o tempo de penetração são fatores cruciais para a determinação do ensaio na perfeição de acordo com as normas e as especificações.

Depois de analisados os resultados obtidos conclui-se que na generalidade os materiais fornecidos à Cimalha Construções da Batalha Lda, cumprem os requisitos mínimos exigidos para os materiais britados.

Através do controlo de produção e colocação de mistura betuminosa em obra pode referir-se que a Cimalha Construções da Batalha, S.A. cumpre os requisitos mínimos de qualidade exigidos pelo CETO das Infraestruturas de Portugal.

Com a previsível futura implementação de um laboratório de ensaios na empresa são de esperar melhorias tanto a nível da matéria fornecida como a nível da qualidade do produto final incrementando a credibilidade e competitividade da empresa.

Por fim é de referir que o estágio realizado na empresa Cimalha foi extremamente proveitoso, quer a nível pessoal quer a nível profissional, permitindo o desenvolvimento de competências práticas e a aplicação e consolidação dos conhecimentos teóricos adquiridos no decurso da formação.

# Bibliografia

---

1. Costa, G., *Análise dos critérios de aceitação/rejeição do Caderno de Encargos Tipo Obra da E. P. para Pavimentação*, in *Engenharia Civil*. 2012, Universidade Nova de Lisboa.
2. EP, *Caderno de Encargo Tipo Obra*, in *Caderno de Encargos Tipo Obra. 14.03 - Pavimentação. Estradas de Portugal S. A.* 2011.
3. IP, *Infraestruturas de Portugal, S. A. - IP, S. A. resultante da fusão entre a Rede Ferroviária Nacional - REFER, E. P. E. e Estradas de Portugal - EP*. Disponível em <http://www.infraestruturasdeportugal.pt/>. 2015.
4. EP, 2009a. *Caderno de Encargo Tipo Obra: 14.00 - Controlo de Qualidade. Estradas de Portugal, S. A.* 2009.
5. EP, 2009c. *Caderno de Encargo Tipo Obra: 14.03 - Pavimentação - Características dos Materiais. Estradas de Portugal, S. A.* 2009.
6. EP, 2009d. *Caderno de Encargo Tipo Obra: 15.03 - Pavimentação - Métodos Construtivos. Estradas de Portugal, S. A.* 2009.
7. Palha, C., *Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação*. 2008.
8. CEN, NP EN 933-1, in *Tests for geometrical properties of aggregates - Part 1: Determination of particle size distribution sieving method* 1997.
9. CEN, NP EN 933-3, in *Tests for geometrical properties of aggregates - Part 3: Determination of particle shape flakiness index* 1997.
10. CEN, NP EN 933-4, in *Tests for geometrical properties of aggregates - Part 4: Determination of particle shape - Shape index* 1999.
11. CEN, NP EN 933-5, in *Tests for geometrical properties of aggregates - Part 5: Determination of percentage of crushed and broken surfaces in coarse aggregate particles*. 1998.
12. CEN, NP EN 933-9, in *Tests for geometrical properties of aggregates - Part 9: Assessment of fines - Methylene blue test* 1998.
13. CEN, NP EN 1097-2, in *Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Parte 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation*. 1998.
14. IPQ, NP EN 13108-1, in *Misturas betuminosas: Especificações dos materiais - Parte 1: Betão betuminoso. Instituto Português de Qualidade (IPQ)*. 2011.
15. CEN, NP EN 13108-20, in *Bituminous mixtures - Material specifications - Part 20: Type Testing*. 2006.
16. Palha, C., *Misturas betuminosas. Especificações para betumes de pavimentação. Departamento de Engenharia Civil*. 2008: Universidade do Minho.
17. LNEC, E 14, in *Ensaio de Penetração de Betume. Serie B - Secção 5*. 1953.
18. LNEC, E 34, in *Determinação do Ponto de Amolecimento Pelo Método do "Anel E Bola". Serie B - Secção 5*. 1955.
19. CEN, NP EN 13108-21, in *Bituminous mixtures - Material specifications - Part 21: Factory Production Control*. 2006.
20. Normalização, I.-R.d., NP-142, in *Misturas Betuminosas - Ensaio de compressão de Marshall*. 1968.
21. Capitão, S., *Mistura betuminosa de alto modulo de deformabilidade. Contribuição para a caracterização do seu comportamento*, in *Engenharia Civil*. 1996, Universidade de Coimbra.

22. Silva, H., *Caracterização do Mastique Betuminoso e da Ligação Agregado-Mastique: Contribuição para o estudo do comportamento das misturas betuminosas. Tese submetido para a obtenção do grau de Doutor, in Engenharia Civil, Vias de Comunicação.* 2005, Universidade do Minho.
23. Baptista, A., Picado-Santos, L., *Reciclagem de misturas betuminosas a quente em central. Contribuição para a sua caracterização mecânica. Publicação n° 26.* 2006: Universidade do Minho.
24. Gardete, D.C., *Comparação de ensaios laboratoriais para a caracterização de misturas betuminosas à deformação permanente, in Engenharia Civil.* 2006, Universidade de Coimbra.
25. Nunes, T., *Marcação CE de Misturas Betuminosas: A Experiência Portuguesa. Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre em Construções Urbanas, in Engenharia Civil.* 2010, Universidade de Coimbra.
26. Mendes, S., *Caracterização mecânica de misturas betuminosas a aplicar em infraestruturas de transportes, in Departamento de Engenharia Civil.* 2011, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
27. Palha, C., *Misturas betuminosas para camadas de pavimentos rodoviários.* 2008: Universidade do Minho.
28. Rodrigues, R., *Análise da Aplicação do Betume Modificado com Borracha em Portugal. Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil, in Engenharia Civil.* 2012, Faculdade de Ciências e Tecnologia - Universidade Nova de Lisboa.
29. Freire, A.C., *Agregados para misturas betuminosas. Palestra na Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Nova de Lisboa.* 2004.
30. Branco, F.P., Paulo, Picado-Santos, Luis, *Pavimentos Rodoviários.* 2008.
31. Quaresma, L., *Acetatos das Aulas de Transportes. FCT - UNL: s.n.* 2011.
32. Miranda, H.M.B., *Resistência à fadiga de misturas betuminosas com betume modificado com alta percentagem de borracha, in Engenharia Civil.* 2008, Universidade Técnica de Lisboa: Lisboa.
33. Miranda, H.M.B., *Slides da disciplina de Pavimentação. Instituto Superior técnico de Lisboa.* 2010: Lisboa.
34. Silva, J.P., *Apontamentos Teóricos das Aulas de vias de Comunicação. IPL - ESTG.* 2015.
35. Erkens, S., *Asphalt Concrete Response (ACRe) - Determination, Modelling and Prediction. Delft University Press. Delft.* 2002.
36. Barreto, I., Saiiz, A., Duenas, A., *Relationships between bituminous binder rheological properties and wheel tracking rutting resistance of asphalt mixtures. Proceedings of the 3rd Eurasphalt and Eurobetume Congress, Viena.* 2004.
37. Fontes, L., *Optimização do Desempenho de Misturas Betuminosas com Betume Modificado com Borracha para a Reabilitação de Pavimentos. Tese submetido para obtenção do grau de Doutor, in Engenharia Civil, Vias de Comunicação.* 2009, Universidade do Minho.
38. CEN, *NP EN 13043, in Aggregates for bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other trafficked areas.* 2002.
39. ISRM, *International Society for Rock Mechanics.*
40. CEN, *NP EN 932-3, in Tests for general properties of aggregates - Part 3: Procedure and terminology for simplified petrographic description* 1997.
41. CEN, *NP EN 932-5, in Tests for general properties of aggregates - Part 5: Common equipment and calibration.* 1995.

42. ISO 3310-1, *Test sieves - Technical requirements and testing. Parte 1: Test sieves of metal wire cloth.* 1990.
43. ISO 3310-2, *Test sieves - Technical requirements and testing. Parte 2: Test sieves of perforated metal plate.* 1990.
44. CEN, NP EN 932-2, in *Tests for general properties of aggregates - Part 2: Methods for reducing laboratory samples.* 1995.
45. CEN, NP EN 933-2, in *Tests for general properties of aggregates - Part 2: Determination of particle size distribution - Test sieves, nominal size of apertures.* 1997.
46. Teixeira, A., *Caracterização da resistência a fadiga de mistura betuminosas em equipamentos servo-pneumático*, in *Engenharia Civil.* 2000, Universidade do Porto.
47. CEN, NP EN 12591, in *Bitumen and bituminous binders. Specification for paving grade bitumens.* 2009.
48. EP, CE EP, in *Caderno de Encargos Tipo Obra. 14.03 - Pavimentação. Estradas de Portugal S. A.* 2011.
49. CEN, NP EN 1426, in *Bitumen and bituminous binders. Determination of needle penetration.* 2007.
50. CEN, NP EN 1427, in *Bitumen and bituminous binders. Determination of the softening point. Ring and Ball method.* 2007.
51. LNEC, E 21, in *Materiais Betuminosos - Colheita de Amostra.* 1953.
52. CEN, NP EN 13108-1, in *Bituminous mixtures - Material specifications - Part 1: Asphalt concrete.* 2006.
53. CEN, NP EN 12697-12, in *Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 12: Determination of the water sensitivity of bituminous specimens.* 2008.
54. CRD-C 652-95, in *Standard test method for measurement of reduction in Marshall stability of bituminous mixtures caused by immersion in water.* 1995.
55. Batista, F.A., Antunes, M. L., Fonseca, P., *Avaliação da sensibilidade à água de misturas betuminosas com betume modificado com alta percentagem de borracha.* 2008.
56. EAPA, *Environmental guidelines on Best Available Techniques for the Production of Asphalt Paving Mixes.* European Asphalt Pavement Association (EAPA). Disponível em <http://www.eapa.org/publications.php?c=90>. 2007.
57. SHELL, 2003. *The Shell Bitumen Handbook.* Thomas Telford, Fifth Edition: London, 2003. ISBS 0-7277-3220-X.
58. Luzia, R., 2008. *Camadas Não Ligadas em Pavimentos Rodoviários: Estudo do comportamento.* Edições Almedina: Coimbra, 2008. ISBN: 978-972-40-3225-2.
59. Franklin, W., *Composite Payment Equations for an End Result Specification in Nova Scotia.* Dissertação para obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil pela Technical University of Nova Scotia. 1997.
60. Freire, A.C., *Deformações permanentes de Misturas Betuminosas em Pavimentos Rodoviários.* Tese de doutoramento. Universidade de Coimbra. 2002.
61. CEN, NP EN 12697-34, in *Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 34: Marshall test.* 2003.
62. CEN, NP EN 933-8, in *Tests for geometrical properties of aggregates - Part 8: Assessment of fines - Sand equivalent test* 1999.
63. Normalização, I.-R.d., NP-143, in *Determinação dos limites de consistência.* 1969.
64. LNEC, E 197, in *Ensaio de compactação de Proctor.* 1966.
65. LNEC, E 198, in *Determinação do CBR.* 1967.
66. LNEC, *Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Qualidade de Produto e Empreendimentos - Marcação CE de produtos de construção.* Disponibilizado

em <http://www.lnec.pt/pt/documentos/qualidade-de-produtos-e-empresendimentos/>.  
2011.

*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Anexos

---

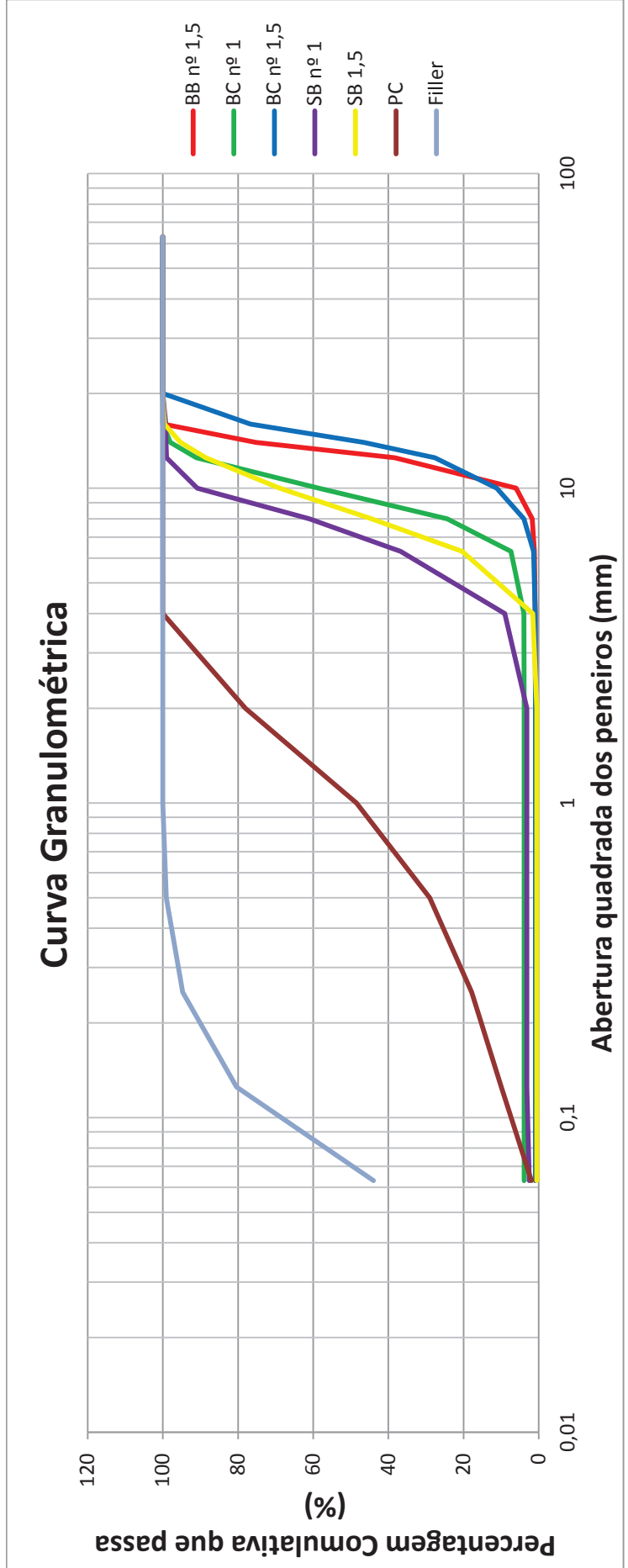
# Anexo A – Resumo e classificações dos ensaios

## EN 13043 - Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação Granulometria EN 933-1

### Tamanho de peneiros para especificação da Fração granulométrica

<i>Série de base</i> <i>mm</i>	<i>Série de base + série 1</i> <i>mm</i>	<i>Série de base + série 2</i> <i>mm</i>	<i>Série de base + Série 2</i> <i>mm</i> <i>(Misturas Betuminosas)</i>
0	0	0	0,063
1	1	1	0,125
2	2	2	0,5
4	4	4	1
-	5,6 (5)	-	2
8	-	6,3 (6)	4
-	8	8	6,3
-	11,2 (11)	10	10
-	-	-	12,5
-	-	12,5(12)	14
16	16	14	16
-	-	16	20
-	22,4 (22)	20	31,5
31,5 (32)	31,5 (32)	-	40
-	-	31,5 (32)	
-	45	40	
-	63	-	
63		63	

Nota: Os valores arredondados mostrados entre parêntesis podem ser usados como descrições simplificadas da dimensão dos agregados.



**Granulometria EN 933-1 (III)**  
**Requisitos gerais de granulometria**  
**Classificação segundo EN 13043**

Agregado	Dimensão mm	Porcentagem que passa, em massa					Categoria
		2 D	1,4 D <sup>a</sup>	D <sup>b</sup>	d	d/2 <sup>a</sup>	
Grosso	D > 2	100	100	90 a 99	0 a 2	0 a 2	G <sub>c</sub> 90/10
		100	98 a 100	90 a 99	0 a 5	0 a 5	G <sub>c</sub> 90/15
		100	98 a 100	90 a 99	0 a 5	0 a 5	G <sub>c</sub> 90/20
		100	98 a 100	85 a 99 <sup>c</sup>	0 a 2	0 a 2	G <sub>c</sub> 85/15
		100	98 a 100	85 a 99 <sup>c</sup>	0 a 5	0 a 5	G <sub>c</sub> 85/20
		100	98 a 100	85 a 99 <sup>c</sup>	0 a 5	0 a 5	G <sub>c</sub> 85/35
Fino	D ≤ 2	100	-	85 a 99	-	-	G <sub>F</sub> 85
Granulometria Extensa	D ≤ 45 e	100	98 a 100	90 a 99	-	-	G <sub>A</sub> 90
	d = 0	100	98 a 100	85 a 99	-	-	G <sub>c</sub> 85

*a* Quando os peneiros calculados como 1,4 D e d/2 não são números exactos dos peneiros previstos na série R20 da norma ISO 565:1990, deverá ser adoptado o peneiro de dimensão mais próxima.

*b* Se a percentagem retida em D for <1%, em massa, o produtor deverá documentar e declarar a granulometria tipo, incluindo os peneiros D, d, e d/2 e os peneiros, da série de base mais a série 1 ou da série de base mais a série 2, compreendidos entre d e D.

*c* Para agregados grossos de dimensão d/D, em que D/d < 2, das categorias G<sub>c</sub> 85/15, G<sub>c</sub> 85/20 e G<sub>c</sub> 85/35, o valor da percentagem, em massa, que passa em D pode ser reduzido de 5%, de acordo com a aplicação particular ou a utilização final.

