



Estradas de Portugal, S.A.

Caderno de Encargos Tipo Obra

SETEMBRO.2014

14.03 - Pavimentação

**Características
dos materiais**

Índice

14.03.0 - Materiais constituintes das misturas não ligadas, misturas betuminosas, misturas tratadas com ligantes hidráulicos e betão hidráulico.....	10
1. Solos.....	10
2. Agregados.....	10
2.2 Agregados reciclados	11
2.2.1 Campo de aplicação	14
3. Fíler.....	15
4. Ligantes betuminosos.....	17
4.1 Betumes de pavimentação.....	18
4.2 Betumes modificados.....	19
4.3 Betumes duros.....	21
4.4 Betume borracha (BB).....	22
4.4.1 Betumes de baixa e média percentagem de granulado de borracha	22
4.4.2 Betumes de alta percentagem de granulado de borracha	25
4.5 Emulsões betuminosas catiónicas.....	27
4.5.1 Emulsões betuminosas clássicas	28
4.5.2 Emulsões betuminosas modificadas	29
5. Aditivos especiais para misturas betuminosas.....	31
6. Ligantes hidráulicos.....	31

6.1 Cimento	31
6.2 Cal.....	32
7. Adições para misturas tratadas com ligantes hidráulicos e betão hidráulico	33
8. Adjuvantes para misturas tratadas com ligantes hidráulicos e betão hidráulico	34
9. Água	35
9.1 Água para camadas não ligadas e misturas betuminosas	35
9.2 Água para misturas tratadas com ligantes hidráulicos e betão hidráulico	35
14.03.1 - Materiais para camadas não ligadas	36
14.03.1.1 - Camada de sub-base	36
14.03.1.2 - Camada de base	36
14.03.1.3 - Camada de regularização.....	36
14.03.1.4 - Camada de regularização, no enchimento de bermas	36
14.03.1.5 - Camada de desgaste em camadas traficadas não revestidas.....	37
14.03.2 - Materiais para camadas de misturas betuminosas a quente	42
1. Materiais.....	42
2. Misturas betuminosas	43
2.1 Misturas betuminosas do grupo do betão betuminoso¹	43
2.2 Misturas betuminosas do grupo do betão betuminoso drenante	45
2.3 Misturas betuminosas com betume modificado com borracha	45
3. Tipos de aplicação.....	46

14.03.2.1 - Camada de base	46
14.03.2.2 - Camada de ligação	50
14.03.2.3 – Camada de regularização	53
14.03.2.4 - Camada de desgaste	56
14.03.3 - Materiais para camadas de misturas betuminosas a frio	62
2. Misturas betuminosas	63
2.1 Agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão	63
2.2 Mistura betuminosa aberta a frio	63
14.03.3.1- Camada de base	64
14.03.3.2 – Camada de ligação	64
14.03.3.3 – Camada de regularização	64
14.03.4 – Materiais para tratamentos superficiais	68
1. Materiais	68
2. Misturas betuminosas	69
2.1 Microaglomerado a frio e slurry seal	69
2.2 Revestimento superficial	69
14.03.4.1 – Na plataforma	70
14.03.4.1.2 – Em slurry seal	70
14.03.4.1.3 – Em revestimento superficial	70
14.03.5 - Materiais para Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos	76

14.03.5.1 - Camada de sub-base	76
14.03.5.2 - Camada de base	77
14.03.5.3 - Camada de regularização no enchimento de bermas	77
14.03.6 - Materiais para camadas de betão hidráulico	85
14.03.6.1 – Camada de sub-base	88
14.03.6.2 – Camada de base	88
14.03.6.3 – Camada de regularização, no enchimento de bermas	88
14.03.6.4 - Camada de desgaste	88
14.03.7 - Trabalhos específicos dos pavimentos rígidos	93
14.03.7.1 - Acabamento da superfície	93
14.03.7.2 - Varões de aço em juntas	93
14.03.7.3 - Execução de juntas	93
14.03.7.3.1 - Por serragem	93
14.03.7.3.2 - Utilizando outras técnicas	93
14.03.7.4 - Selagem de juntas	93
14.03.7.5 - Separação entre a laje da camada de desgaste e a base	94
14.03.7.6 - Aplicação de produto filmogénico de cura	94
14.03.7.7 - Betão poroso na interface entre a laje e a berma	94
14.03.7.8 - Betão poroso na interface entre a laje e a berma, incluindo dreno	94
14.03.7.9 - Camada drenante em berma com 0,10 m de espessura	94