Pó	Brita	Brita	Brita	Seixo	Seixo
de Calcário	Basalto n°1,5	Calcário n°1,5	Calcário n°1	Brita n° 1,5	Brita n° 1
G <sub>A</sub> 90	G <sub>c</sub> 90/10	G <sub>c</sub> 90/15	G <sub>c</sub> 85/20	G <sub>c</sub> 85/15	G <sub>c</sub> 90/20

## Granulometria EN 933-1 (V)

### Limites gerais e tolerância para a granulometria de agregados grosso no peneiro intermédio

<i>D/d</i>	<i>Peneiro intermédio<sup>a</sup> mm</i>	<i>Limite gerais e tolerâncias no peneiro intermédio</i>		<i>Categoria G</i>
		<i>Percentagem de massa que passa</i>		
		<i>Limites gerais</i>	<i>Tolerancia nas granulometrias declaradas pelo produto</i>	
<i>&lt; 4</i>	<i>D/1,4</i>	<i>25 a 80</i>	<i>± 15</i>	<i>G<sub>25/15</sub></i>
		<i>20 a 70</i>	<i>± 15</i>	<i>G<sub>20/15</sub></i>
<i>≥ 4</i>	<i>D/2</i>	<i>20 a 70</i>	<i>± 17,5</i>	<i>G<sub>25/17,5</sub></i>
<i>Sem requisito</i>				<i>G<sub>NR</sub></i>
<i>Quando os peneiros de dimensão intermédia, calculados como acima indicado, não forem valores exactos de peneiros de acordo com a série R20 da ISO 565:1990, deverá ser adoptado o peneiro de dimensão mais próxima.</i>				

### **Tolerancia para a granulometria tipo declarada pelo produtor de agregado fino e de agregado de granulometria extensa 0/D com $D \leq 8$ mm**

<i>Dimensão do peneiro mm</i>	<i>D</i>	<i>D/2</i>	<i>0,063</i>	<i>Categoria</i>
<i>Tolerâncias Percentagem que passa, em massa</i>	<i>± 5<sup>a</sup></i>	<i>± 10</i>	<i>± 3<sup>b</sup></i>	<i>G<sub>TC10</sub></i>
	<i>± 5<sup>a</sup></i>	<i>± 20</i>	<i>+ 3<sup>b</sup></i>	<i>G<sub>TC20</sub></i>
	<i>Sem requisito</i>	<i>Sem requisito</i>	<i>Sem requisito</i>	<i>G<sub>TCNR</sub></i>
<i>Nota: À excepção das categorias GA90 e GA85 as tolerâncias de ± 5 são adicionalmente limitadas pelos requisitos para a percentagem que passa em D no Quadro 2 (GA90, GA85).b Excepto para a categoria f3 (teor em finos ≤ 3%).</i>				

<i>Pó</i>	<i>Brita</i>	<i>Brita</i>	<i>Brita</i>	<i>Seixo</i>	<i>Seixo</i>
<i>de Calcário</i>	<i>Basalto n°1,5</i>	<i>Calcário n° 1,5</i>	<i>Calcário n° 1</i>	<i>Brita n° 1,5</i>	<i>Brita n° 1</i>
<i>G<sub>TC10</sub></i>	<i>G<sub>25/15</sub></i>	<i>G<sub>25/15</sub></i>	<i>G<sub>20/15</sub></i>	<i>G<sub>25/15</sub></i>	<i>G<sub>20/15</sub></i>

## Teor de Finos

### Categorias para os valores máximos do teor em finos

Agregado	Percentagem que passa no peneiro de 0,063 mm	Categoria $f$
Grosso	$\leq 0,5$	$f_{0,5}$
	$\leq 1$	$f_1$
	$\leq 2$	$f_2$
	$\leq 4$	$f_3$
	$> 4$	$f_{Declarado}$
	Sem Riquisito	$f_{NR}$
Fino	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 10$	$f_{10}$
	$\leq 16$	$f_{16}$
	$\leq 22$	$f_{22}$
	$> 22$	$f_{Declarado}$
	Sem Riquisito	$f_{NR}$

Pó de Calcário	Brita Basalto nº1,5	Brita Calcário nº 1,5	Brita Calcário nº 1	Seixo Brita nº 1,5	Seixo Brita nº 1
$f_{16}$	$f_1$	$f_1$	$f_3$	$f_{0,5}$	$f_3$

## Qualidade dos finos

### Ensaio de Azul de Metileno EN 933-9 (I)

$MB_F$ g/Kg	Categoria $MB_F$
-	$MB_F NT^a$
$\leq 10$	$MB_F 10$
$\leq 25$	$MB_F 25$
$> 25$	$MB_F Declarado$
Sem requisitos	$MB_F NR$

a A categoria MBFNT indica não serem necessários ensaios

Pó de Calcário	Brita Basalto nº1,5	Brita Calcário nº 1,5	Brita Calcário nº 1	Seixo Brita nº 1,5	Seixo Brita nº 1
$MB_F 10$	NA	NA	NA	NA	NA

NA - Não aplicável

### Índice de Achatamento EN 933-3

#### Categorias Para os valores máximos do índice de achatamento

Índice de Achatamento	Categoria <i>FI</i>
$\leq 10$	<i>FI</i> <sub>10</sub>
$\leq 15$	<i>FI</i> <sub>15</sub>
$\leq 20$	<i>FI</i> <sub>20</sub>
$\leq 25$	<i>FI</i> <sub>25</sub>
$\leq 30$	<i>FI</i> <sub>30</sub>
$\leq 35$	<i>FI</i> <sub>35</sub>
$\leq 50$	<i>FI</i> <sub>50</sub>
$> 50$	<i>FI</i> <sub>Declarado</sub>
<i>Sem requisito</i>	<i>FI</i> <sub>NR</sub>

Pó de Calcário NA	Brita Basalto nº1,5 <i>FI</i> <sub>10</sub>	Brita Calcário nº 1,5 <i>FI</i> <sub>10</sub>	Brita Calcário nº 1 <i>FI</i> <sub>10</sub>	Seixo Brita nº 1,5 <i>FI</i> <sub>10</sub>	Seixo Brita nº 1 <i>FI</i> <sub>10</sub>
<i>NA - Não Aplicável</i>					

### Índice de Forma EN 933-4

#### Categorias Para os valores máximos do índice de forma

Índice de Forma	Categoria <i>SI</i>
$\leq 10$	<i>SI</i> <sub>10</sub>
$\leq 15$	<i>SI</i> <sub>15</sub>
$\leq 20$	<i>SI</i> <sub>20</sub>
$\leq 25$	<i>SI</i> <sub>25</sub>
$\leq 30$	<i>SI</i> <sub>30</sub>
$\leq 35$	<i>SI</i> <sub>35</sub>
$\leq 50$	<i>SI</i> <sub>50</sub>
$> 50$	<i>SI</i> <sub>Declarado</sub>
<i>Sem requisito</i>	<i>SI</i> <sub>NR</sub>

Pó de Calcário NA	Brita Basalto nº1,5 <i>SI</i> <sub>25</sub>	Brita Calcário nº 1,5 <i>SI</i> <sub>50</sub>	Brita Calcário nº 1 <i>SI</i> <sub>20</sub>	Seixo Brita nº 1,5 <i>SI</i> <sub>20</sub>	Seixo Brita nº 1 <i>SI</i> <sub>25</sub>
<i>NA - Não Aplicável</i>					

## Percentagem de superfícies partidas em agregados grossos EN 933-5

### Categorias para a percentagem de partículas partidas

Percentagem de partículas Totalmente esmagadas	Percentagem de superfícies esmagadas e partidas [M-%]	Percentagem de partículas totalmente ovalizadas [M-%]	Categoria C
90 - 100	100	0	C <sub>100/0</sub>
30 - 100	95 - 100	0 - 1	C <sub>95/1</sub>
30 - 100	90 - 100	0 - 1	C <sub>90/1</sub> *)
-	90 - 100	0 - 3	C <sub>90/3</sub>
-	50 - 100	0 - 30	C <sub>50/30</sub> *)
Sem requisitos			C <sub>NR</sub>
*) Havendo informação prévia que se utilizou brita fina com uma percentagem de partículas individuais de $\geq 70$ M-% com mais de 75 % de superfície partida, é necessário classificar estes agregados na categoria C90/1.			

Pó de Calcário	Brita Basalto nº1,5	Brita Calcário nº 1,5	Brita Calcário nº 1	Seixo Brita nº 1,5	Seixo Brita nº 1
NA	C <sub>90/1</sub> *)	C <sub>95/1</sub>	C <sub>95/1</sub>	C <sub>90/3</sub>	C <sub>95/1</sub>

NA - Não Aplicável

Essa classificação foi considerado inconclusivo por escassez de informações no relatório de ensaio

## Coeficiente de Los Angeles EN 1097-2

### Categorias Para os valores máximos do coeficiente de Los Angeles

Coeficiente Los Angeles	Categoria LA
$\leq 15$	LA <sub>15</sub>
$\leq 20$	LA <sub>20</sub>
$\leq 25$	LA <sub>25</sub>
$\leq 30$	LA <sub>30</sub>
$\leq 40$	LA <sub>40</sub>
$\leq 50$	LA <sub>50</sub>
$> 50$	LA <sub>Declarado</sub>
Sem requisito	SI <sub>NR</sub>

Pó de Calcário	Brita Basalto nº1,5	Brita Calcário nº 1,5	Brita Calcário nº 1	Seixo Brita nº 1,5	Seixo Brita nº 1
NA	LA <sub>15</sub>	NFE	NFE	NFE	NFE

NA - Não Aplicável // NFE - Não foi ensaiado

### Tipo de betume e exigências de conformidade (CE EP, 2011)

Requisitos	Propriedades	Referência normativa	Unidade	Betume de penetração 10/20	Betume de penetração 35/50	Betume de penetração 50/70
Consistência a temperatura de serviço intermédia	Penetração a 25°C	NP EN 1426	0,1 mm	10-20	35-50	50-70
temperatura de serviço elevada	Temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	60-76	50-58	46-54
Durabilidade (Resistência ao envelhecimento – RTFOT a 163°C, NP EN 12607-1)	Penetração retida	NP EN 1426	%	≥ 55	≥ 53	≥ 50
	Aumento da temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	≤ 10	≤ 11	
	Variação em massa	NP EN 12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,5	
	Índice de penetração	EN 12591, EN 13927 (Anexo A)	-	-1,5 a +0,7		
	Temperatura de fragilidade de Fraass	EN 12593	°C	A declarar	≤ -5	≤ -8
Outros requisitos	Temperatura de inflamação	EN ISO 2592	°C	≥ 245	≥ 240	≥ 230
	Viscosidade cinemática a 135°	NP EN 12595	mm <sup>2</sup> /s	≥ 700	≥ 370	≥ 295
	Teor em parafinas	EN 12606-2	% (m/m)	-	≤ 4,5	
	Solubilidade	NP EN 12592	%	≥ 99,0		

100 g						Betume de classe 35-50
T	Pi	Pf	PA = Pf-Pi	MPA i=(∑PA)/3	MPA=(∑MPAi)/4	
5,00 s	16,50 mm	21,30 mm	4,80 mm	3,87 mm	4,15 mm	
5,00 s	19,10 mm	23,40 mm	4,30 mm			
5,00 s	21,50 mm	24,00 mm	2,50 mm			
5,00 s	18,20 mm	23,10 mm	4,90 mm	4,70 mm		
5,00 s	16,60 mm	21,30 mm	4,70 mm			
5,00 s	17,30 mm	21,80 mm	4,50 mm			
5,00 s	18,00 mm	20,60 mm	2,60 mm	3,80 mm		
5,00 s	15,50 mm	20,70 mm	5,20 mm			
5,00 s	18,40 mm	22,00 mm	3,60 mm			
5,00 s	17,80 mm	22,30 mm	4,50 mm	4,23 mm		
5,00 s	16,00 mm	19,80 mm	3,80 mm			
5,00 s	18,00 mm	22,40 mm	4,40 mm			
5,00 s	18,00 mm	22,40 mm	4,40 mm			

Nota: Este modelo foi apresentado devido a especificação declarar valores para as cargas de penetração de 0, 200, e 100 g, dado que o penetrómetro do laboratório utilizado para o ensaio possuir uma carga de 100 g.

**Determinação do ponto de amolecimento do betume**  
**“Método de Anel e Bola ”**

<i>Ponto de amolecimento do betume</i>		
<i>Temperatura em que a esfera 1 toca no fundo, T1</i>	<i>Duração do ensaio</i>	<i>Temperatura em que a esfera 2 toca no fundo, T2</i>
<i>Esfera 1</i>	<i>19 min</i>	<i>Esfera 2</i>
<i>T1 = 45,0</i>	<i>19 min</i>	<i>T2 = 45,2</i>
<i>Média da temperatura</i>		
<i>45,1 °C</i>		

<i>Ponto de amolecimento do betume</i>		
<i>Temperatura em que a esfera 1 toca no fundo, T1</i>	<i>Duração do ensaio</i>	<i>Temperatura em que a esfera 2 toca no fundo, T2</i>
<i>Esfera 1</i>	<i>14</i>	<i>Esfera 2</i>
<i>T1 = 44,5</i>		<i>T2 = 45,0</i>
<i>Média da temperatura</i>		
<i>44,8 °C</i>		

<i>Min</i>	<i>Temp.</i>
<i>0 min</i>	<i>24,0 °C</i>
<i>1 min</i>	<i>26,8 °C</i>
<i>2 min</i>	<i>29,0 °C</i>
<i>3 min</i>	<i>31,0 °C</i>
<i>4 min</i>	<i>32,4 °C</i>
<i>5 min</i>	<i>33,0 °C</i>
<i>6 min</i>	<i>34,0 °C</i>
<i>7 min</i>	<i>35,5 °C</i>
<i>8 min</i>	<i>36,5 °C</i>
<i>9 min</i>	<i>38,0 °C</i>
<i>10 min</i>	<i>40,0 °C</i>
<i>11 min</i>	<i>41,5 °C</i>
<i>12 min</i>	<i>42,5 °C</i>
<i>13 min</i>	<i>43,9 °C</i>
<i>14 min</i>	<i>44,0 °C</i>
<i>Esfera toca no fundo</i>	

## Dados dos provetes

Amostras							
Provete 1		Provete 2		Provete 3		Provete 4	
<i>h</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>h</i>	<i>d</i>
4,10 cm	9,40 cm	4,70 cm	9,40 cm	5,20 cm	9,40 cm	9,40 cm	9,40 cm

Volume dos Provetes			
<i>V 1</i>	<i>V 2</i>	<i>V 3</i>	<i>V 3</i>
284,53 cm <sup>3</sup>	326,17 cm <sup>3</sup>	360,87 cm <sup>3</sup>	652,34 cm <sup>3</sup>
Massa Seca dos Provetes			
<i>m 1 seca</i>	<i>m 2 seca</i>	<i>m 3 seca</i>	<i>m 4 seca</i>
630,59 g	680,69 g	749,34 g	1.334,35 g
Massa Húmida dos Provetes			
<i>m 1 húmida</i>	<i>m 2 húmida</i>	<i>m 3 húmida</i>	<i>m 4 húmida</i>
678,72 g	710,26 g	759,10 g	1.365,45 g
Baridade Seca dos Provetes			
2,22 g/cm <sup>3</sup>	2,09 g/cm <sup>3</sup>	2,08 g/cm <sup>3</sup>	2,05 g/cm <sup>3</sup>
Água Absorvido Pelos Provetes			
48,13 g	29,57 g	9,76 g	31,10 g
7 %	4 %	1 %	2 %

Provete 1			
Número de vazios	Diâmetros dos vazios (mm)		Área dos vazios (mm <sup>2</sup> )
	<i>D<sub>1</sub></i>	<i>D<sub>2</sub></i>	
3	0,6	0,6	0,848
6	0,4	0,4	0,754
3	0,2	0,2	0,094
4	0,3	0,3	0,283
1	0,7	0,7	0,385
1	1	1	0,785
1	0,1	0,1	0,008
0	0	0	0,000
0	0	0	0,000
0	0	0	0,000

Provete 2			
Número de vazios	Diâmetros dos vazios (mm)		Área dos vazios (mm <sup>2</sup> )
	<i>D<sub>1</sub></i>	<i>D<sub>2</sub></i>	
2	0,45	0,45	0,318
2	0,35	0,35	0,192
1	0,4	0,4	0,126
1	0,1	0,1	0,008
1	0,6	0,6	0,283
1	0,5	0,5	0,196
2	0,3	0,3	0,141
1	0,2	0,2	0,031
1	0,1	0,1	0,008
0	0	0	0,000

Área total de vazios (mm<sup>2</sup>) = **315,730**

Área total de vazios (mm<sup>2</sup>) = **1,304**

Área total da superfície (mm<sup>2</sup>) = **12107,698**

Área total da superfície (mm<sup>2</sup>) = **13879,556**

Área vazios / Área total = **2,61%**

Área vazios / Área total = **0,01%**

<b>Provete 3 p.</b>			
Número de vazios	Diâmetros dos vazios (mm)		Área dos vazios (mm <sup>2</sup> )
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	
2	0,6	0,6	0,565
4	0,3	0,3	0,283
2	0,5	0,5	0,393
10	0,4	0,4	1,257
1	0,8	0,8	0,503
1	0	0	0,000
0	0	0	0,000
0	0	0	0,000
0	0	0	0,000
0	0	0	0,000

<b>Provete 3 g.</b>			
Número de vazios	Diâmetros dos vazios (mm)		Área dos vazios (mm <sup>2</sup> )
	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	
2	0,5	0,5	0,393
6	0,4	0,4	0,754
3	0,3	0,3	0,212
4	0,45	0,45	0,636
8	0,2	0,2	0,251
2	0,35	0,35	0,192
10	0,1	0,1	0,079
1	0,25	0,25	0,049
0	0	0	0,000
0	0	0	0,000

Área total de vazios  
(mm<sup>2</sup>) = **3,000**

Área total de vazios  
(mm<sup>2</sup>) = **2,566**

Área total da superfície  
(mm<sup>2</sup>) = **15356,105**

Área total da superfície  
(mm<sup>2</sup>) = **27759,113**

Área vazios / Área total  
= **0,20%**

Área vazios / Área total  
= **0,01%**

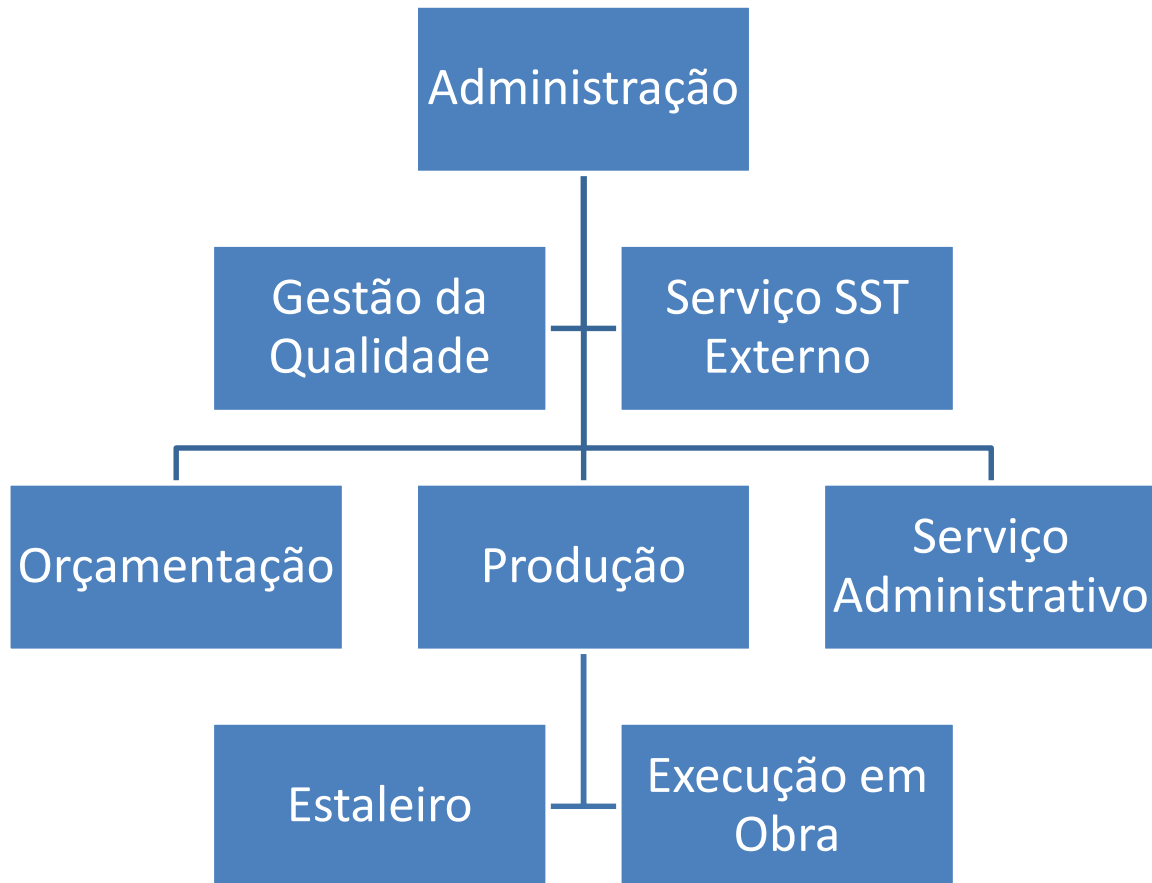
### Ensaio de Compressão de Marshall

Amostras	Número de pinos	Estabilidade Marshall *	Deformação Marshall	Coefficiente de Marshall
Provete 1	25	12,5 KN	11,0 mm	1,1
Provete 2	30	15,0 KN	9,5 mm	1,6
Provete 3p	Ensaio inconclusivo		1,1 mm	0,0
Provete 3g	13	6,5 KN	8,0 mm	0,8
Para o anel 1 pino equivale 0,5 kN				
* Caracteriza a resistência mecânica da mistura				

# Anexo B – Organograma da Cimalha

---

Organograma da Cimalha – Construções da batalha S.A.