14.03.7.10 - Impermeabilização da fundação da berma	94
14.03.7.11 - Vigas de ancoragem em pavimento de betão armado contínuo	94
14.03.7.1 - Acabamento da superfície	94
14.03.7.2 - Varões de aço em juntas.....	95
14.03.7.3 - Execução de juntas	96
14.03.7.4 - Selagem de juntas	97
14.03.7.5 - Separação entre a laje da camada de desgaste e a base.....	98
14.03.7.6 - Aplicação de produto filmogénico de cura	98
14.03.7.7 - Betão poroso na interface entre a laje e a berma	99
14.03.7.8 - Betão poroso na interface entre a laje e a berma, incluindo berma.....	99
14.03.7.9 - Camada drenante em berma com 0,10 m de espessura	99
14.03.7.10 - Impermeabilização da fundação da berma	100
14.03.7.11 - Vigas de ancoragem em pavimento de betão armado contínuo	100
14.03.8 - Regas betuminosas de impregnação, colagem ou cura.....	100
14.03.8.1 - Rega de impregnação betuminosa.....	100
14.03.8.2 - Rega de colagem	100
14.03.8.3 - Rega de cura.....	100
14.03.9 - Trabalhos especiais de pavimentação.....	100
14.03.9.1 - Fresagem de camadas de pavimentos existentes remoção e transporte a vazadouro dos produtos escavados ou reutilização, conforme definido em projecto	101

14.03.9.2 - Saneamentos em pavimentos existentes, incluindo escavação, remoção e transporte a vazadouro dos produtos escavados, eventual indemnização por depósito e o preenchimento de acordo com o definido em projecto	101
14.03.9.3 - Escarificação/demolição e recompactação de pavimentos existentes, de acordo com a espessura definida em projecto	101
14.03.9.4 - Enchimento em agregado britado de granulometria extensa, para regularização e/ou reperfilamento de pavimentos existentes.....	101
14.03.9.5 - Selagem e/ou elemento retardador da propagação de fissuras em pavimentos	101
14.03.9.6 - Reposição de pavimentos, designadamente em zonas de abertura de valas para instalação de redes de serviços públicos ou outros	107
14.03.9.7 - Pavimentação de passeios, separadores ou ilhas direccionais, incluindo fundação.....	107
14.03.9.8 - Remoção de pavimentos existentes, incluindo fundação e lancis, carga, transporte e colocação em vazadouro dos produtos sobrantes e eventual indemnização por depósito	108
14.03.9.9 - Enchimento e regularização de bermas em solos seleccionados	108
14.03.9.10 - Ranhuragem transversal para melhoramento das condições de drenagem superficial, com profundidade média de 1 a 3 cm e 0,8 cm de largura.	108
14.03.10 – Misturas recicladas.....	109
14.03.10.1 – Mistura reciclada “in situ” a frio, na espessura definida no projecto:.....	109
14.03.10.1.1 – Mistura reciclada “in situ” com cimento	109

14.03.10.1.2 – Mistura reciclada “in situ” com emulsão	109
14.03.10.2 – Mistura reciclada a quente em central.....	109
14.03.10.3 – Mistura reciclada semi-quente em central	109
14.03.10.1.1 – Mistura reciclada “in situ” com cimento	110
1. Materiais.....	110
2. Mistura.....	111
14.03.10.1.2 – Mistura reciclada “in situ” com emulsão	112
1. Materiais.....	113
2. Mistura.....	114
14.03.10.2 – Mistura reciclada a quente em central.....	115
1. Materiais	115
1.1 Misturas betuminosas recuperadas - RA.....	115
1.1.1 Identificação granulométrica	116
1.1.2 Matéria estranha	116
1.1.3 Ligante recuperado.....	117
1.1.4 Homogeneidade do material betuminoso a reciclar.....	119
1.2 Agregados.....	120
1.3 Ligante.....	120
1.4 Aditivos	120
2. Mistura betuminosa reciclada.....	120

14.03.10.3 – Mistura reciclada semi-quente em central	121
1. Materiais	122
1.1 Ligante betuminoso	122
1.2 Material betuminoso recuperado	123
2. Mistura betuminosa reciclada semi-quente	124

14.03 - Pavimentação - Características dos materiais

14.03.0 - Materiais constituintes das misturas não ligadas, misturas betuminosas, misturas tratadas com ligantes hidráulicos e betão hidráulico

Nas rubricas que abrangem requisitos relativos aos diferentes materiais são especificadas as propriedades requeridas, os valores limite associados, os respectivos métodos de ensaio descritos nas diferentes normas e documentos aplicáveis.

1. Solos

Os solos aqui referidos são materiais a utilizar em camadas não ligadas e a tratar com ligantes hidráulicos (cimento e cal).

Os solos a utilizar deverão estar isentos de matéria orgânica, de materiais expansivos e de quaisquer outros produtos prejudiciais que possam afectar a ligação com o ligante e influenciar os tempos de presa e o desenvolvimento da resistência da mistura.

Os solos a empregar nas misturas tratadas com ligantes hidráulicos (usualmente designadas por solo-cimento ou solo-cal) deverão obedecer aos requisitos definidos nas Normas Europeias:

- EN 14227-10 *Hydraulically bound mixtures – Specifications – Part 10: Soil treated by cement;*
- EN 14227-11 *Hydraulically bound mixtures – Specifications – Part 11: Soil treated by lime.*

Os requisitos exigidos aos solos para as diferentes aplicações são indicados nos Quadros 14.03.1a e 14.03.5b.

2. Agregados

De acordo com as definições constantes das Normas Europeias, agregado é o material granular utilizado na construção e pode ser natural, artificial ou reciclado. Um agregado natural é um agregado de origem mineral que foi sujeito apenas a processamento mecânico. O agregado artificial é um agregado de origem mineral resultante de um

processamento industrial compreendendo modificações térmicas ou outras. Um agregado reciclado é um agregado resultante do processamento de materiais inorgânicos anteriormente utilizados na construção.

2.1 Agregados naturais

Os agregados naturais a aplicar nos diversos tipos de misturas, devem apresentar-se homogéneos e não devem conter matéria orgânica ou quaisquer substâncias estranhas, tais como madeira, vidro e plástico que afectem as misturas. Devem ser pouco susceptíveis à meteorização e apresentarem-se sãos ou pouco alterados (de acordo com os critérios propostos pela Sociedade Internacional de Mecânica das Rochas - ISRM).

Para todas as aplicações deve ser efectuado um exame petrográfico dos agregados para classificação geral, de acordo com a NP EN 932-3 Descrição petrográfica simplificada.

As Normas Europeias que definem os requisitos aplicáveis aos agregados são:

- NP EN 12620 Agregados para betão;
- NP EN 13043 Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação;
- NP EN 13242 Agregados para materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária;
- NP EN 13285 Misturas não ligadas. Especificações.

Os requisitos exigidos aos agregados para as diferentes aplicações são indicados nos Quadros 14.03.1b, 14.03.2c, 14.03.2f, 14.03.2i, 14.03.2m, 14.03.3a, 14.03.4a, 14.03.5d, 14.03.5e, 14.03.6b.

2.2 Agregados reciclados

Com o objectivo de contribuir para uma construção sustentável e pelo facto de Portugal estar a implementar políticas dirigidas à gestão dos resíduos de construção e demolição, Decreto-lei n.º 46/2008, urge a necessidade de definir os requisitos exigidos para a

aplicação destes agregados em camadas de base e sub-base não ligadas de pavimentos rodoviários.

Os agregados reciclados incluídos no presente Caderno de Encargos restringem-se aos resíduos de construção e demolição (RCD), catalogados no capítulo 17 da Lista Europeia de Resíduos, LER (Portaria n.º 209/2004), a aplicar nas camadas granulares não ligadas. Tais agregados caracterizam-se por uma composição muito diversificada devido à sua origem (construção, reabilitação, demolição) e às práticas locais de construção. É obrigatória uma apropriada triagem e selecção de modo a valorizar-se os resíduos e torná-los agregados de qualidade. Na sua composição deve ser evitada a presença de materiais prejudiciais para o meio ambiente ou que afectem o desempenho das obras. A suspeita de presença alcatrão em resíduos de misturas betuminosas deve ser objecto de ensaios específicos com vista à sua despistagem.

Para as aplicações previstas neste caderno de encargos, os agregados reciclados devem ser identificados relacionando-os com a proporção de cada um dos tipos de constituintes dos agregados grossos, que deve ser determinada de acordo com o estabelecido na norma EN 933-11 "*Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11- Classification test for the constituents of coarser recycled aggregate*".

Para efeitos de utilização em camadas não ligadas de pavimentos rodoviários, os agregados reciclados são classificados em três categorias: AGER1, AGER2 e AGER3 e por uma classe: B ou C, em função da sua composição.