# Anexo C – Restantes relatórios de ensaio dos materiais

## Relatórios de ensaios de análise granulométrica, método de peneiração:

Pó de Calcário FA (0/4):

<i>Massa total de amostra seca:</i>	<i>M1=</i>	0,95595	<i>kg</i>
<i>Massa total de amostra seca depois de lavagem:</i>	<i>M2</i>	0,95225	<i>kg</i>
<i>Massa perdida na lavagem:</i>	<i>M3=M1-M2=</i>	0,0037000	<i>kg</i>

Tabela 34 - Análise granulométrica, método de peneiração (Pó de Calcário)

Abertura (mm)	Material Retido		Percentagem cumulativas passadas (%)	Percentagem Retida (%)
	Massa (Ri) (kg)	Percentagem (%)		
63,000	0,000	0,0	100,0	0
40,000	0,000	0,0	100	0
31,500	0,000	0,0	100	0
20,000	0,000	0,0	100	0
16,000	0,000	0,0	100	0
14,000	0,000	0,0	100	0
12,500	0,000	0,0	100	0
10,000	0,000	0,0	100	0
8,000	0,000	0,0	100	0
6,300	0,000	0,0	100	0
4,000	0,000	0,0	100	0
2,000	0,209	21,9	78	22
1,000	0,281	29,4	49	51
0,500	0,185	19,4	29	71
0,250	0,106	11,1	18	82
0,125	0,075	7,8	10	90
0,063	0,076	8,0	2,4	98
<i>Retido no fundo P =</i>	0,015			
<i>Total inferior a 0,063mm (M)</i>	0,019	1,9		

A percentagem do material retido no fundo P, foi diferente da percentagem do material cumulativo passado no peneiro 0,063 mm, tornando o ensaio inconclusivo e confirmando a especulação da referida norma que estabelece o ensaio apenas para agregados grossos.

Sendo o material constituído por partículas com diâmetros muito reduzidos, houve uma elevada suspensão de partículas "poeira" e como a percentagem cumulativa passada é calculada automaticamente pela folha de cálculo do relatório de ensaio, a célula assume que as partículas em suspensão passaram pelo peneiro de 0,064 mm.

Foi efetuado este ensaio para este tipo de material apenas para a confirmação dos erros provenientes quando o material é de granulometria fina.

Tabela 35 - Total de material retido (Pó de Calcário)

	<b>Total material retido</b>	
	<b>Massa (kg)</b>	<b>Percentagem (%)</b>
$\sum Ri + M3 =$	0,9512900	100

Validação do ensaio:

Tabela 36 - Validação do ensaio (Pó de Calcário)

$\sum Ri + M4 =$	0,948	kg
$100x(M2-(\sum Ri+P))/M2 =$	1,066	< 1%

Este ensaio mais uma vez foi inconclusivo, foi repetido inúmeras vezes e o resultado foi sempre superior a 1 %.

Relembra-se que este ensaio para este material foi efetuado para a confirmação dos erros provenientes deste tipo de material.

Tabela 37 - Modulo de finura (Pó de Calcário)

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
<b>Módulo de finura</b>	4,13
<b>Centro de finura</b>	

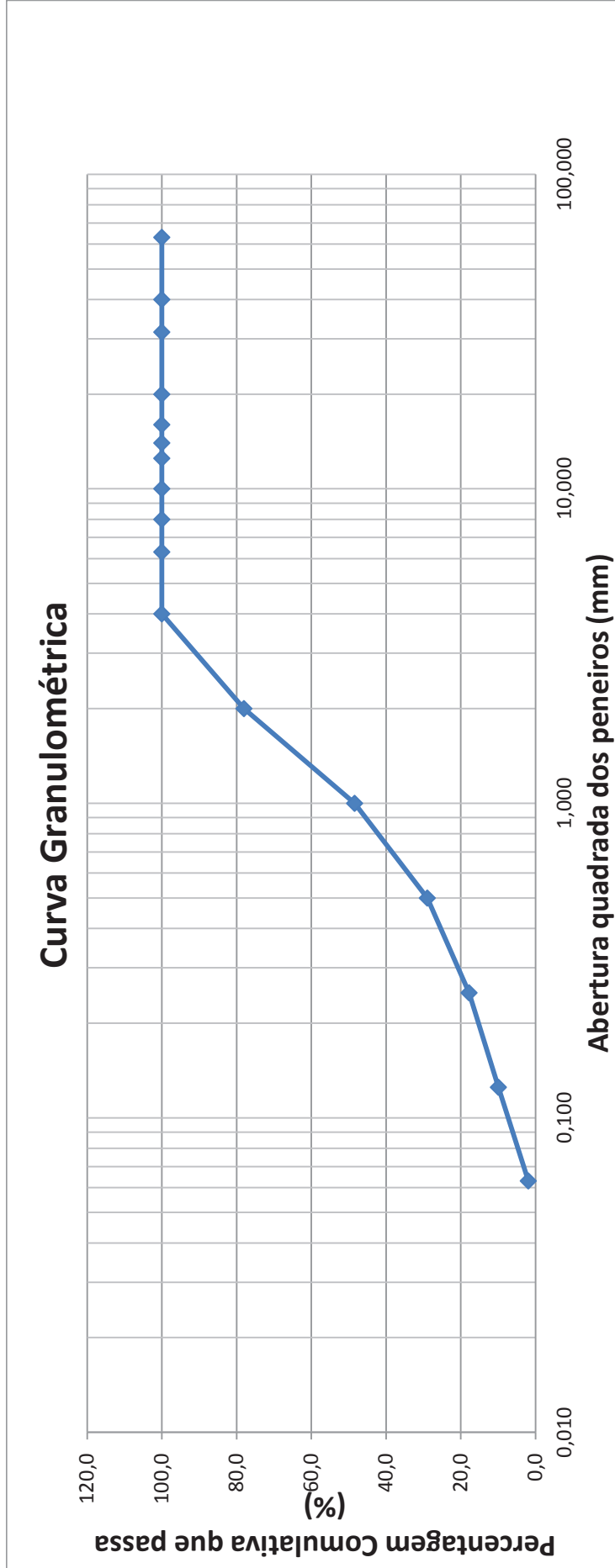


Figura 100 - Curva granulométrica (Pó de Calcário)

Filler:

<b>Massa total de amostra seca:</b>	<b>M1=</b>	0,92305	<b>kg</b>
<b>Massa total de amostra seca depois de lavagem:</b>	<b>M2=</b>	0,9063	<b>kg</b>
<b>Massa perdida na lavagem:</b>	<b>M3=M1-M2=</b>	0,0167500	<b>kg</b>

Tabela 38 - Análise granulométrica, método de peneiração (Filler)

Abertura (mm)	Material Retido		Porcentagem cumulativas passadas (%)	Porcentagem Retida (%)
	Massa (Ri) (kg)	Porcentagem (%)		
63,000	0,000	0,0	100,0	0
40,000	0,000	0,0	100	0
31,500	0,000	0,0	100	0
20,000	0,000	0,0	100	0
16,000	0,000	0,0	100	0
14,000	0,000	0,0	100	0
12,500	0,000	0,0	100	0
10,000	0,000	0,0	100	0
8,000	0,000	0,0	100	0
6,300	0,000	0,0	100	0
4,000	0,000	0,0	100	0
2,000	0,000	0,0	100	0
1,000	0,000	0,0	100	0
0,500	0,008	0,9	99	1
0,250	0,040	4,4	95	5
0,125	0,132	14,3	80	20
0,063	0,336	36,4	44,0	56
<b>Retido no fundo P =</b>	0,389			
<b>Total inferior a 0,063mm (M)</b>	<b>0,406</b>	43,9		

A percentagem do material retido no fundo P, foi parcialmente igual a percentagem do material cumulativo passado no peneiro 0,063 mm, considerou-se inconclusivo o ensaio devido a forte suspensão de partículas, confirmando a especulação da referente norma que estabelece apenas para agregados grossos.

Foi efetuado este ensaio para este tipo de material apenas para a confirmação dos erros provenientes quando o material é de granulometria muito fina, para o aumento da experiência.

Tabela 39 - Total de material retido (Filler)

	Total material retido	
	Massa (kg)	Porcentagem (%)
$\sum Ri + M3 =$	0,9230500	100

Validação do ensaio:

Tabela 40 - Validação do ensaio (Filler)

$\sum R_i + M_4 =$	0,906	kg
$100 \times (M_2 - (\sum R_i + P)) / M_2 =$	42,821	< 1%

Este ensaio mais uma vez foi inconclusivo, foi repetido inúmeras vezes e o resultado foi sempre superior a 1 %.

Relembrando que este ensaio para este material foi efetuado para a confirmação dos erros provenientes deste tipo de material.

Tabela 41 - Modulo de finura (Filler)

<i>Parâmetro</i>	<i>Valor</i>
<i>Módulo de finura</i>	0,82
<i>Centro de finura</i>	

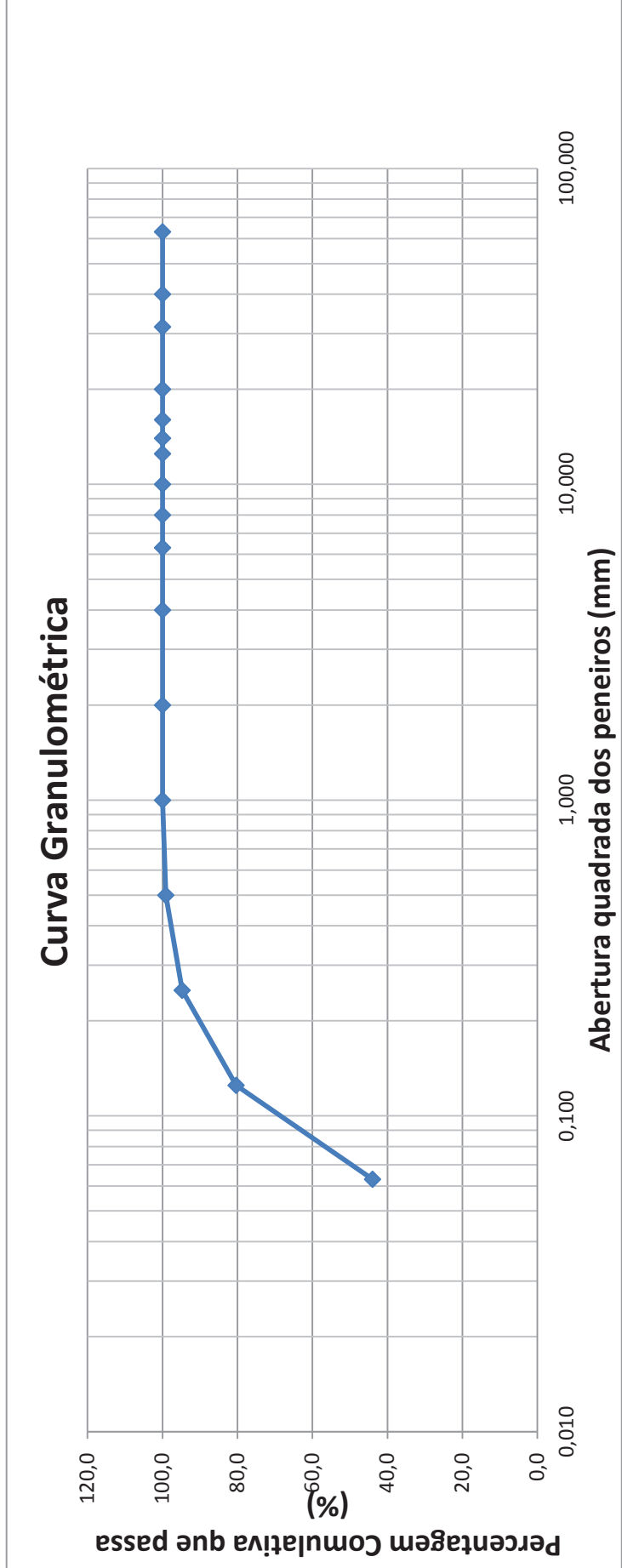


Figura 101 - Curva granulométrica (Filler)

Brita Calcário nº1,5 FA (10/16):

Massa total de amostra seca:	M1=	3,426	kg
Massa total de amostra seca depois de lavagem:	M2=	3,397	kg
Massa perdida na lavagem:	M3=M1-M2=	0,0290000	kg

Tabela 42 - Análise granulométrica, método de peneiração (Brita Calcário nº 1,5)

Abertura (mm)	Material Retido		Percentagem cumulativas passadas (%)	Percentagem Retida (%)
	Massa (Ri) (kg)	Percentagem (%)		
63,000	0,000	0,0	100,0	0
40,000	0,000	0,0	100	0
31,500	0,000	0,0	100	0
20,000	0,000	0,0	100	0
16,000	0,800	23,3	77	23
14,000	1,031	30,1	47	53
12,500	0,648	18,9	28	72
10,000	0,565	16,5	11	89
8,000	0,249	7,3	4	96
6,300	0,088	2,6	1	99
4,000	0,015	0,4	1	99
2,000	0,001	0,0	1	99
1,000	0,000	0,0	1	99
0,500	0,000	0,0	1	99
0,250	0,000	0,0	1	99
0,125	0,000	0,0	1	99
0,063	0,001	0,0	0,9	99
Retido no fundo P =	0,000			
Total inferior a 0,063mm (M)	0,029	0,9		

A percentagem do material retido no fundo P, é igual a percentagem do material cumulativo passado no peneiro 0,063 mm. Sendo a percentagem dos finos passados no peneiro 0,063 mm inferior a 1 %, 0,9 % aproximadamente.

Tabela 43 - Total de material retido (Brita Calcário nº 1,5)

	Total material retido	
	Massa (kg)	Percentagem (%)
$\sum Ri + M =$	3,4265700	100

Validação do ensaio:

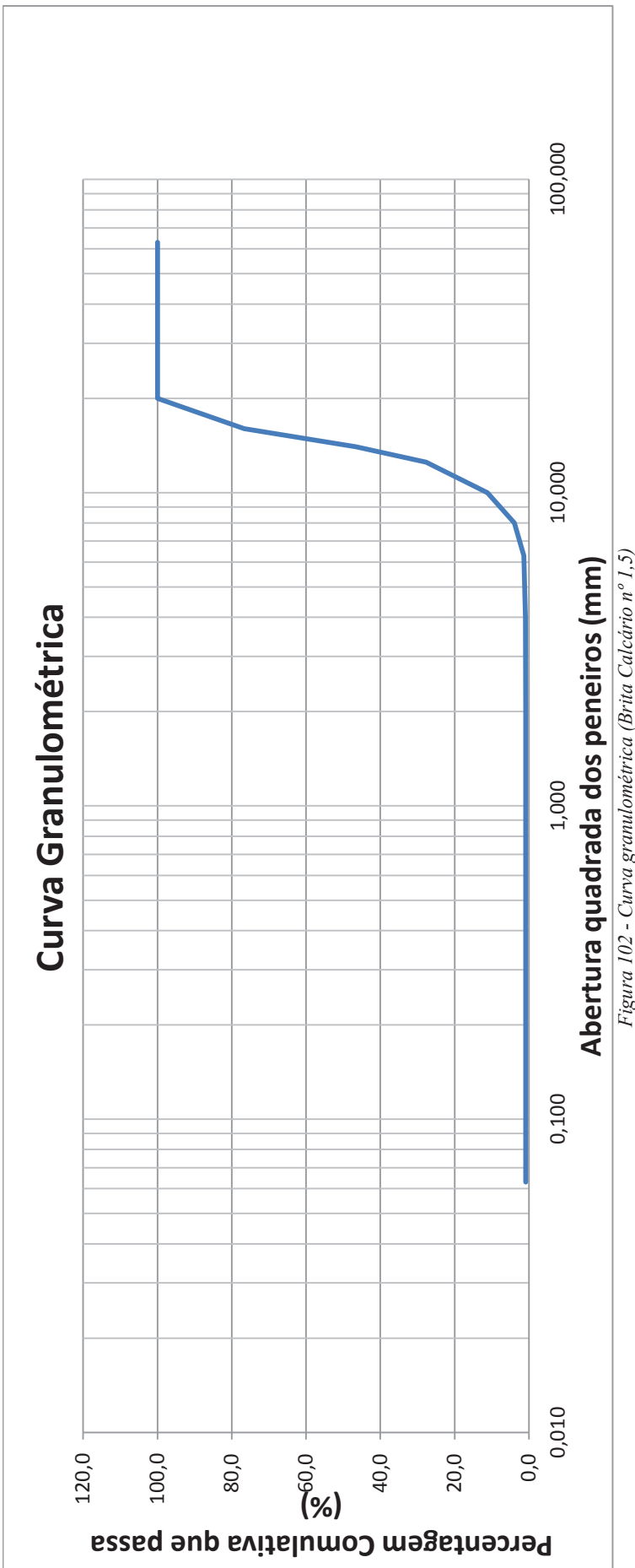
Tabela 44 - Validação do ensaio (Brita Calcário nº1,5)

$\sum Ri + M4 =$	3,398	kg
$100 \times (M2 - (\sum Ri + P)) / M2 =$	0,021	< 1%

Este ensaio foi conclusivo, como pode ser comprovado no quadro a cima apresentado.

*Tabela 45 - Modulo de finura (Brita Calcário n° 1,5)*

<i>Parâmetro</i>	<i>Valor</i>
<i>Módulo de finura</i>	<i>11,26</i>
<i>Centro de finura</i>	



Seixo Brita nº1,5 FA (6,3/12,5):

Massa total de amostra seca:	M1=	2,383	kg
Massa total de amostra seca depois de lavagem:	M2=	2,373	kg
Massa perdida na lavagem:	M3=M1-M2=	0,0099400	kg

Tabela 46 - Análise granulométrica, método de peneiração (Seixo Brita nº 1,5)

Abertura (mm)	Material Retido		Percentagem cumulativas passadas (%)	Percentagem Retida (%)
	Massa (Ri) (kg)	Percentagem (%)		
63,000	0,000	0,0	100,0	0
40,000	0,000	0,0	100	0
31,500	0,000	0,0	100	0
20,000	0,000	0,0	100	0
16,000	0,009	0,4	100	0
14,000	0,103	4,3	95	5
12,500	0,159	6,7	89	11
10,000	0,468	19,6	69	31
8,000	0,584	24,5	44	56
6,300	0,575	24,1	20	80
4,000	0,446	18,7	2	98
2,000	0,026	1,1	0	100
1,000	0,000	0,0	0	100
0,500	0,000	0,0	0	100
0,250	0,000	0,0	0	100
0,125	0,000	0,0	0	100
0,063	0,000	0,0	0,5	100
Retido no fundo P =	0,002			
Total inferior a 0,063mm (M)	0,012	0,5		

A percentagem do material retido no fundo P, é igual a percentagem do material cumulativo passado no peneiro 0,063 mm. Sendo a percentagem dos finos passados no peneiro 0,063 mm 0,5 % aproximadamente.

Tabela 47 - Total de material retido (Seixo Brita nº 1,5)

	Total material retido	
	Massa (kg)	Percentagem (%)
$\sum Ri + M =$	2,3829900	100

Validação do ensaio:

Tabela 48 - Validação do ensaio (Seixo Brita nº1,5)

$\sum Ri + M4 =$	2,373	kg
$100 \times (M2 - (\sum Ri + P)) / M2 =$	0,071	< 1%

Este ensaio foi conclusivo, como pode ser comprovado no quadro a cima apresentado.

*Tabela 49 - Modulo de finura (Seixo Brita nº 1,5)*

<i>Parâmetro</i>	<i>Valor</i>
<i>Módulo de finura</i>	<i>8,78</i>
<i>Centro de finura</i>	

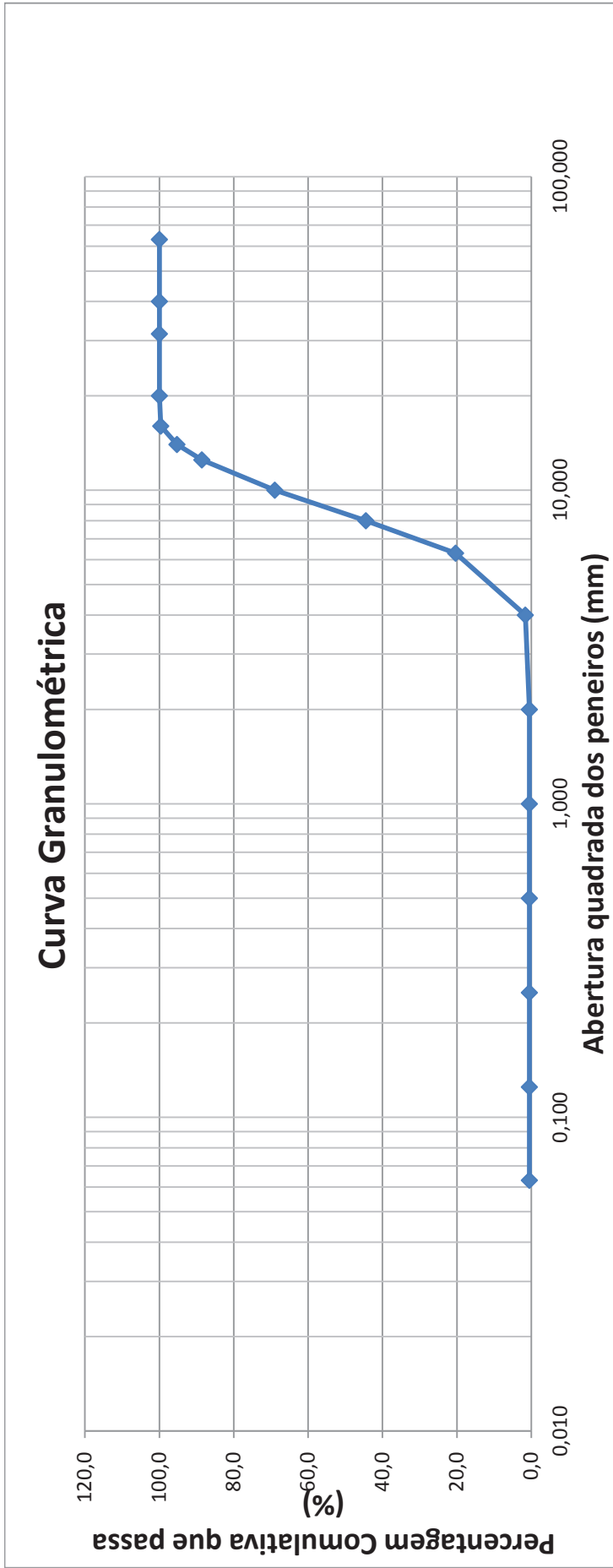


Figura 103 - Curva granulométrica (Seixo Brita nº 1,5)

Brita Calcário nº1 FA (6,3/12,5):

<i>Massa total de amostra seca:</i>	<i>M1=</i>	1,905	<i>kg</i>
<i>Massa total de amostra seca depois de lavagem:</i>	<i>M2=</i>	1,833	<i>kg</i>
<i>Massa perdida na lavagem:</i>	<i>M3=M1-M2=</i>	0,0720000	<i>kg</i>

Tabela 50 - Analise granulométrica, método de peneiração (Brita Calcário nº 1)

<i>Abertura (mm)</i>	<i>Material Retido</i>		<i>Percentagem cumulativas passadas (%)</i>	<i>Percentagem Retida (%)</i>
	<i>Massa (Ri) (kg)</i>	<i>Percentagem (%)</i>		
63,000	0,000	0,0	100,0	0
40,000	0,000	0,0	100	0
31,500	0,000	0,0	100	0
20,000	0,000	0,0	100	0
16,000	0,000	0,0	100	0
14,000	0,038	2,0	98	2
12,500	0,133	7,0	91	9
10,000	0,618	32,5	59	41
8,000	0,653	34,3	24	76
6,300	0,322	16,9	7	93
4,000	0,065	3,4	4	96
2,000	0,001	0,1	4	96
1,000	0,000	0,0	4	96
0,500	0,000	0,0	4	96
0,250	0,000	0,0	4	96
0,125	0,000	0,0	4	96
0,063	0,000	0,0	3,9	96
<i>Retido no fundo P =</i>	0,002			
<i>Total inferior a 0,063mm (M)</i>	0,074	3,9		

A percentagem do material retido no fundo P, é igual a percentagem do material cumulativo passado no peneiro 0,063 mm. Sendo a percentagem dos finos passados no peneiro 0,063 mm 4 % aproximadamente.

Tabela 51 - Total de material retido (Brita Calcário nº 1)

	<i>Total material retido</i>	
	<i>Massa (kg)</i>	<i>Percentagem (%)</i>
$\sum Ri + M3 =$	1,9040500	100

Validação do ensaio:

Tabela 52 - Validação do ensaio (Brita Calcário nº1)

$\sum Ri + M4 =$	1,832	<i>kg</i>
$100 \times (M2 - (\sum Ri + P)) / M2 =$	0,074	< 1%

Este ensaio foi conclusivo, como pode ser comprovado no quadro a cima apresentado.

*Tabela 53 - Modulo de finura (Brita Calcário n° 1)*

<i>Parâmetro</i>	<i>Valor</i>
<i>Módulo de finura</i>	<i>8,93</i>
<i>Centro de finura</i>	

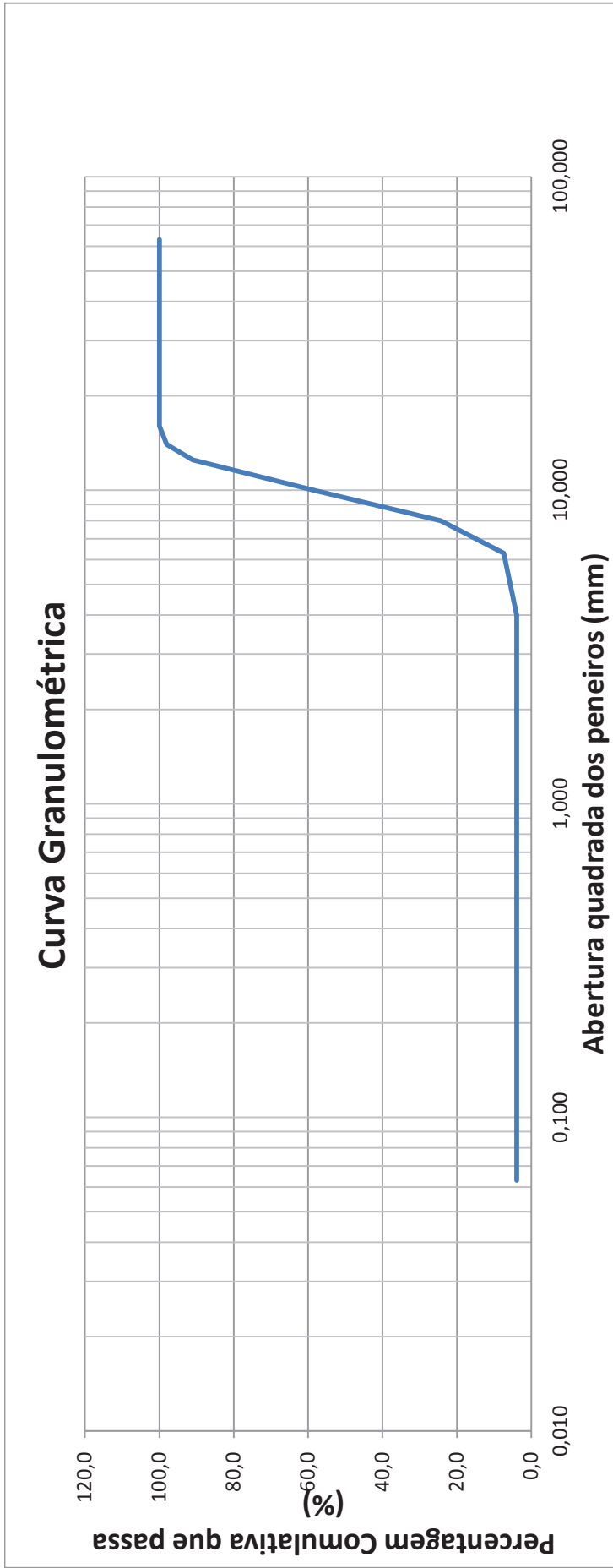


Figura 104 - Curva granulométrica (Brita Calcário nº 1)

Seixo Brita nº1 FA (4/10):

<b>Massa total de amostra seca:</b>	<b>M1=</b>	2,052	<b>kg</b>
<b>Massa total de amostra seca depois de lavagem:</b>	<b>M2=</b>	2,001	<b>kg</b>
<b>Massa perdida na lavagem:</b>	<b>M3=M1-M2=</b>	0,0514000	<b>kg</b>

Tabela 54 - Análise granulométrica, método de peneiração (Seixo Brita nº 1)

Abertura (mm)	Material Retido		Percentagem cumulativas passadas (%)	Percentagem Retida (%)
	Massa (Ri) (kg)	Percentagem (%)		
63,000	0,000	0,0	100,0	0
40,000	0,000	0,0	100	0
31,500	0,000	0,0	100	0
20,000	0,000	0,0	100	0
16,000	0,016	0,8	99	1
14,000	0,001	0,1	99	1
12,500	0,003	0,1	99	1
10,000	0,168	8,2	91	9
8,000	0,613	29,9	61	39
6,300	0,497	24,2	37	63
4,000	0,569	27,7	9	91
2,000	0,121	5,9	3	97
1,000	0,000	0,0	3	97
0,500	0,000	0,0	3	97
0,250	0,000	0,0	3	97
0,125	0,000	0,0	3	97
0,063	0,013	0,6	2,5	97
Retido no fundo P =	0,000			
Total inferior a 0,063mm (M)	0,052	2,5		

A Percentagem do material retido no fundo P, é igual a percentagem do material cumulativo passado no peneiro 0,063 mm. Sendo a percentagem dos finos passados no peneiro 0,063 mm 2,5 % aproximadamente.

Tabela 55 - Total de material retido (Seixo Brita nº 1)

	Total material retido	
	Massa (kg)	Percentagem (%)
$\sum Ri + M3 =$	2,0521800	100

Validação do ensaio:

Tabela 56 - Validação do ensaio (Seixo Brita nº1)

$\sum Ri + M4 =$	2,001	<b>kg</b>
$100 \times (M2 - (\sum Ri + P)) / M2 =$	0,030	<b>&lt; 1%</b>

Este ensaio foi conclusivo, como pode ser comprovado no quadro a cima apresentado.

*Tabela 57 - Modulo de finura (Seixo Brita n° 1)*

<i>Parâmetro</i>	<i>Valor</i>
<i>Módulo de finura</i>	<i>7,87</i>
<i>Centro de finura</i>	

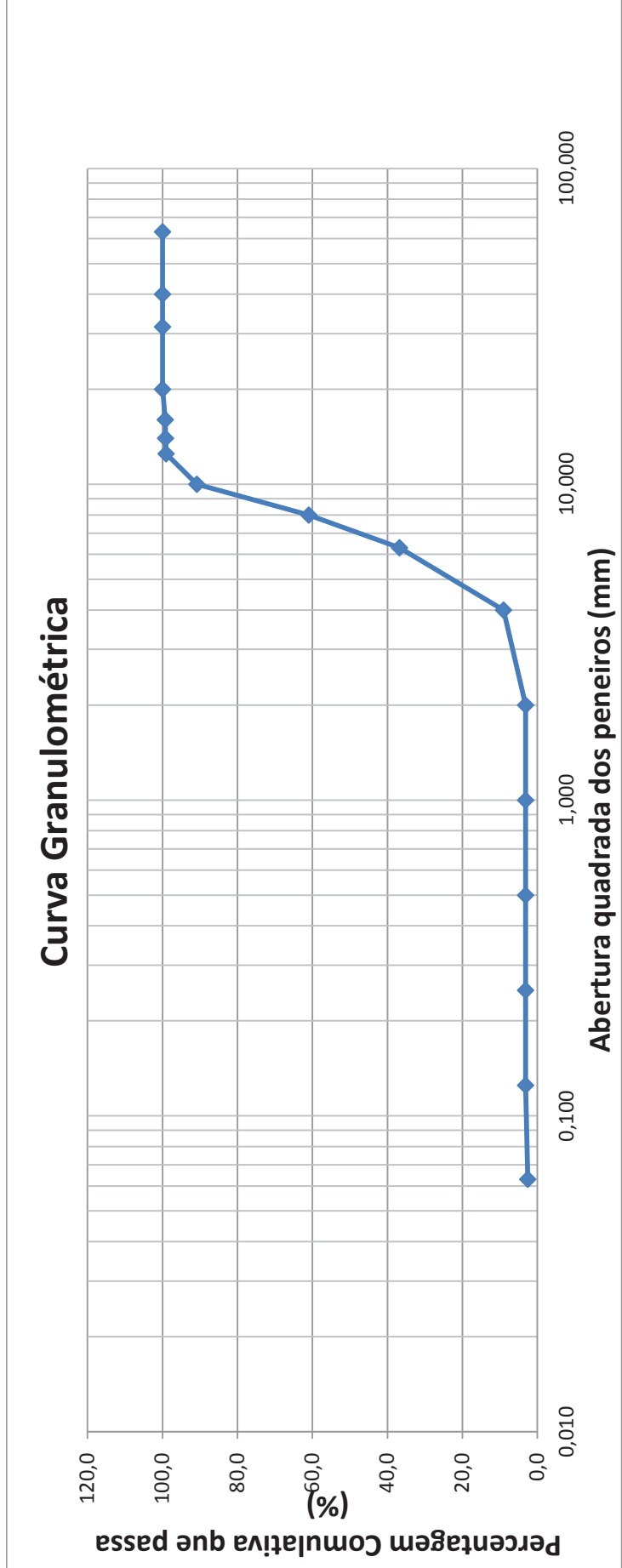


Figura 105 - Curva granulométrica (Seixo Brita nº 1)

**Relatórios de ensaios para determinação da forma das partículas, índice de achatamento:**

Brita Calcário 1,5 FA (10/16):

<i>Massa do provete</i>		<i>Massa retida no peneiro de 80 mm =</i>	0 g
<i>Mo =</i>	2642,88 g	<i>Massa que passa no peneiro de 4 mm =</i>	0,00178 g
		<i>Soma de massa rejeitada =</i>	0,0017 g

Tabela 58 - Determinação do índice de achatamento, validação do ensaio (Brita Calcário n° 1,5)

<i>Peneiração em peneiros de ensaio</i>		<i>Peneiração em peneiros de barras</i>		
<i>Fração granulométrica di/Di mm</i>	<i>Massa (Ri) da fração granulométrica di/Di g</i>	<i>Largura nominal da ranhura no peneiro de barras mm</i>	<i>Massa que passa pelo peneiro de barras (mi) g</i>	<i>Fli = (mi/Ri) x 100</i>
63/80	0	40		0
50/63	0	31,5		0
40/50	0	25		0
31,5/40	0	20		0
25/31,5	0	16		0
20/25	0	12,5		0
16/20	0,42302	10	0,054356	2,299367512
12,5/16	1,28453	8	0,08428	10,82601884
10/12,5	0,57534	6,3	0,02048	1,17829632
8/10	0,23209	5	0,01923	0,44630907
6,3/8	0,10388	4	0,00561	0,05827668
5/6,3	0	3,15	0	0
4/5	0,0222	2,5	0,00042	0,0009324
<i>M1 = ΣRi =</i>	2,64106	<i>M2 = Σmi =</i>	0,184376	
<i>FI = (M2/M1) x 100 =</i>		7		
$100 \times \frac{Mo - \{\sum Ri + \sum(massas.rejeitadas)\}}{Mo} =$			0,0015135	< 1%

Segundo a norma NP EN 933-3 tem-se que a estimativa de repetibilidas (r) e reprodutibilidade (R) para valores do índice geral de achatamento (FI) entre 8 e 20 são r = 2,8 e R = 5, para o ensaio deste material o índice geral de achatamento (7) não enquadra no intervalo da estimativa de repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R).

Devido a inexistência do peneiro de 5 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de achatamento.

O ensaio foi considerado válido sendo o somatório das massas inferior a 1 % da massa do provete.

Seixo Brita nº 1,5 FA (6,3/12,5)

<i>Massa do provete</i>		<i>Massa retida no peneiro de 80 mm =</i>	0 g
<i>Mo=</i>	2843,26 g	<i>Massa que passa no peneiro de 4 mm =</i>	0,04862 g
		<i>Soma de massa rejeitada =</i>	0,04862 g

Tabela 59 - Determinação do índice de achatamento, validação do ensaio (Seixo Brita nº 1,5)

<i>Peneiração em peneiros de ensaio</i>		<i>Peneiração em peneiros de barras</i>		
<i>Fração granulométrica di/Di mm</i>	<i>Massa (Ri) da fração granulométrica di/Di g</i>	<i>Largura nominal da ranhura no peneiro de barras mm</i>	<i>Massa que passa pelo peneiro de barras (mi) g</i>	<i>Fli = (mi/Ri) x 100</i>
63/80	0	40		0
50/63	0	31,5		0
40/50	0	25		0
31,5/40	0	20		0
25/31,5	0	16		0
20/25	0	12,5		0
16/20	0	10		0
12,5/16	0,26809	8	0,01215	0,32572935
10/12,5	0,68584	6,3	0,04141	2,84006344
8/10	0,68946	5	0,04445	3,0646497
6,3/8	0,61846	4	0,04212	2,60495352
5/6,3	0	3,15	0	0
4/5	0,5327	2,5	0,01802	0,9599254
<i>M1 = ∑Ri =</i>	2,79455	<i>M2 = ∑mi =</i>	0,15815	
<i>FI = (M2/M1) x 100 =</i>		6		
$100 \times \frac{M_o - \{\sum R_i + \sum(\text{massas.rejeitadas})\}}{M_o} =$			0,003165381	< 1%

Segundo a norma NP EN 933-3 tem-se que a estimativa de repetibilidas (r) e reprodutibilidade (R) para valores do índice geral de achatamento (FI) entre 8 e 20 são r = 2,8 e R = 5, para o ensaio deste material o índice geral de achatamento (6) não enquadra no intervalo da estimativa de repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R).

Devido a inexistência do peneiro de 5 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de achatamento.

O ensaio foi considerado válido sendo o somatório das massas inferior a 1 % da massa do provete.

Brita Calcário 1 FA (6,3/12,5):

<i>Massa do provete</i>		<i>Massa retida no peneiro de 80 mm =</i>	0 g
<i>Mo=</i>	2876,5 g	<i>Massa que passa no peneiro de 4 mm =</i>	0,01323g
		<i>Soma de massa rejeitada =</i>	0,01323 g

Tabela 60 - Determinação do índice de achatamento, validação do ensaio (Brita Calcário nº 1)

<i>Peneiração em peneiros de ensaio</i>		<i>Peneiração em peneiros de barras</i>		
<i>Fração granulométrica di/Di mm</i>	<i>Massa (Ri) da fração granulométrica di/Di g</i>	<i>Largura nominal da ranhura no peneiro de barras mm</i>	<i>Massa que passa pelo peneiro de barras (mi) g</i>	<i>F<sub>Li</sub> = (mi/Ri) x 100</i>
63/80	0	40		0
50/63	0	31,5		0
40/50	0	25		0
31,5/40	0	20		0
25/31,5	0	16		0
20/25	0	12,5		0
16/20	0	10		0
12,5/16	0,09034	8	0,01301	0,11753234
10/12,5	0,76675	6,3	0,06727	5,15792725
8/10	1,15837	5	0,09461	10,95933857
6,3/8	0,66525	4	0,06806	4,5276915
5/6,3	0	3,15	0	0
4/5	0,17691	2,5	0,00483	0,08544753
<i>M1 = ∑Ri =</i>	2,85762	<i>M2 = ∑mi =</i>	0,24778	
<i>FI = (M2/M1) x 100 =</i>		9		
$100 \times \frac{M_0 - \{\sum R_i + \sum(\text{massas.rejeitadas})\}}{M_0} =$			0,19641926	< 1%

Segundo a norma NP EN 933-3 tem-se que a estimativa de repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R) para valores do índice geral de achatamento (FI) entre 8 e 20 são r = 2,8 e R = 5, para o ensaio deste material o índice geral de achatamento (9) enquadra no intervalo da estimativa de repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R).

Devido a inexistência do peneiro de 5 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de achatamento.

O ensaio foi considerado válido sendo o somatório das massas inferior a 1 % da massa do provete.