No quadro 14.03.0-2a apresenta-se a classificação dos agregados reciclados:

Quadro 14.03.0-2a Classificação dos agregados reciclados de acordo com a natureza dos constituintes da fracção grosseira						
Classe	Categoria dos constituintes (EN 13242 + A1)					
	$R_C + R_U + R_G$	R_g	R_b	R_a	FL	X
B	$\geq 90\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$	$\leq 1\%$
C	$\geq 50\%$	$\leq 5\%$	$\leq 10\%$	$\leq 5\%$	$\leq 5\%$	$\leq 1\%$

CONSTITUINTES (EN 933-11):

RC – betão, produtos de betão e argamassas;

RU – agregados não ligados, pedra natural, agregados tratados com ligantes hidráulicos;

RA - materiais betuminosos;

RB – elementos de alvenaria de materiais argilosos (tijolo, ladrilhos, telhas, etc.), elementos de alvenaria de silicatos de cálcio e betão celular não flutuante;

RG – vidro;

FL – material flutuante em volume;

X – Outros materiais coersivos (por ex. solos argilosos), plásticos, borrachas, metais (ferrosos e não ferrosos) e matérias não flutuantes e estuque.

A identificação dos agregados reciclados é feita através da indicação do produtor, do local de produção, das siglas da classe e categoria a que pertence e da granulometria (d/D), sendo possível incluir outras informações suplementares.

As Referências Normativas que definem os requisitos aplicáveis aos agregados são:

- EN 933-11 Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate;
- EN 12457-4 Characterisation of waste. Leaching - Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges. Part4: One stage batch test at a liquid to solid ratio of 10 l/kg for materials with high solid content and with particle size below 10mm (without or with size reduction);
- EN 13242 + A1 Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction;
- NP EN 933-1 Ensaios das propriedades geométricas dos agregados – Parte 1: Análise granulométrica. Método de peneiração.
- NP EN 933-5 Ensaios das propriedades geométricas dos agregados – Parte 5: Determinação da percentagem de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos;
- NP EN 933-9 Ensaios das propriedades geométricas dos agregados – Parte 9: Determinação do teor de finos – Ensaio do azul de metileno;
- NP EN1097-1 Ensaios das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 1: Determinação da resistência ao desgaste (micro-Deval);

- NP EN1097-2 Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 2: Métodos para a determinação da resistência à fragmentação
- NP EN 1744-1 Ensaio para a determinação das propriedades mecânicas químicas dos agregados. Parte 1: Análise química.
- NP EN 13285 Misturas não ligadas. Especificações;
- LNEC E 471 – Guia para a utilização de agregados reciclados em betões de ligantes hidráulicos;
- LNEC E 472 - Guia para a reciclagem de misturas betuminosas em central;
- LNEC E 474 - Guia para a utilização de materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição em aterro e em camada de leito de infra-estruturas de transporte.

Os requisitos exigidos aos agregados reciclados para as aplicações previstas neste Caderno de Encargos são indicados no Quadro 14.03.1b.

2.2.1 Campo de aplicação

Os agregados reciclados de granulometria extensa do tipo AGER1, AGER2 ou AGER3 serão utilizados em camadas de sub-base e de base de pavimentos, de acordo com os campos de aplicação definidos no quadro 14.03.0-2b:

Quadro 14.03.0-2b: Campos de aplicação dos agregados reciclados					
Categoria	AGER1		AGER2		AGER3
Natureza dos constituintes	C	B	C	B	B
Aplicação em camada de sub-base - TMDp	≤ 50	≤ 150	≤ 150	≤ 300	≤ 300
Aplicação em camada de base - TMDp	NR	≤ 150	≤ 150	≤ 150	≤ 300

Legenda:

TMDp – Tráfego Médio Diário de Pesados por Via

NR - Não Recomendado.

3. Fíler

A designação fíler é atribuída a todo o agregado cuja maior parte passa no peneiro de 0,063 mm e que pode ser adicionado aos materiais de construção para lhes conferir certas propriedades.

Os fíleres utilizados no fabrico de misturas betuminosas a quente e de betão hidráulico para camadas de desgaste deverão cumprir os requisitos específicos deste caderno de encargos e que são apresentados no Quadro 14.03.0-3a e no Quadro 14.03.0-3b e de igual modo estar em conformidade com os requisitos gerais das normas NP EN 13043 - Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação e NP EN 12620 - Agregados para betão. Nas restantes aplicações em que seja necessária a utilização de fíler deverão também ser cumpridas as especificações apresentadas neste item, em tudo o que for aplicável.