Seixo Brita nº 1 FA (4/10)

<i>Massa do provete Mo</i> =	1660,92 g	<i>Massa retida no peneiro de 80 mm</i> =	0 g
		<i>Massa que passa no peneiro de 4 mm</i> =	0,1325 g
		<i>Soma de massa rejeitada</i> =	0,1325 g

Tabela 61 - Determinação do índice de achatamento, validação do ensaio (Seixo Brita nº 1)

Peneiração em peneiros de ensaio		Peneiração em peneiros de barras		
<i>Fração granulométrica di/Di mm</i>	<i>Massa (Ri) da fração granulométrica di/Di g</i>	<i>Largura nominal da ranhura no peneiro de barras mm</i>	<i>Massa que passa pelo peneiro de barras (mi) g</i>	<i>Fli = (mi/Ri) x 100</i>
63/80	0	40		0
50/63	0	31,5		0
40/50	0	25		0
31,5/40	0	20		0
25/31,5	0	16		0
20/25	0	12,5		0
16/20	0	10		0
12,5/16	0	8	0	0
10/12,5	0,15438	6,3	0,01022	0,15777636
8/10	0,49461	5	0,05281	2,61203541
6,3/8	0,40144	4	0,04457	1,78921808
5/6,3	0	3,15	0	0
4/5	0,47834	2,5	0,03136	1,50007424
<i>M1 = ∑Ri =</i>	1,52877	<i>M2 = ∑mi =</i>	0,13896	
<i>FI = (M2/M1) x 100 =</i>		9		
$100 \times \frac{Mo - \{\sum Ri + \sum(massas.rejeitadas)\}}{Mo} =$			-0,021072659	< 1%

O sinal acima representado como negativo significa que houve um erro de precisão da balança, o ensaio foi considerado válido

Segundo a norma NP EN 933-3 tem-se que a estimativa de repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R) para valores do índice geral de achatamento (FI) entre 8 e 20 são r = 2,8 e R = 5, para o ensaio deste material o índice geral de achatamento (9) enquadra no intervalo da estimativa de repetibilidade (r) e reprodutibilidade (R).

Devido à inexistência do peneiro de 5 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de achatamento.

O ensaio foi considerado válido sendo o somatório das massas inferior a 1 % da massa do provete.

**Relatórios de ensaios para determinação da forma das partículas, índice de forma:**

Brita Calcário 1,5 FA (10/16):

<i>Mo</i> =	1178,91 g	<i>Di</i>	16
		<i>di</i>	10
		$2 \times di$	20

*Di é menor ou igual que 2di*

Tabela 62 - Determinação do índice de forma (Brita Calcário nº 1,5)

Fração granulométrica <i>di/Di onde <math>Di \leq 2 di</math></i> <i>mm</i>	Massa M1 <i>g</i>	Massa M2 <i>g</i>	Índice de forma SI % <i>(M2/M1) × 100</i>
16	84,88	0	
14	280,86	0	
12,5	272,88	0	
11,2	0	0	
10	296,82	134,45	
8	135,93	0	45
6,3	64,72	0	
5,6	18,04	0	
4	7,68	0	
Fundo	17,63	0	

A percentagem para o índice de forma para este agregado foi de 45 %.

Devido a inexistência do peneiro de 11,2 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de forma, e para uma melhor separação das frações foi acrescentado os peneiros de 10 e 6,3 mm.

Foram rejeitadas todas as partículas inferiores ao *di*, e todas as partículas superiores ao *Di*.

Foi registado como M1 a fração predominante *di/Di*, sendo M2 as partículas não cúbicas, cujo a relação  $L/3 > 3$ .

Seixo Brita nº 1,5 FA (6,3/12,5)

$M_o =$	1485,38 g	$D_i$	12,5
		$d_i$	6,3
		$2 \times d_i$	12,6

*Di é menor ou igual que 2di*

Tabela 63 - Determinação do índice de forma (Seixo Brita nº 1,5)

Fração granulométrica di/Di onde $D_i \leq 2 d_i$ mm	Massa M1 g	Massa M2 g	Índice de forma SI % (M2/M1) × 100
12,5	160,62	0	
11,2	0	0	
10	307,37	0	
8	359,17	70,64	20
6,3	325,18	0	
5,6	143,78	0	
4	179,04	0	
Fundo	14,776	0	

A percentagem para o índice de forma para este agregado foi de 20 %.

Devido a inexistência do peneiro de 11,2 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de forma, e para uma melhor separação das frações foi acrescentado os peneiros de 10 e 6,3 mm.

Foram rejeitadas todas as partículas inferiores ao  $d_i$ , e todas as partículas superiores ao  $D_i$ .

Foi registado como M1 a fração predominante  $d_i/D_i$ , sendo M2 as partículas não cúbicas, cujo a relação  $L/3 > 3$ .

Brita Calcário nº 1 FA (6,3/12,5):

<i>Mo</i> =	1435,56 g	<i>Di</i>	12,5
		<i>di</i>	6,3
		$2 \times di$	12,6

*Di é menor ou igual que 2di*

Tabela 64 - Determinação do índice de forma (Brita Calcário nº 1)

Fração granulométrica <i>di/Di onde <math>Di \leq 2 di</math></i> <i>mm</i>	Massa M1 <i>g</i>	Massa M2 <i>g</i>	Índice de forma SI % $(M2/M1) \times 100$
12,5	62,27	0	
11,2	0	0	
10	525,12	0	
8	539,11	88,94	16
6,3	249,57	0	
5,6	39,55	0	
4	11,92	0	
Fundo	7,38	0	

A percentagem para o índice de forma para este agregado foi de 16 %.

Devido a inexistência do peneiro de 11,2 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de forma, e para uma melhor separação das frações foi acrescentado os peneiros de 10 e 6,3 mm.

Foram rejeitadas todas as partículas inferiores ao *di*, e todas as partículas superiores ao *Di*.

Foi registado como M1 a fração predominante *di/Di*, sendo M2 as partículas não cúbicas, cujo a relação  $L/3 > 3$ .

**Relatórios de ensaios para determinação da percentagem de superfícies esmagadas e partidas nos agregados:**

Brita Calcário 1,5 FA (10/16):

<i>Mo</i> =	1178,82 g	<i>Di</i>	16
		<i>di</i>	10
		$2 \times di$	20

*D é menor ou igual que 2d*

Tabela 65 - Determinação da percentagem de superfície esmagada e partidas (Brita Calcário nº 1,5)

Fração granulométrica <i>d/D onde D ≤ 2 d</i> mm	Massa <i>M<sub>I</sub></i> g	Massas g				Percentagem arredondado á unidade	
		<i>M<sub>c</sub></i>	<i>M<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>c</sub></i>	<i>C<sub>r</sub></i>		
16	1157,99						
14							
12,5							
11,2		1035,66	122,26	89	11		
10		Incluindo	Incluindo	Incluindo	Incluindo		
8		<i>M<sub>tc</sub></i>	<i>M<sub>tr</sub></i>	<i>C<sub>tc</sub></i>	<i>C<sub>tr</sub></i>		
6,3		71,74	0	6,19522	0		
5,6							
4	20,77						
Fundo							

Tabela 66 – Validação da retenção da massa (Brita calcário nº 1,5)

$$100 \frac{M_1 - (M_c + M_r)}{M_1} = 0,006044957 \leq 1\%$$

O ensaio foi considerado válido sendo a validação da retenção das massas inferior a 1 % da massa do provete.

A percentagem de superfície esmagada ou partida para este agregado foi de 89 %, sendo a percentagem de superfície arredondada 11 %.

A percentagem de superfícies totalmente esmagada ou partida para este agregado (com 90 % ou mais) foi de 6,20 % aproximadamente.

Devido a inexistência do peneiro de 11,2 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de forma, e para uma melhor separação das frações foi acrescentado os peneiros de 10 e 6,3 mm.

Foi registado como M1 a massa do provete, exceto as partículas passadas no peneiro de 4 mm, a partir deste procedeu-se a separação manual das partículas partidas ou esmagadas, das partículas arredondadas.

Registou-se as partículas esmagadas ou partidas e as partículas arredondadas, procedeu-se a separação das partículas totalmente esmagadas ou partidas e totalmente arredondadas também manualmente.

A amostra não foi reduzida para se poder obter resultados mais exatos

Seixo Brita nº 1,5 FA (6,3/12,5)

<i>M<sub>o</sub></i> =	1547,38 g	<i>D<sub>i</sub></i>	12,5
		<i>d<sub>i</sub></i>	6,3
		$2 \times d_i$	12,6

*D é menor ou igual que 2d*

Tabela 67 - Determinação da percentagem de superfície esmagada e partidas (Seixo Brita nº 1,5)

Fração granulométrica <i>d/D onde D ≤ 2 d</i> <i>mm</i>	Massa <i>M<sub>1</sub></i> <i>g</i>	Massas <i>g</i>				Percentagem arredondado á unidade
		<i>M<sub>c</sub></i>	<i>M<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>c</sub></i>	<i>C<sub>r</sub></i>	
16	1474,03					
14						
12,5						
11,2						
10						
8						
6,3						
5,6	72,96					
4						
Fundo						

Tabela 68 - Validação da retenção da massa (Seixo Brita nº 1,5)

$$100 \frac{M_1 - (M_c + M_r)}{M_1} = 0,008140947 \leq 1\%$$

O ensaio foi considerado válido sendo a validação da retenção das massas inferior a 1 % da massa do provete.

A percentagem de superfície esmagada ou partida para este agregado foi de 86 %, sendo a percentagem de superfície arredondada 14 %.

A percentagem de superfícies totalmente arredondada para este agregado (com 90 % ou mais) foi de 1,24 % aproximadamente.

Devido a inexistência do peneiro de 11,2 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de forma, e para uma melhor separação das frações foi acrescentado os peneiros de 10 e 6,3 mm.

Foi registado como *M<sub>1</sub>* a massa do provete, exceto as partículas passadas no peneiro de 4 mm, a partir deste procedeu-se a separação manual das partículas partidas ou esmagadas, das partículas arredondadas.

Registou-se as partículas esmagadas ou partidas e as partículas arredondadas, procedeu-se a separação das partículas totalmente esmagadas ou partidas e totalmente arredondadas também manualmente.

A amostra não foi reduzida para se poder obter resultados mais exatos

Brita Calcário nº 1 FA (6,3/12,5):

<i>M<sub>o</sub></i> =	1433,55 g	<i>D<sub>i</sub></i>	12,5
		<i>d<sub>i</sub></i>	6,3
		$2 \times d_i$	12,6

*D é menor ou igual que 2d*

Tabela 69 - Determinação da percentagem de superfície esmagada e partidas (Brita Calcário nº 1)

Fração granulométrica <i>d/D onde D ≤ 2 d</i> <i>mm</i>	Massa <i>M<sub>1</sub></i> <i>g</i>	Massas <i>g</i>				Percentagem arredondado á unidade
		<i>M<sub>c</sub></i>	<i>M<sub>r</sub></i>	<i>C<sub>c</sub></i>	<i>C<sub>r</sub></i>	
16	1424,71					
14						
12,5						
11,2		1369,42	54,06	96	4	
10		Incluindo	Incluindo	Incluindo	Incluindo	
8		<i>M<sub>tc</sub></i>	<i>M<sub>tr</sub></i>	<i>C<sub>tc</sub></i>	<i>C<sub>tr</sub></i>	
6,3		0	0	0	0	
5,6						
4	8,74					
Fundo						

Tabela 70 – Validação da retenção da massa (Brita Calcário nº 1)

$$100 \frac{M_1 - (M_c + M_r)}{M_1} = 0,086333359 \leq 1\%$$

O ensaio foi considerado válido sendo a validação da retenção das massas inferior a 1 % da massa do provete.

A percentagem de superfície esmagada ou partida para este agregado foi de 96 %, sendo a percentagem de superfície arredondada 4 %.

Devido a inexistência do peneiro de 11,2 mm, este não foi utilizado no ensaio para a determinação do índice de forma, e para uma melhor separação das frações foi acrescentado os peneiros de 10 e 6,3 mm.

Foi registado como M1 a massa do provete, exceto as partículas passadas no peneiro de 4 mm, a partir deste procedeu-se a separação manual das partículas partidas ou esmagadas, das partículas arredondadas.

A amostra não foi reduzida para se poder obter resultados mais exatos.

# Anexo D – Fichas técnicas dos materiais

## DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO



### Nº 4/RM

1. Código de identificação único do produto-tipo: **4A/RM**
2. Número do tipo, do lote ou da série, ou quaisquer outros elementos que permitam a identificação do produto de construção, nos termos do n.º 4 do artigo 11.º :

**Brita de Basalto nº1,5 RM (10/16) mm**

3. Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:

**“Misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação”**

**(de acordo com o Quadro ZA.1a da NP EN 13043:2004/AC 2010)**

4. Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço de contacto do fabricante, nos termos do n.º 5 do artigo 11.º :

**Lena Agregados SA  
Quinta da sardinha  
Apartado 1014 Santa Catarina da Serra  
2496-907 Santa Catarina da Serra  
Portugal**

5. Se aplicável, nome e endereço de contacto do mandatário cujo mandato abrange os actos especificados no n.º 2 do artigo 12.º : **NA**

6. Sistema ou sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho do produto de construção tal como previsto no anexo V:

**Sistema 2+**

7. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção abrangido por uma norma harmonizada:

**BUREAU VERITAS (1592)  
Pólo Tecnológico de Lisboa, LT21  
LISBOA 1600-485**

realizou auditoria no âmbito do sistema de controlo de produção com base na NP EN 13043:2004/AC 2010, a um produto de construção do sistema 2+ e emitiu o certificado nº 1592-CPD-0609

8. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção para o qual tenha sido emitida uma Avaliação Técnica Europeia: **NA**

### 9. Desempenho declarado

Notas ao quadro:

1. A coluna 1 deve conter a lista das características essenciais tal como determinadas nas especificações técnicas harmonizadas para a utilização ou utilizações previstas indicadas no ponto 3.
2. Para cada característica essencial constante da coluna 1 e de acordo com os requisitos do artigo 6.º, a coluna 2 deve indicar o desempenho declarado, expresso por nível ou classe, ou por meio de uma descrição correspondente às características essenciais respectivas. As letras NPD (Desempenho Não Determinado) são indicadas se não for declarado nenhum desempenho.
3. Para cada característica essencial constante da coluna 1, a coluna 3 deve conter:

1/2

F542.00

## DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO



a) A referência datada da norma harmonizada correspondente e, se pertinente, o número de referência da documentação técnica específica ou adequada utilizada;

ou

b) A referência datada do documento de avaliação europeia correspondente, se disponível, e o número de referência da Avaliação Técnica Europeia utilizada.

Características essenciais (ver nota 1)	Desempenho (ver nota 2)	Especificações técnicas harmonizadas (ver nota 3)
Dimensão (d/D)	10/16 mm	NP EN 13043:2004/AC 2010
Granulometria	G <sub>c</sub> 90/10	
Teor de Finos	f <sub>1</sub>	
Massa Volúmica	2,95 Mg/m <sup>3</sup>	
Índice de Achatamento	FI <sub>15</sub>	
Índice de Forma	SI <sub>15</sub>	
Coefficiente de Los Angeles	LA <sub>25</sub>	
Coefficiente de micro-Deval	M <sub>DE</sub> 20	
Coefficiente de Polimento Acelerado	PSV <sub>50</sub>	

Quando, nos termos do artigo 37.º ou do artigo 38.º, tenha sido utilizada documentação técnica específica, os requisitos a que o produto obedece: **NA**

10. O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é conforme com o desempenho declarado no ponto 9.

A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4.

Assinado por e em nome do fabricante por:  
José Manuel Reis – Administração

Quinta da Sardinha, 29 de Maio de 2014

(local e data de emissão)

(assinatura)

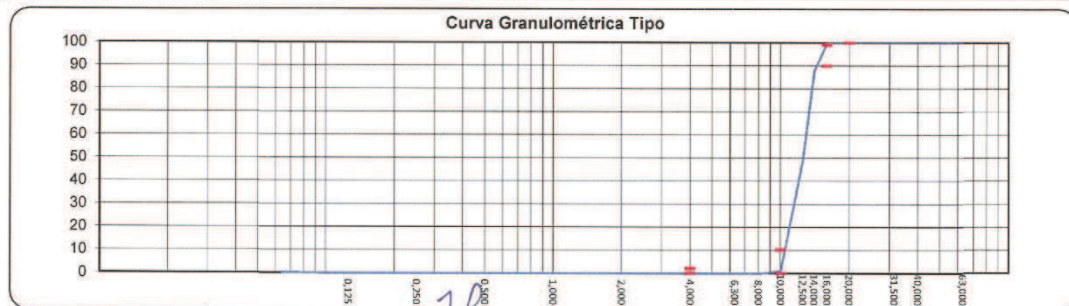
## Ficha Técnica de Produto

**Produto:** Brita Basalto N°1,5 RM (10/16 mm) **Centro de Produção:** Rio Maior

**Norma de Produto:** NP EN 13043:2004/AC:2010 - Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação.

Peneiro (mm)	Valores Típicos (%)	Limites Mínimos (%)	Limites Máximos (%)	Características	NP EN 13043
63,000	100			Dimensão (d/D)	10/16 mm
				Granulometria	Gc90/10
40,000	100			Tolerância da Granulometria Típica	-
31,500	100			Teor de Finos	f <sub>1</sub>
				Qualidade dos Finos	NA
20,000	100	100	100	Índice de Achatamento	FI <sub>15</sub>
				Índice de Forma	SI <sub>15</sub>
16,000	100	90	99	Coefficiente de Los Angeles	LA <sub>25</sub>
				Coefficiente de micro-Deval	M <sub>DE20</sub>
14,000	88			Coefficiente de Polimento Acelerado	PSV <sub>50</sub>
				<b>Massa Volúmica</b>	
12,500	49			material impermeável	2,99 Mg/m <sup>3</sup>
				partículas secas em estufa	2,95 Mg/m <sup>3</sup>
10,000	1	0	10	partículas saturadas	2,96 Mg/m <sup>3</sup>
				Absorção de Água	0,5 %
8,000	0			Baridade	1,49 Mg/m <sup>3</sup>
				Porcentagem de Vazios	49 %
6,300	0			Teor de Cloretos	NA
				Teor de Sulfuretos	NA
4,000	0	0	2	Reacção álcalis-silica	NA
				Sulfatos solúveis em ácido	NA
2,000	0			Teor de Enxofre	NA
				Teor de Húmus	NA
1,000	0			Teor de Ácido Fúlvico	NA
				Contaminantes Leves	NA
0,500	0			Contaminantes orgânicos pelo método da argamassa	
				Aumento do tempo de presa	NA
0,250	0			Diminuição da resistência à compressão aos 28 dias	NA
0,125	0			Retração por secagem	NA
0,063	0,3				

**Observações:**  
NA - Não aplicável



Elaborou: (ORIGINAL ASSINADO) Aprovou: (ORIGINAL ASSINADO) Emitido: 01-04-2014

**Nº 3/FA**

1. Código de identificação único do produto-tipo: **3A/FA**
2. Número do tipo, do lote ou da série, ou quaisquer outros elementos que permitam a identificação do produto de construção, nos termos do n.º 4 do artigo 11.º :  
**Brita de Calcário nº1 FA (6,3/12,5) mm**
3. Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:  
**"Betão para edifícios, estradas e outros trabalhos de engenharia civil"**  
**(de acordo com o Quadro ZA.1a da NP EN 12620:2002+A1:2010)**  
e  
**"Misturas Betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação"**  
**(de acordo com o Quadro ZA.1a da NP EN 13043:2004/AC:2010)**
4. Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço de contacto do fabricante, nos termos do n.º 5 do artigo 11.º :  
**Lena Agregados SA**  
**Quinta da sardinha**  
**Apartado 1014 Santa Catarina da Serra**  
**2496-907 Santa Catarina da Serra**  
**Portugal**
5. Se aplicável, nome e endereço de contacto do mandatário cujo mandato abrange os actos especificados no n.º 2 do artigo 12.º : **NA**
6. Sistema ou sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho do produto de construção tal como previsto no anexo V:  
**Sistema 2+**
7. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção abrangido por uma norma harmonizada:  
**BUREAU VERITAS (1592)**  
**Pólo Tecnológico de Lisboa, LT21**  
**LISBOA 1600-485**  
realizou auditoria no âmbito do sistema de controlo de produção com base na **NP EN 12620:2002+A1:2010** e **NP EN 13043:2004/AC:2010**, a um produto de construção do sistema **2+** e emitiu o certificado nº **1592-CPD-0509**
8. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção para o qual tenha sido emitida uma Avaliação Técnica Europeia: **NA**
9. Desempenho declarado  
Notas ao quadro:
  1. A coluna 1 deve conter a lista das características essenciais tal como determinadas nas especificações técnicas harmonizadas para a utilização ou utilizações previstas indicadas no ponto 3.
  2. Para cada característica essencial constante da coluna 1 e de acordo com os requisitos do artigo 6.º, a coluna 2 deve indicar o desempenho declarado, expresso por nível ou classe, ou por meio de uma descrição correspondente



## DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO



às características essenciais respectivas. As letras NPD (Desempenho Não Determinado) são indicadas se não for declarado nenhum desempenho.

3. Para cada característica essencial constante da coluna 1, a coluna 3 deve conter:

a) A referência datada da norma harmonizada correspondente e, se pertinente, o número de referência da documentação técnica específica ou adequada utilizada;

ou

b) A referência datada do documento de avaliação europeia correspondente, se disponível, e o número de referência da Avaliação Técnica Europeia utilizada.

Características essenciais (ver nota 1)	Desempenho (ver nota 2)	Especificações técnicas harmonizadas (ver nota 3)
Dimensão do agregado (d/D)	6,3/12,5 mm	NP EN 13043:2004/AC:2010
Granulometria	G <sub>c</sub> 85/20	
Tolerância da granulometria típica	G <sub>20/15</sub>	
Teor de finos	f <sub>2</sub>	
Massa Volúmica	2,68 Mg/m <sup>3</sup>	
Índice de Achatamento	Fl <sub>20</sub>	
Índice de Forma	SI <sub>15</sub>	
Coefficiente de Los Angeles	LA <sub>25</sub>	
Coefficiente de Micro-Deval	M <sub>DE</sub> 15	
Dimensão do agregado (d/D)	6,3/12,5 mm	
Granulometria	G <sub>c</sub> 85/20	
Teor de finos	f <sub>1,5</sub>	
Massa Volúmica	2,68 Mg/m <sup>3</sup>	
Índice de Achatamento	Fl <sub>20</sub>	
Índice de Forma	SI <sub>15</sub>	
Coefficiente de Los Angeles	LA <sub>25</sub>	
Coefficiente de Micro-Deval	M <sub>DE</sub> 15	
Baridade	1,39 Mg/m <sup>3</sup>	
Absorção de água	0,5%	
Teor de cloretos	≤0,01%	
Teor de sulfuretos	≤0,01%	
Reacção álcalis-silica	Não reactivo	
Sulfatos solúveis em ácido	AS <sub>0,2</sub>	
Teor de Enxofre	<1%	

Quando, nos termos do artigo 37.º ou do artigo 38.º, tenha sido utilizada documentação técnica específica, os requisitos a que o produto obedece: **NA**

10. O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é conforme com o desempenho declarado no ponto 9.

A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4.

Assinado por e em nome do fabricante por:

José Manuel Reis – Administração

Quinta da Sardinha, 01 de Abril de 2014

2/2

F542.00

**Nº 24/FA**

1. Código de identificação único do produto-tipo: **24A/FA**
2. Número do tipo, do lote ou da série, ou quaisquer outros elementos que permitam a identificação do produto de construção, nos termos do n.º 4 do artigo 11.º :

**Brita de Calcário nº1,5 FA (8/20) mm**

3. Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:

**“Betão para edifícios, estradas e outros trabalhos de engenharia civil”  
(de acordo com o Quadro ZA.1a da NP EN 12620:2002+A1:2010)**

e

**“Misturas Betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação”**

**(de acordo com o Quadro ZA.1a da NP EN 13043:2004/AC:2010)**

4. Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço de contacto do fabricante, nos termos do n.º 5 do artigo 11.º :

**Lena Agregados SA  
Quinta da sardinha  
Apartado 1014 Santa Catarina da Serra  
2496-907 Santa Catarina da Serra  
Portugal**

5. Se aplicável, nome e endereço de contacto do mandatário cujo mandato abrange os actos especificados no n.º 2 do artigo 12.º : **NA**

6. Sistema ou sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho do produto de construção tal como previsto no anexo V:

**Sistema 2+**

7. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção abrangido por uma norma harmonizada:

**BUREAU VERITAS (1592)  
Pólo Tecnológico de Lisboa, LT21  
LISBOA 1600-485**

realizou auditoria no âmbito do sistema de controlo de produção com base na NP EN 12620:2002+A1:2010 e NP EN 13043:2004/AC:2010, a um produto de construção do sistema 2+ e emitiu o certificado nº 1592-CPD-0509.

8. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção para o qual tenha sido emitida uma Avaliação Técnica Europeia: **NA**

**9. Desempenho declarado**

Notas ao quadro:

1. A coluna 1 deve conter a lista das características essenciais tal como determinadas nas especificações técnicas harmonizadas para a utilização ou utilizações previstas indicadas no ponto 3.
2. Para cada característica essencial constante da coluna 1 e de acordo com os requisitos do artigo 6.º, a coluna 2 deve indicar o desempenho declarado, expresso por nível ou classe, ou por meio de uma descrição correspondente

1/2

F542.00

## DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO



às características essenciais respectivas. As letras NPD (Desempenho Não Determinado) são indicadas se não for declarado nenhum desempenho.

3. Para cada característica essencial constante da coluna 1, a coluna 3 deve conter:

a) A referência datada da norma harmonizada correspondente e, se pertinente, o número de referência da documentação técnica específica ou adequada utilizada;

ou

b) A referência datada do documento de avaliação europeia correspondente, se disponível, e o número de referência da Avaliação Técnica Europeia utilizada.

Características essenciais (ver nota 1)	Desempenho (ver nota 2)	Especificações técnicas harmonizadas (ver nota 3)
Dimensão do agregado (d/D)	8/20 mm	NP EN 13043:2004/AC:2010
Granulometria	G <sub>90</sub> /15	
Tolerância da granulometria típica	G <sub>25</sub> /15	
Teor de finos	f <sub>1</sub>	
Massa Volúmica	2,66 Mg/m <sup>3</sup>	
Índice de Achatamento	F <sub>15</sub>	
Índice de Forma	S <sub>15</sub>	
Coefficiente de Los Angeles	LA <sub>25</sub>	
Coefficiente de Micro-Deval	M <sub>D</sub> E 15	
Dimensão do agregado (d/D)	8/20 mm	NP EN 12620:2002+A1:2010
Granulometria	G <sub>90</sub> /15	
Tolerância da granulometria típica	G <sub>7</sub> 15	
Teor de finos	f <sub>1,5</sub>	
Massa Volúmica	2,66 Mg/m <sup>3</sup>	
Índice de Achatamento	F <sub>15</sub>	
Índice de Forma	S <sub>15</sub>	
Coefficiente de Los Angeles	LA <sub>25</sub>	
Coefficiente de Micro-Deval	M <sub>D</sub> E 15	
Baridade	1,35 Mg/m <sup>3</sup>	
Absorção de água	0,8%	
Teor de cloretos	≤0,01%	
Teor de sulfuretos	≤0,01%	
Reacção álcalis-silica	Não reactivo	
Sulfatos solúveis em ácido	AS <sub>0,2</sub>	
Teor de Enxofre	<1%	

Quando, nos termos do artigo 37.º ou do artigo 38.º, tenha sido utilizada documentação técnica específica, os requisitos a que o produto obedece: **NA**

10. O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é conforme com o desempenho declarado no ponto 9.

A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4.

Assinado por e em nome do fabricante por:

José Manuel Reis – Administração

Quinta da Sardinha, 05 de Maio de 2015

2/2

F542.00

## Ficha Técnica de Produto

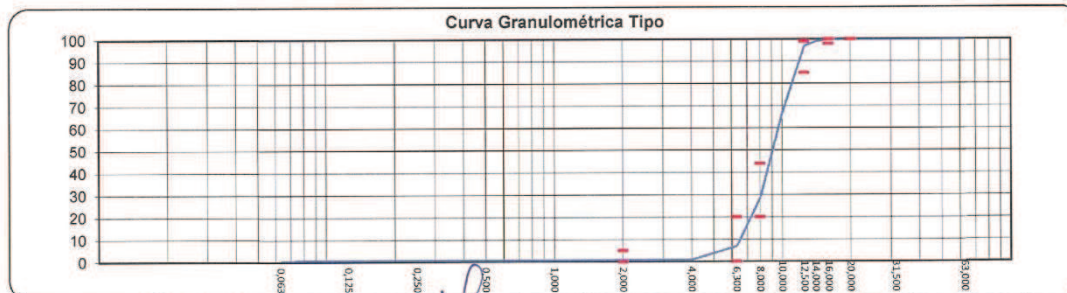
**Produto:** Brita Calcário N°1 FA (6,3/12,5 mm) **Centro de Produção:** Portela

**Norma de Produto:** NP EN 12620:2002+A1:2010 - Agregados para betão; NP EN 13043:2004/AC:2010 - Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação

Peneiro (mm)	Valores Típicos (%)	Limites Mínimos (%)	Limites Máximos (%)
63,000	100		
31,500	100		
20,000	100	100	100
16,000	100	98	100
14,000	99		
12,500	97	85	99
10,000	67		
8,000	29	20	44
6,300	7	0	20
4,000	1		
2,000	1	0	5
1,000	1		
0,500	1		
0,250	1		
0,125	1		
0,063	0,7		

Características	NP EN 13043	NP EN 12620
Dimensão (d/D)	6,3/12,5 mm	
Granulometria	Gc85/20	
Tolerância da Granulometria Típica	$G_{20/15}$	-
Teor de Finos	$f_2$	$f_{1,5}$
Qualidade dos Finos	NA	
Índice de Achatamento	$FI_{20}$	
Índice de Forma	$SI_{15}$	
Coefficiente de Los Angeles	$LA_{25}$	
Coefficiente de micro-Deval	$M_{DE15}$	
Coefficiente de Polimento Acelerado	NA	
Massa Volúmica		
material impermeável	2,71 Mg/m <sup>3</sup>	
partículas secas em estufa	2,68 Mg/m <sup>3</sup>	
partículas saturadas	2,69 Mg/m <sup>3</sup>	
Absorção de Água	0,5 %	
Baridade	1,39 Mg/m <sup>3</sup>	
Porcentagem de Vazios	48 %	
Teor de Cloretos	≤ 0,01%	
Teor de Sulfuretos	≤ 0,01%	
Reacção álcalis-silica	Não Reactivo	
Sulfatos solúveis em ácido	$AS_{0,2}$	
Teor de Enxofre	< 1%	
Teor de Húmus	NA	
Teor de Ácido Fúlvico	NA	
Contaminantes Leves	NA	
Contaminantes orgânicos pelo método da argamassa		
Aumento do tempo de presa	NA	
Diminuição da resistência à compressão aos 28 dias	NA	
Retracção por secagem	NA	

**Observações:**  
NA - Não aplicável



Elaborou: (ORIGINAL ASSINADO) Aprovou: (ORIGINAL ASSINADO) Emitido: 01-04-2014

## Ficha Técnica de Produto

**Produto:** Brita Calcário N°1,5 FA (8/20 mm)

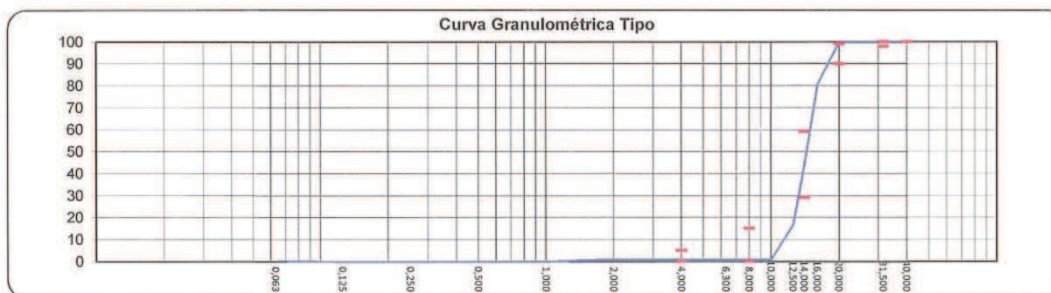
**Centro de Produção:** Portela

**Norma de Produto:** NP EN 12620:2002+A1:2010 - Agregados para betão; NP EN 13043:2004/AC:2010 - Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação

Peneiro (mm)	Valores Típicos (%)	Limites Mínimos (%)	Limites Máximos (%)
40,000	100	100	100
31,500	100	98	100
20,000	100	90	99
16,000	81		
14,000	44	29	59
12,500	17		
10,000	1		
8,000	1	0	15
6,300	1		
4,000	1	0	5
2,000	1		
1,000	0		
0,500	0		
0,250	0		
0,125	0		
0,063	0,4		

Características	NP EN 13043	NP EN 12620
Dimensão (d/D)	8/20 mm	
Granulometria	Gc90/15	
Tolerância da Granulometria Típica	$G_{25/15}$	$G_{T15}$
Teor de Finos	$f_1$	$f_{1,5}$
Qualidade dos Finos	NA	
Índice de Achatamento	FI <sub>15</sub>	
Índice de Forma	SI <sub>15</sub>	
Coefficiente de Los Angeles	LA <sub>25</sub>	
Coefficiente de micro-Deval	M <sub>DE</sub> 15	
Coefficiente de Polimento Acelerado	NA	
Massa Volúmica		
material impermeável	2,72 Mg/m <sup>3</sup>	
partículas secas em estufa	2,66 Mg/m <sup>3</sup>	
partículas saturadas	2,68 Mg/m <sup>3</sup>	
Absorção de Água	0,8 %	
Baridade	1,35 Mg/m <sup>3</sup>	
Percentagem de Vazios	49 %	
Teor de Cloretos	≤ 0,01%	
Teor de Sulfuretos	≤ 0,01%	
Reacção álcalis-silica	Não Reactivo	
Sulfatos solúveis em ácido	AS <sub>0,2</sub>	
Teor de Enxofre	< 1%	
Teor de Húmus	NA	
Teor de Ácido Fúlvico	NA	
Contaminantes Leves	NA	
Contaminantes orgânicos pelo método da argamassa		
Aumento do tempo de presa	NA	
Diminuição da resistência à compressão aos 28 dias	NA	
Retracção por secagem	NA	

**Observações:**  
NA - Não aplicável



Elaborou: (ORIGINAL ASSINADO)    Aprovou: (ORIGINAL ASSINADO)    Emitido: 06-03-2015

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA**  
**(ENSAIO SEGUNDO NORMA EN 933-1)**

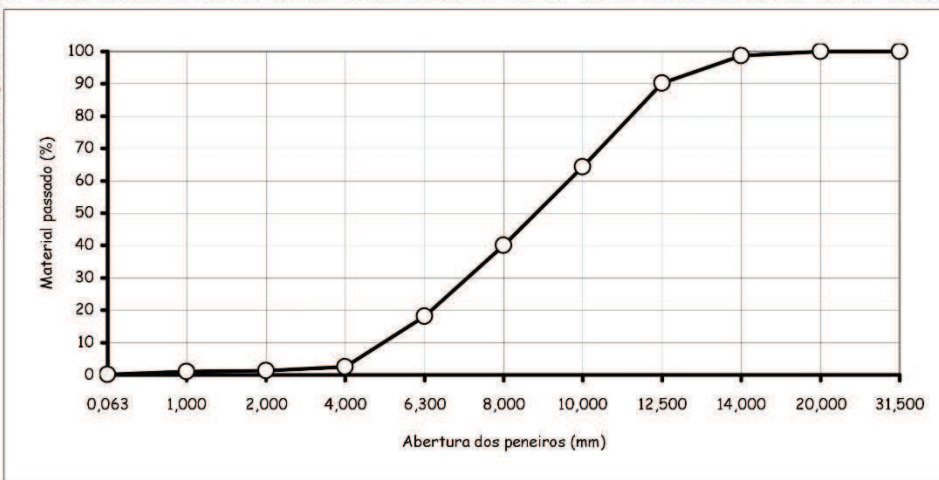
Abertura do peneiro (mm)	Massa retida (g)	Massa retida (%)	Mat. Passado (% cumulativa)
31,5	0,0	0,0	100
20,0	0,0	0,0	100
14,0	27,3	1,3	99
12,5	187,0	8,6	90
10,0	564,2	25,8	64
8,0	530,4	24,3	40
6,3	477,8	21,9	18
4,0	341,3	15,6	3
2,0	28,1	1,3	1
1,0	6,0	0,3	1
0,063	4,6	0,2	0,2
<0,063	4,1		

Procedimento de ensaio: **Lavagem e peneiração**

Percentagem de finos que passam  
ao peneiro de 63 microns (%):

**0,2**

De acordo com os registos constantes na FR 7.1.1 correspondente.



## Ficha Técnica de Produto

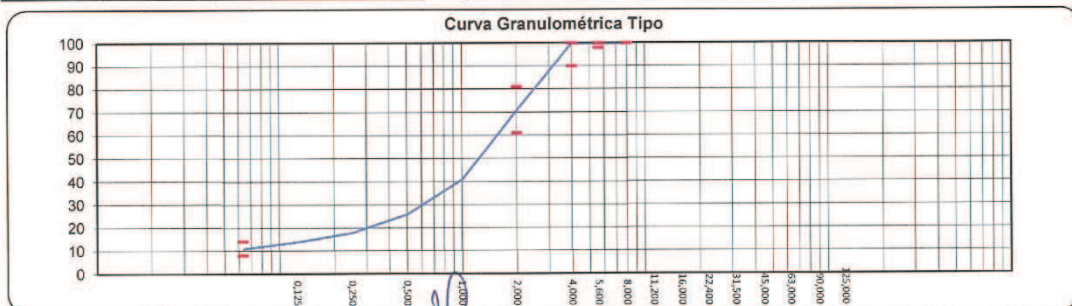
**Produto:** Pó Calcário FA (0/4 mm)

**Centro de Produção:** Portela

**Norma de Produto:** NP EN 13043:2004/AC:2010 - Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação

Peneiro (mm)	Valores Típicos (%)	Limites Mínimos (%)	Limites Máximos (%)	Características	NP EN 13043
125,000				Dimensão (d/D)	0/4 mm
90,000				Granulometria	G <sub>A</sub> 90
63,000				Tolerância da Granulometria Típica	GT <sub>C</sub> 10
45,000				Teor de Finos	f <sub>16</sub>
31,500				Qualidade dos Finos	MB <sub>F</sub> -10
22,400				Índice de Achatamento	NA
16,000				Índice de Forma	NA
11,200				Coefficiente de Los Angeles	NA
8,000	100	100	100	Coefficiente de micro-Deval	NA
5,600	100	98	100	Coefficiente de Polimento Acelerado	NA
4,000	100	90	100	Massa Volúmica	
2,000	71	61	81	material impermeável	2,71 Mg/m <sup>3</sup>
1,000	41			partículas secas em estufa	2,67 Mg/m <sup>3</sup>
0,500	26			partículas saturadas	2,68 Mg/m <sup>3</sup>
0,250	18			Absorção de Água	0,5 %
0,125	14			Baridade	1,61 Mg/m <sup>3</sup>
0,063	11,1	8,1	14,1	Percentagem de Vazios	40 %
				Teor de Cloretos	NA
				Teor de Sulfuretos	NA
				Reacção álcalis-silica	NA
				Sulfatos solúveis em ácido	NA
				Teor de Enxofre	NA
				Teor de Húmus	NA
				Teor de Ácido Fúlvico	NA
				Contaminantes Leves	NA
				Contaminantes orgânicos pelo método da argamassa	
				Aumento do tempo de presa	NA
				Diminuição da resistência à compressão aos 28 dias	NA
				Retracção por secagem	NA

**Observações:**  
NA - Não aplicável



Elaborou: (ORIGINAL ASSINADO) Aprovou: (ORIGINAL ASSINADO) Emitido: 01-04-2014

**Nº 1/FA**

1. Código de identificação único do produto-tipo: **1A/FA**
2. Número do tipo, do lote ou da série, ou quaisquer outros elementos que permitam a identificação do produto de construção, nos termos do n.º 4 do artigo 11.º :  
**Pó de Calcário FA (0/4) mm**

3. Utilização ou utilizações previstas do produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:  
**“Misturas Betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação”**

**(de acordo com o Quadro ZA.1a da NP EN 13043:2004/AC:2010)**

4. Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço de contacto do fabricante, nos termos do n.º 5 do artigo 11.º :

**Lena Agregados SA  
Quinta da sardinha  
Apartado 1014 Santa Catarina da Serra  
2496-907 Santa Catarina da Serra  
Portugal**

5. Se aplicável, nome e endereço de contacto do mandatário cujo mandato abrange os actos especificados no n.º 2 do artigo 12.º : **NA**

6. Sistema ou sistemas de avaliação e verificação da regularidade do desempenho do produto de construção tal como previsto no anexo V:

**Sistema 2+**

7. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção abrangido por uma norma harmonizada:

**BUREAU VERITAS (1592)  
Pólo Tecnológico de Lisboa, LT21  
LISBOA 1600-485**

realizou auditoria no âmbito do sistema de controlo de produção com base na NP EN 13043:2004/AC:2010, a um produto de construção do sistema 2+ e emitiu o certificado nº 1592-CPD-0509

8. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção para o qual tenha sido emitida uma Avaliação Técnica Europeia: **NA**

**9. Desempenho declarado**

Notas ao quadro:

1. A coluna 1 deve conter a lista das características essenciais tal como determinadas nas especificações técnicas harmonizadas para a utilização ou utilizações previstas indicadas no ponto 3.
2. Para cada característica essencial constante da coluna 1 e de acordo com os requisitos do artigo 6.º, a coluna 2 deve indicar o desempenho declarado, expresso por nível ou classe, ou por meio de uma descrição correspondente



## DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO



às características essenciais respectivas. As letras NPD (Desempenho Não Determinado) são indicadas se não for declarado nenhum desempenho.

3. Para cada característica essencial constante da coluna 1, a coluna 3 deve conter:

a) A referência datada da norma harmonizada correspondente e, se pertinente, o número de referência da documentação técnica específica ou adequada utilizada;

ou

b) A referência datada do documento de avaliação europeia correspondente, se disponível, e o número de referência da Avaliação Técnica Europeia utilizada.

Características essenciais (ver nota 1)	Desempenho (ver nota 2)	Especificações técnicas harmonizadas (ver nota 3)
Dimensão do agregado (d/D)	0/4 mm	NP EN 13043:2004/AC:2010
Granulometria	G <sub>A</sub> 90	
Tolerância da granulometria típica	G <sub>T</sub> C10	
Teor de Finos	f <sub>16</sub>	
Qualidade dos finos	MB <sub>F</sub> 10	
Massa Volúmica	2,67 Mg/m <sup>3</sup>	

Quando, nos termos do artigo 37.º ou do artigo 38.º, tenha sido utilizada documentação técnica específica, os requisitos a que o produto obedece: **NA**

10. O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é conforme com o desempenho declarado no ponto 9.

A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4.

Assinado por e em nome do fabricante por:

José Manuel Reis – Administração

Quinta da Sardinha, 01 de Abril de 2014

(local e data de emissão)

(assinatura)



# Certificado

## CERTIFICADO DE CONFORMIDADE DO CONTROLO DA PRODUÇÃO EM FÁBRICA

CERTIFICATE OF CONFORMITY OF THE FACTORY PRODUCTION CONTROL

1328 – CPR – 0008

De acordo com o Regulamento (UE) nº 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de Março de 2011 (o Regulamento dos Produtos da Construção ou RPC), este certificado aplica-se ao produto da construção

In compliance with Regulation (EU) no. 305/2011 of the European Parliament and of the Council of 9 March 2011 (the Construction Products Regulation or CPR), this certificate applies to the construction product

### AGREGADOS AGGREGATES

de acordo com a utilização prevista e características descritas em anexo  
according to the intended use and characteristics in the annex

fabricado por / produced by

**SORGILA – Sociedade de Argilas, S.A.**

Rua Principal, n.º 1420, 2400-852 Bidoeira de Cima, Portuga

e fabricado na unidade fabril / and produced in the manufacturing plant

**SORGILA – Sociedade de Argilas, S.A.**

Unidade de Monte Redondo  
Cabeça da Vegia  
2425-609 Monte Redondo,  
Portugal

Unidade de Crasto  
Portela do Outeiro – Crasto  
2410-797 Colmelas,  
Portugal

Unidade de Malorga  
Agullhão – Malorga  
2460 Alcobaça,  
Portugal

Unidade Socasca  
Almas da Areosa,  
3750-043 Aguada de Cima,  
Portugal

Este certificado atesta que todas as disposições relativas à avaliação e verificação da regularidade do desempenho descritos no Anexo ZA da(s) norma(s)

This certificate attests that all provisions concerning the assessment and verification of constancy of performance described in Annex ZA of the standard(s)

EN 12620:2002+A1:2008, EN 13043:2002, EN 13043:2002/AC:2004

EN 13139:2002; EN 13139:2002/AC:2004 e EN 13242:2002+A1:2007

de acordo com o sistema 2+ são aplicados e que o controlo da produção em fábrica cumpre todos os requisitos estabelecidos acima indicados.

under system 2+ are applied and that the factory production control fulfils all the prescribed requirements set out above.

Este certificado foi emitido pela primeira vez em 2004-05-31 como 1328-CPD-0008 e manter-se-á válido desde que não mudem os métodos de ensaio e/ou os requisitos de controlo da produção em fábrica incluídos na norma harmonizada, usados para avaliar o desempenho das características declaradas, e que o produto e as condições de fabrico na fábrica não se alterem significativamente.

This certificate was first issued on 2004-05-31 as 1328-CPD-0008 and will remain valid as long as the test methods and/or factory production control requirements included in the harmonized standard, used to assess the performance of the declared characteristics, do not change, and the product, and the manufacturing conditions in the plant are not modified significantly.

Almada, 17 de julho de 2015  
Almada, 17<sup>th</sup> July 2015

Francisco Barroca  
Diretor Geral / General Manager

Este Certificado é constituído por um Anexo com 3 (três) páginas  
This Certificate includes one Annex with 3 (three) pages



IM.71, Ed. 7 / Abr.2013

**ANEXO AO CERTIFICADO DE CONFORMIDADE DO CONTROLO DA  
PRODUÇÃO EM FÁBRICA**  
**ANNEX TO THE CERTIFICATE OF CONFORMITY OF THE FACTORY PRODUCTION CONTROL**

**1328 – CPR – 0008**

<b>Local de produção</b> <i>Production place</i>	Unidade de Monte Redondo Cabeço da Vegia – Monte Redondo, 2425-609 Monte Redondo, Portugal				
<b>Tipo de agregado</b> <i>Aggregate type</i>	Areia quartzosa / Quartz sand				
<b>Origem de extração</b> <i>Extraction source</i>	Pedreira / Quarry				
<b>Referência comercial</b> <i>Type References</i>	<b>Dimensão do agregado (d/D)</b> <i>Aggregate dimension (d/D)</i>	<b>EN 12620</b>	<b>EN 13043</b>	<b>EN 13139</b>	<b>EN 13242</b>
Areia Fina	0/2	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>	0/2	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>

<b>Local de produção</b> <i>Production place</i>	Unidade de Crasto Portela do Outeiro – Crasto, 2410-797 Colmeias, Portugal				
<b>Tipo de agregado</b> <i>Aggregate type</i>	Areia quartzosa e Brita quartzítica / Quartz sand and Quartz gravel				
<b>Origem de extração</b> <i>Extraction source</i>	Pedreira / Quarry				
<b>Referência comercial</b> <i>Type References</i>	<b>Dimensão do agregado (d/D)</b> <i>Aggregate dimension (d/D)</i>	<b>EN 12620</b>	<b>EN 13043</b>	<b>EN 13139</b>	<b>EN 13242</b>
Areia Média	0/4	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>	AGE <i>All-in</i>	0/4	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>
Areia Grossa	0/8	Agregado natural 0/8 <i>Natural graded 0/8</i>	AGE <i>All-in</i>	0/8	AGE <i>All-in</i>
Brita 1	4/14	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	-	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>
Brita 2	12/32	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	-	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>
Brita 3	11/22	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	-	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>
<small>AGE – Agregado de granulometria extensa / All-in aggregate</small>					

Almada, 17 de julho de 2015  
Almada, 17<sup>th</sup> July 2015



Francisco Barroca  
Diretor Geral / General Manager



Página/Page 1 de/of 3

## ANEXO AO CERTIFICADO DE CONFORMIDADE DO CONTROLO DA PRODUÇÃO EM FÁBRICA

ANNEX TO THE CERTIFICATE OF CONFORMITY OF THE FACTORY PRODUCTION CONTROL

1328 – CPR – 0008

<b>Local de produção</b> <i>Production place</i>	Unidade de Maiorga Aguilhão – Maiorga, 2460 Alcoaça, Portugal				
<b>Tipo de agregado</b> <i>Aggregate type</i>	Areia Quartzosa / Quartz sand				
<b>Origem de extração</b> <i>Extraction source</i>	Pedreira / Quarry				
<b>Referência comercial</b> <i>Type References</i>	<b>Dimensão do agregado (d/D)</b> <i>Aggregate dimension (d/D)</i>	<b>EN 12620</b>	<b>EN 13043</b>	<b>EN 13139</b>	<b>EN 13242</b>
Areia Média	0/4	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>	AGE <i>All-in</i>	0/4	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>
Areia Grossa	0/8	Agregado natural 0/8 <i>Natural graded 0/8</i>	AGE <i>All-in</i>	0/8	AGE <i>All-in</i>
Brita 1	4/14	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	-	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>
Brita 2	12/32	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	-	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>
Brita 3	11/22	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>	-	Agregado grosso <i>Course aggregate</i>
AGE – Agregado de granulometria extensa / <i>All-in aggregate</i>					

<b>Local de produção</b> <i>Production place</i>	Unidade SÓCASCA Almas da Areosa, 3750-043 Aguada de Cima, Portugal				
<b>Tipo de agregado</b> <i>Aggregate type</i>	Areia quartzosa / Quartz sand				
<b>Origem de extração</b> <i>Extraction source</i>	Areeiro / Sand quarry				
<b>Referência comercial</b> <i>Type References</i>	<b>Dimensão do agregado (d/D)</b> <i>Aggregate dimension (d/D)</i>	<b>EN 12620</b>	<b>EN 13043</b>	<b>EN 13139</b>	<b>EN 13242</b>
Areia Fina Branca	0/2	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>	0/2	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>
Areia Fina Amarela	0/2	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>	0/2	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>

Almada, 17 de julho de 2015  
Almada, 17<sup>th</sup> July 2015



Francisco Barroca  
Diretor Geral / General Manager



Página/Page 2 de/of 3

**ANEXO AO CERTIFICADO DE CONFORMIDADE DO CONTROLO DA  
PRODUÇÃO EM FÁBRICA**

**ANNEX TO THE CERTIFICATE OF CONFORMITY OF THE FACTORY PRODUCTION CONTROL**

**1328 – CPR – 0008**

<b>Local de produção</b> <i>Production place</i>	Unidade SÓCASCA Almas da Areosa, 3750-043 Aguada de Cima, Portugal				
<b>Tipo de agregado</b> <i>Aggregate type</i>	Areia quartzosa / Quartz sand				
<b>Origem de extração</b> <i>Extraction source</i>	Areiro / Sand quarry				
<b>Referência comercial</b> <i>Type References</i>	<b>Dimensão do agregado (d/D)</b> <i>Aggregate dimension (d/D)</i>	<b>EN 12620</b>	<b>EN 13043</b>	<b>EN 13139</b>	<b>EN 13242</b>
Areia Média Branca	0/4	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>	AGE <i>All-in</i>	0/4	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>
Areia Média Amarela	0/4	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>	AGE <i>All-in</i>	0/4	Agregado fino <i>Fine aggregate</i>
<small>AGE – Agregado de granulometria extensa / All-in aggregate</small>					

<b>Utilização prevista</b> <i>Intended use</i>	
<b>EN 12620</b>	Betão para edifícios, estradas e outros trabalhos de engenharia civil <i>Concrete for use in buildings, roads and other civil engineering works</i>
<b>EN 13043</b>	Misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação <i>Bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other trafficked areas</i>
<b>EN 13139</b>	Argamassas para edifícios, estradas e outros trabalhos de engenharia civil <i>Mortars for use in buildings, roads and other civil engineering works</i>
<b>EN 13242</b>	Materiais tratados com ligantes hidráulicos e materiais não tratados para utilização em engenharia civil e construção de estradas <i>Hydraulically bound and unbound materials for use in civil engineering and road construction</i>

Almada, 17 de julho de 2015  
Almada, 17<sup>th</sup> July 2015



Francisco Barroca  
Diretor Geral / General Manager



## **BRITA 1<sub>(4/14)</sub> e BRITA 3<sub>(11/22)</sub>**

---

**Local de Produção:** Crasto

Portela do Outeiro - Crasto

2410-797 Colmeias

**Tipo de Agregados:** Britas Quartzíticas

**Origem da Extração:** Pedreira

**Dimensão dos Agregados (d/D):** 4/14 e 11/22

### **Ensaio Realizados no Laboratório da Sorgila**

(tratamento estatístico dos registos relativos ao ano de 2015)

Análise Granulométrica

Índice de Forma

Índice de Achatamento

### **Relatórios de Ensaio Realizados em Laboratórios Externos**

Determinação da Massa Volúmica e Absorção de Água

Ensaio de Los Angeles

Ensaio de Polimento Acelerado

Determinação da Resistência ao Desgaste (micro-Deval)

Determinação da Retracção por Secagem



Local de Produção: Crasto  
 Localização: Portela do Outeiro  
 2410-797 Colmeias

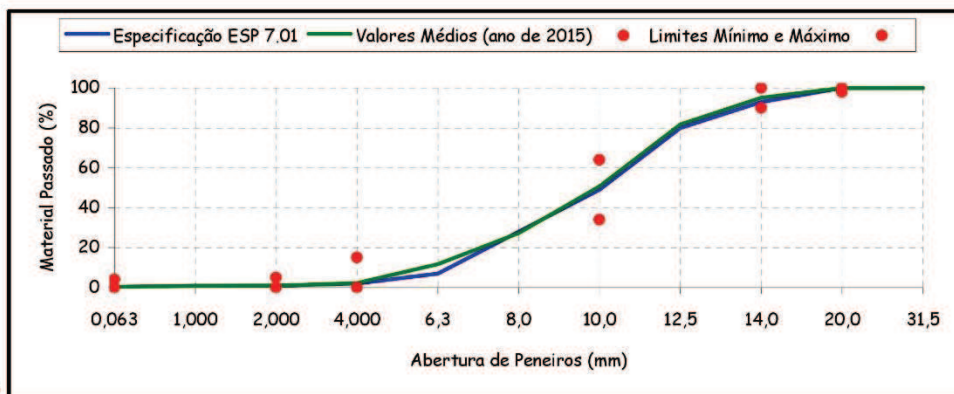
Tipo de Agregado: Brita Quartzítica  
 Origem de extração: Pedreira  
 Dimensão do agregado (d/D): 4/14

**Análise Granulométrica (Norma EN 933-1)**

Registos Laboratoriais (Ano de 2015)

Valores Declarados (Especificação ESP 7.01)

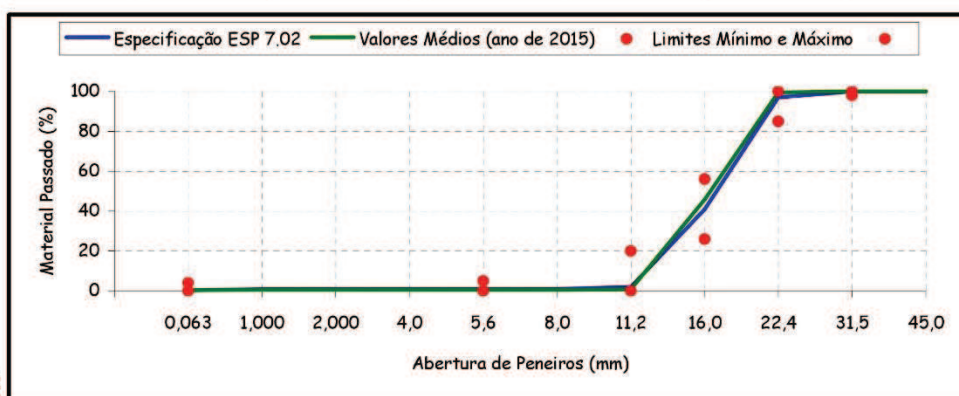
Abertura do peneiro (mm)	Material Passado (% cumulativa)		Abertura do peneiro (mm)	Material Passado (% cumulativa)		
	Média	Desvio Padrão		Limite Mínimo	Especificação	Limite Máximo
31,500	100	0	31,500	-	100	-
20,000	100	0	20,000	98	100	100
14,000	95	3	14,000	90	93	100
12,500	82	9	12,500	NA	77	NA
10,000	51	16	10,000	30	45	60
8,000	27	17	8,000	NA	23	NA
6,300	12	12	6,300	NA	7	NA
4,000	2	2	4,000	0	2	15
2,000	1	1	2,000	0	1	5
1,000	1	0	1,000	NA	1	NA
0,063	0,4	0,2	0,063	0,0	0,4	4,0
<b>% Finos</b>	0,4	0,2	Limite máximo declarado para conteúdo de finos: ≤ 4%			
Índice de Achatamento	8	1	Norma Categoria	NP 12620 <i>FI</i> <sub>15</sub> (≤15)	NP 13043 <i>FI</i> <sub>10</sub> (≤10)	NP 13242 <i>FI</i> <sub>20</sub> (≤20)
Índice de Forma	8	2	Norma Categoria	NP 12620 <i>SI</i> <sub>15</sub> (≤15)	NP 13043 <i>SI</i> <sub>15</sub> (≤15)	NP 13242 <i>SI</i> <sub>20</sub> (≤20)



<b>Local de Produção:</b> Crasto	<b>Tipo de Agregado:</b> Brita Quartzítica
<b>Localização:</b> Portela do Outeiro 2410-797 Colmeias	<b>Origem de extração:</b> Pedreira
	<b>Dimensão do agregado (d/D):</b> 11/22

**Análise Granulométrica (Norma EN 933-1)**

Registos Laboratoriais (Ano de 2015)			Valores Declarados (Especificação ESP 7.02)			
Abertura do peneiro (mm)	Material Passado (% cumulativa)		Abertura do peneiro (mm)	Material Passado (% cumulativa)		
	Média	Desvio Padrão		Limite Mínimo	Especificação	Limite Máximo
45,000	100	0	45,000	-	100	-
31,500	100	0	31,500	98	100	100
22,400	100	1	22,400	85	97	100
16,000	46	7	16,000	26	41	56
11,200	1	0	11,200	0	2	20
8,000	1	1	8,000	NA	1	NA
5,600	1	1	5,600	0	1	5
4,000	1	1	4,000	NA	1	NA
2,000	1	1	2,000	NA	1	NA
1,000	1	1	1,000	NA	1	NA
0,063	0	0	0,063	0,0	0,3	4,0
<b>% Finos</b>	0,3	0,1	<b>Limite máximo declarado para conteúdo de finos: ≤ 4%</b>			
<b>Índice de Achatamento</b>	4	1	Norma	NP 12620	NP 13043	NP 13242
			Categoria	FI <sub>15</sub> (≤15)	FI <sub>10</sub> (≤10)	FI <sub>20</sub> (≤20)
<b>Índice de Forma</b>	4	2	Norma	NP 12620	NP 13043	NP 13242
			Categoria	SI <sub>15</sub> (≤15)	SI <sub>15</sub> (≤15)	SI <sub>20</sub> (≤20)



# ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DAS EMPRESAS DE BETÃO PRONTO



Sede e Unidade Laboratorial de Lisboa:  
 Av.º Conselheiro Barjona de Freitas, 10 A - 1500-204 LISBOA  
 Tel.: 21 778 53 65, 21 774 19 25, 21 774 19 32 - Fax.: 21 778 58 39  
 Unidade Laboratorial do Porto:  
 Zona Industrial da Carriça, Lote 17 - 4745-312 MURO  
 Tel.: 22 986 74 00, 22 986 74 01, 22 986 74 02 - Fax.: 22 986 74 08



7-32015

## RELATÓRIO DE ENSAIO

Processo: L14/01397      Ensaio: 1225      Relatório: L14/007215      Data: 26-01-2015

**AGREGADOS: DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA REAL E DA ABSORÇÃO DE ÁGUA**

**SORGILA - SOCIEDADE DE ARGILAS, S.A.**

SR. GUILHERME ANDRADE  
 RUA DO BARRACÃO, Nº 1700

2401-902 LEIRIA

Marca: --

Designação:--

Requerente: SORGILA - SOCIEDADE DE ARGILAS, S.A.

Obra: Lavaria do Castro

Identificação: Brita 1

Pedido: V/Ref.º nº 151214C - N/P I148/14 JA

Data de Entrada: 17-12-2014

DIRECTOR DE SERVIÇOS LABORATORIAIS

TÉCNICO DE BETÃO

*João André*  
 João André



Data do ensaio: 8 de janeiro de 2015

Identificação da amostra	Frações granulométricas sujeitas a ensaio (mm)	Massa do provete seco		Método de ensaio	Massa volúmica (Mg/m³)			WA <sub>24</sub> (%)
		(kg)	(%)		$\rho_s$	$\rho_{10}$	$\rho_{sat}$	
Brita 1	4 - 31,5	2,6	100,0	Picnómetro	2,64	2,61	2,62	0,5
	--	--	--	--	--	--	--	--
	--	--	--	--	--	--	--	--

$\rho_s$  - massa volúmica do material impermeável das partículas.  
 $\rho_{10}$  - massa volúmica das partículas secas em estufa.  
 $\rho_{sat}$  - massa volúmica das partículas saturadas com superfície seca  
 WA<sub>24</sub> - absorção de água após a imersão durante 24 h.

### OBSERVAÇÕES:

Ensaio realizado de acordo com a norma EN 1097-6: 2013.  
 Redução da amostra de acordo com a EN 932-2.  
 Peneiração da amostra de acordo com a norma EN 933-1.  
 Amostra laboratorial entregue pelo cliente.  
 Resultado dos ensaios referem-se exclusivamente aos itens ensaiados.  
 Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra.

Página 1 de 1



CENTRO TECNOLÓGICO DA CERÂMICA E DO VIDRO

Rua Coronel Vasco Rindo, 3025-337 Coimbra, PORTUGAL  
T: +351 239 468 200 | F: +351 239 468 201 | E: centro@ctcv.pt | www.ctcv.pt  
cert. n.º 201 432 174



CTCV - Medição e Ensaio

RELATÓRIO DE ENSAIO Nº 15.1861/2015

Laboratório de Ensaios de Produtos

Ref. amostra 2015.27.1513/AGR

Cliente	Sorolla - Sociedade de Argilas, Sa	Projecto nº	315.31705
Endereço	2400-852 Leiria		
Material	Argilado	Data ensaio	07-07-2015
Ref.º cliente	Brite (Unidade do Castelo)	Data entrada	02-07-2015

Os resultados apresentados neste relatório, quando se aplicarem os procedimentos de ensaio, são válidos para a amostra analisada e não representam uma garantia de qualidade. A responsabilidade pela interpretação dos resultados cabe ao cliente. O presente relatório é propriedade do CTCV e não pode ser utilizado sem a autorização expressa do CTCV.

### DETERMINAÇÃO DA RESISTÊNCIA À FRAGMENTAÇÃO PELO MÉTODO DE LOS ANGELES (segundo EN 1097-2:2010)

Coefficiente de Los Angeles (LA)	21
Composição granulométrica do provete	2000g - retido a 10 mm 3000g - retido a 11,2 mm

Amostragem: Sob responsabilidade do cliente

Coimbra, 07 de Julho de 2015

Responsável pela elaboração

Responsável do Laboratório

  
Joaquim Gomes de Almeida

# ASSOCIAÇÃO PORTUGUESA DAS EMPRESAS DE BETÃO PRONTO



Sede e Unidade Laboratorial de Lisboa:  
 Av.º Conselheiro Barjona de Freitas, 10 A - 1500-204 LISBOA  
 Tel.: 21 778 53 65, 21 774 19 25, 21 774 19 32 - Fax.: 21 778 58 39  
 Unidade Laboratorial do Porto:  
 Zona Industrial da Carriça, Lote 17 - 4745-312 MURO  
 Tel.: 22 986 74 00, 22 986 74 01, 22 986 74 02 - Fax.: 22 986 74 06



## RELATÓRIO DE ENSAIO

Processo: L14/01397      Ensaio: 1229      Relatório: L14/007216      Data: 26-01-2015

### AGREGADOS ENSAIO DE POLIMENTO ACELERADO

Marca: --  
 Designação:--  
 Requerente: SORGILA - SOCIEDADE DE ARGILAS, S.A.  
 Obra: Lavaria do Castro  
 Identificação: Brita 1  
 Pedido: V/Ref.º nº 151214C - N/P 1148/14 JA  
 Data de Entrada: 17-12-2014

**SORGILA - SOCIEDADE DE ARGILAS, S.A.**  
 SR. GUILHERME ANDRADE  
 RUA DO BARRAÇÃO, Nº 1700  
 2401-902 LEIRIA

DIRECTOR DE SERVIÇOS LABORATORIAIS      TÉCNICO DE BETÃO

*João André*      *Rui Nobre*

Referência dos provetes	Agregado				Pedra de controlo PSV			
	P9	P10	P9 -1	P10 -1	P13	P14	P13-1	P14-1
C <sub>1</sub> - Valor do coeficiente na 1.ª passagem	56	56	56	57	58	57	58	57
C <sub>2</sub> - Valor do coeficiente na 2.ª passagem	54	56	55	56	58	57	56	57
C <sub>3</sub> - Valor do coeficiente na 3.ª passagem	54	55	55	54	56	56	56	56
C <sub>4</sub> - Valor do coeficiente na 4.ª passagem	53	54	54	54	56	56	55	56
C <sub>5</sub> - Valor do coeficiente na 5.ª passagem	53	54	53	53	55	56	55	56
Média dos últimos três resultados = (C <sub>3</sub> +C <sub>4</sub> +C <sub>5</sub> ) / 3	53,3	54,3	54,0	53,7	55,7	56,0	55,3	56,0
Média dos valores dos dois provetes de cada ensaio	53,8		53,8		55,9		55,7	
S - valor médio dos quatro provetes de agregado	53,8				-----			
C - valor médio dos quatro provetes de agregado de controlo PSV	-----				55,8			
Coeficiente de polimento acelerado do agregado: PSV = S + 52,5 - C	-----				51			

Relatório de amostragem não disponibilizado.  
 Data do ensaio: 1.º dia: 2015/1/22 (temperatura = 20°C); 2.º dia: 2015/1/23 (temperatura = 19°C)

**OBSERVAÇÕES:**  
 Ensaio realizado de acordo com a norma EN 1097-8:2009.  
 O resultado do ensaio refere-se exclusivamente aos itens ensaiados.  
 Este relatório só pode ser reproduzido na íntegra.



DECLARAÇÃO DE DESEMPENHO

Doc. DD-045

1. Código de identificação único do produto tipo: Agrícola
2. Tipo, lote ou número da série ou qualquer outros elementos que permitam a identificação de produto de construção, nos termos do n.º 4 do artigo 11.º, referência comercial, data e hora de carga marcada no guia de transporte.
3. Utilização ou utilizações previstas de produto de construção, de acordo com a especificação técnica harmonizada aplicável, tal como previsto pelo fabricante:
  - Agregados para Betão (EN 12620:2002+A1:2008)
  - Agregados para Argamassas (EN 13139:2002, EN 13139:2002/AC:2004)
  - Agregados para Mortares Betumeados (EN 13043:2002, EN 13043:2002/AC:2004)
  - Agregados para mortares não ligantes ou freixados com ligantes hidrofílicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e no construção rodoviária (EN 13242:2002+A1:2007)
4. Nome, designação comercial ou marca comercial registada e endereço de contacto do fabricante, nos termos do n.º 5 do artigo 11.º:
  - Sorjilia Sociedade de Angéles, SA - Rua Principal, nº1420-852 Edifício de Cima (www.sorjilia.com - email@sorjilia.pt) Telefone: 244720580 Fax: 244721097
5. Se aplicável, nome e endereço de contacto do mandatório cujo mandato abranje as atas especificadas no n.º 2 do artigo 12.º. Não aplicável
6. Sistema ou sistemas de ensaio e verificação do regulador de desempenho de produto de construção tal como previsto no anexo V - Sistema 2\*
7. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção abrangido por um nome harmonizado:
  - Cert. de Associação para o Certificado, análise a amoção na unidade fabril e do controlo de produção em fábrica e a acompanhamento, produção e aprovação contínua do controlo de produção em fábrica no âmbito do sistema 2\* e emitido os certificados de conformidade do controlo de produção em fábrica 1378-006-0004
8. No caso de uma declaração de desempenho relativa a um produto de construção para o qual tenha sido emitida uma Avaliação Técnica Europeia Não Aplicável

9. Desempenho declarado	Unidades de Produção		Canto		Maujeque		Desempenho Declarado		Secação		Especificações Técnicas Harmonizadas
	Condições de ensaio	Mostr. Betão	Área Média 0/8	Área Grossa 0/8	Área Grossa 0/8	Área Média 0/8	Área Média 0/4	Área Média 0/4	Área Média Amarela 0/4		
• Condição de agregado	0 - 2mm	0 - 2mm	0 - 2mm	0 - 2mm	0 - 2mm	0 - 2mm	0 - 2mm	0 - 2mm	0 - 2mm	0 - 4mm	EN 12620
	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	6,35	EN 13043
• Frazão (classificação)	6,35/6,10	6,35/6,10	6,35/6,10	6,35/6,10	6,35/6,10	6,35/6,10	6,35/6,10	6,35/6,10	6,35/6,10	6,35/6,10	EN 13242
	6,85/6,10	6,85/6,10	6,85/6,10	6,85/6,10	6,85/6,10	6,85/6,10	6,85/6,10	6,85/6,10	6,85/6,10	6,85/6,10	EN 13139
• Limpeza	f3	f3	f3	f3	f3	f3	f3	f3	f3	f3	EN 1260 e EN 13242
	f3	f3	f3	f3	f3	f3	f3	f3	f3	f3	EN 13043
• Massa Volúmica	$\rho_{d,med}$ (mediana) requerida das partículas	2.350-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.550-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.550-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.550-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.550-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.550-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.550-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.550-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.550-0,03Mg/m <sup>3</sup>	EN 12620
	$\rho_{d,des}$ (desvio) das partículas secas em estado	2.350-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.350-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.350-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.350-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.350-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.350-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.350-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.350-0,03Mg/m <sup>3</sup>	2.350-0,03Mg/m <sup>3</sup>	EN 13043
• Absorção de água (WA <sub>2,0</sub> )	$\rho_{d,des}$ (desvio) das partículas secas em estado	1,0 %	1,0 %	1,0 %	1,0 %	1,0 %	1,0 %	1,0 %	1,0 %	1,0 %	EN 13139
	Compre (10,0/75%)	Compre (10,0/75%)	Compre (10,0/75%)	Compre (10,0/75%)	Compre (10,0/75%)	Compre (10,0/75%)	Compre (10,0/75%)	Compre (10,0/75%)	Compre (10,0/75%)	Compre (10,0/75%)	EN 12620
• Retenção por Sacagem	Classe I	Classe I	Classe I	Classe I	Classe I	Classe I	Classe I	Classe I	Classe I	Classe I	EN 12620 EN 13139
	<0,01% (I,4)	<0,01% (I,4)	<0,01% (I,4)	<0,01% (I,4)	<0,01% (I,4)	<0,01% (I,4)	<0,01% (I,4)	<0,01% (I,4)	<0,01% (I,4)	<0,01% (I,4)	
• Salis de Cloreto Solúveis em Água	AS <sub>2,0</sub> (<0,2%)	AS <sub>2,0</sub> (<0,2%)	AS <sub>2,0</sub> (<0,2%)	AS <sub>2,0</sub> (<0,2%)	AS <sub>2,0</sub> (<0,2%)	AS <sub>2,0</sub> (<0,2%)	AS <sub>2,0</sub> (<0,2%)	AS <sub>2,0</sub> (<0,2%)	AS <sub>2,0</sub> (<0,2%)	AS <sub>2,0</sub> (<0,2%)	EN 12620
	Compre (1,1%)	Compre (1,1%)	Compre (1,1%)	Compre (1,1%)	Compre (1,1%)	Compre (1,1%)	Compre (1,1%)	Compre (1,1%)	Compre (1,1%)	Compre (1,1%)	EN 13242
• Contaminantes Orgânicos pelo Método da Argamassa	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	EN 13139
	Diminuição do resistiva à compressão	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	Compre (120 minutos)	
• Teor em Humos	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	EN 12620 EN 13043 EN 13139
	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	
• Contaminantes Leves	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	Máx. cloro	
	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	<0,1% (I,4)	

Características essenciais	Unidades de Produção				Especificações técnicas normalizadas
	Agrupados	Centro		Alusoga	
	Brisa 1	Brisa 2	Brisa 1	Brisa 2	
- Tamanho do agregado	4 - 14mm 6-90/15 * 6-15	12 - 32mm 6-90/15 * 6-15	4 - 14mm 6-90/15 * 6-15	8 - 22.4mm 6-90/15 * 6-15	EN 12620 EN 13043 EN 13242
- Gradimétrico (classificação)	6-80/20 * 6-15 6-80-20 * 6-15/20/15	6-80/20 * 6-15 6-80-20 * 6-15/20/15	6-80/20 * 6-15 6-80-20 * 6-15/20/15	6-80/20 * 6-15 6-80-20 * 6-15/20/15	EN 13043 EN 13242 EN 12620, EN 13242 * EN 13043
- Limpeza	f4 +4%	f4 +4%	f4 +4%	f4 +4%	EN 13043
- Forma das Partículas	Índice de Adensamento Índice de Form. $M_{10}$	$s_{15} - [F_{15}]$ $s_{10} - [F_{20}]$ $s_{15} - [F_{15}]$ $s_{20} - [F_{20}]$	$s_{15} - [F_{15}]$ $s_{10} - [F_{20}]$ $s_{15} - [F_{15}]$ $s_{20} - [F_{20}]$	$s_{15} - [F_{15}]$ $s_{10} - [F_{20}]$ $s_{15} - [F_{15}]$ $s_{20} - [F_{20}]$	EN 12620 EN 13043 EN 13242 EN 12620 * EN 13043
- Massa Volumétrica	$M_{10}$ das partículas secas em estado natural $M_{10}$ das partículas saturadas e superfíce lisa	2.650-0,03M <sub>10</sub> /m <sup>3</sup> 2.600-0,03M <sub>10</sub> /m <sup>3</sup> 2.620-0,03M <sub>10</sub> /m <sup>3</sup>	2.650-0,03M <sub>10</sub> /m <sup>3</sup> 2.600-0,03M <sub>10</sub> /m <sup>3</sup> 2.630-0,03M <sub>10</sub> /m <sup>3</sup>	2.650-0,03M <sub>10</sub> /m <sup>3</sup> 2.610-0,03M <sub>10</sub> /m <sup>3</sup> 2.630-0,03M <sub>10</sub> /m <sup>3</sup>	EN 12620 EN 13043 EN 13242
- Absorção de água		≤ 0,12%	≤ 0,12%	≤ 0,12%	
- Sais de Cloretos Solúveis em Água		≤ 0,01% (Cl <sup>-</sup> ) AS <sub>10</sub> ≤ (Cl <sup>-</sup> 2%)	≤ 0,01% (Cl <sup>-</sup> ) AS <sub>10</sub> ≤ (Cl <sup>-</sup> 2%)	≤ 0,01% (Cl <sup>-</sup> ) AS <sub>10</sub> ≤ (Cl <sup>-</sup> 2%)	EN 12620
- Solídeos Solúveis em Ácido		≤ 0,1%	≤ 0,1%	≤ 0,1%	
- Emissão Total		+ 0,1% (L4)	+ 0,1% (L4)	+ 0,1% (L4)	EN 12620 e EN 13242
- Contaminantes Leves		L <sub>Ag</sub> L <sub>Ag</sub> L <sub>Ag</sub>	L <sub>Ag</sub> L <sub>Ag</sub> L <sub>Ag</sub>	L <sub>Ag</sub> L <sub>Ag</sub> L <sub>Ag</sub>	EN 13043
- Resistência à Fragmentação		FS <sub>10</sub> FS <sub>10</sub>	FS <sub>10</sub> FS <sub>10</sub>	FS <sub>10</sub> FS <sub>10</sub>	EN 12620 e EN 13043
- Resistência ao Polimento		M <sub>10</sub> M <sub>10</sub>	M <sub>10</sub> M <sub>10</sub>	M <sub>10</sub> M <sub>10</sub>	EN 12620 e EN 13043
- Resistência ao Desgaste		M <sub>10</sub> M <sub>10</sub>	M <sub>10</sub> M <sub>10</sub>	M <sub>10</sub> M <sub>10</sub>	EN 13242

10. O desempenho do produto identificado nos pontos 1 e 2 é conforme com o desempenho declarado no ponto 9

A presente declaração de desempenho é emitida sob a exclusiva responsabilidade do fabricante identificado no ponto 4

Assinado por e em nome do fabricante: Luis Rodrigues Cortes, Administrador

Beldre de Cima, 21 de Julho de 2015

**SORGILIA**  
SOCIETÀ DI ABBIATEGRIO S.p.A.  
AMMINISTRAZIONE  


# CE

0099

REPSOL LUBRICANTES Y ESPECIALIDADES S.A.  
Mendez Alvaro 44, 28045 Madrid

10

0099/CPR/B11/0271

EN 12591:2009

BETUME DE PAVIMENTAÇÃO  
35/50  
DOP0001  
50011

For construction and maintenance of roads, airfields and other paved areas

Penetração a 25°C	35-50 x 0,1mm
Ponto de Amolecimento	50-58°C
Resistencia ao envelhecimento 163°C (EN 12607-1)	-
Penetração Retida a 25 °C	=>53%
Incremento do Ponto de Amolecimento (Sev 1)	<=8°C
Índice de Penetração	-1,5 a +0,7
Ponto de Fragilidade Fraass	<=5°C
Viscosidade Cinemática a 135°C	.=>370 MM2/S



*Esta página foi intencionalmente deixada em branco*

# Glossário

---

**Abordagem empírica:** É a abordagem que define o betão betuminoso em termos de receitas de composição e requisitos para os materiais constituintes, em associação com requisitos adicionais baseados em ensaios relacionados com o desempenho.

**Fórmula da mistura betuminosa:** Fórmula de mistura abordada pela sua composição.

**Mistura Betuminosa:** Mistura betuminosa da composição granulométrica descontínua ou contínua originando uma estrutura perfeitamente ligada.

**Categoria NA:** Categoria utilizada quando ensaio não se aplica ao material, não existindo regulamentação para caracterização.

**Categoria NFE:** Categoria utilizada quando o material não foi ensaiado para caracterização segundo a regulamentação em questão.

**Controlo de produção em fábrica:** Controlo interno e permanente de produção realizado pelo fabricante, todas as formalidades e requisitos adotados devem ser documentados pelo fabricante. Este documento permite garantir a qualidade e permite alcançar as características requeridas do produto e a eficácia no controlo da produção.

**Colocação em obra:** Controlo realizado pela entidade que aborda a colocação da mistura betuminosa em obra, todas as formalidades e requisitos adotados como as temperaturas do material devem ser documentados pela entidade responsável.

**Especificação técnica:** Normas europeias harmonizadas e aprovações técnicas Europeias para misturas betuminosas.

**Método expedito:** Método que define característica do provete, sem abordagem normativa ou especificações, este método é abordado para solução rápida de indecisões.