O fíler pode resultar do processo de fabrico da mistura betuminosa, por recuperação dos finos por meio de sistemas adequados – fíler recuperado – ou ser produzido em separado numa instalação industrial segundo um processo controlado – fíler comercial. Os dois tipos de fíleres deverão ser de origem mineral.

O fíler recuperado pode ser de qualquer natureza petrográfica, pois dependerá da natureza petrográfica do agregado utilizado para o fabrico da mistura betuminosa. O fíler comercial deverá ser de natureza calcária, cimento do tipo Portland, cal hidráulica ou cinzas volantes.

O fornecimento do fíler comercial ou do fíler recuperado que entre no circuito comercial deverá ser acompanhado da ficha técnica do produto, com a respectiva marcação CE.

Nos Quadros 14.03.0-3a e 14.03.0-3b apresentam-se as propriedades que as fichas técnicas referentes aos fíleres a incluir em misturas betuminosas e em betão hidráulico deverão apresentar, definidas de acordo com as normas de produto NP EN 13043 e NP EN 12620.

Para todas as misturas betuminosas sempre que o fíler recuperado não satisfaça os requisitos do Quadro 14.03.0-3b, nomeadamente os vazios do fíler seco compactado (Rigden) deverá ser adicionada a quantidade de fíler comercial necessária para que a composição fíler recuperado/fíler comercial satisfaça os requisitos pretendidos.

Para o fabrico de betão hidráulico exige-se que o fíler seja comercial e de natureza calcária.

Dada a importância das características do fíler, após a sua aprovação, não poderá o Adjudicatário proceder à sua alteração sem prévio acordo da Fiscalização. Caso haja acordo da Fiscalização, a alteração implica necessariamente novos estudos de composição das misturas afectadas pela eventual mudança que deverão ser de novo submetidas a aprovação.

Quadro 14.03.0-3a - Requisitos granulométricos para o fíler			
Dimensão dos peneiros (mm)	Norma de ensaio	Percentagem acumulada do material passado	
		Limites inferiores e superiores para resultados individuais	Amplitude máxima da granulometria declarada pelo produtor ^(a)
2	EN 933-11	100	–
0,125		85 - 100	10
0,063		70 - 100	10
(a) Ver norma NP EN 13043, secção 5.2.1			

Quadro 14.03.0-3b - Requisitos químicos e físicos para o fíler				
Requisitos/Propriedades	Norma de ensaio	Unidade	Utilizações	
			Fíleres para misturas betuminosas e tratamentos superficiais com ligantes betuminosos NP EN 13043	Fíleres para betão NP EN 12620
Especificidades da utilização			Poderá ser fíler recuperado ou fíler comercial sendo que este último deverá ser constituído por pó de calcário ou cimento Portland	Fíler comercial constituído por pó de calcário
Generalidades			Deve apresentar-se seco e isento de torrões provenientes de agregação de partículas e de substâncias prejudiciais.	
Massa volúmica das partículas	NP EN 1097-7	Mg/m ³	Valor declarado	

Continuação do Quadro 14.03.0-3b - Requisitos químicos e físicos para o fíler				
Teor em água	EN 1097-5	% em massa	≤ 1	NR
Vazios do fíler seco compactado (Rigden)	EN 1097-4	%	u28/38	NA
Perda ao fogo das cinzas volantes	EN1744-1 secção 17	% em massa	Amplitude valores declarados pelo produtor ≤ 6	NR
Massa volúmica das partículas do fíler comercial	NP EN 1097-7	Mg/m ³	Amplitude valores declarados pelo produtor ≤ 0,2	
Massa volúmica aparente em querosene	NP EN 1097-3 anexo B	Mg/m ³	Amplitude valores declarados pelo produtor entre 0,5 e 0,9	
Ensaio Blaine	EN 196-6	m ² /kg	Amplitude valores declarados pelo produtor ≤ 140	
Qualidade dos finos - valor de azul metileno	NP EN 933-9	g/kg	MBF10	MB ≤ 2
Teor de cloretos	NP EN 1744-1 secção 7	%	NR	≤ 0,03 % ⁽¹⁾
Sulfatos solúveis em ácido	NP EN 1744-1 secção 12	% em massa	NR	AS _{0,2} (determinado apenas se S > 0,08 %)
Enxofre total	NP EN 1744-1 secção 11	% em massa	NR	S ≤ 1% em massa; na presença de pirrotite: ≤ 0,1% S
Constituintes que alteram o tempo de presa e a resistência do betão - presença de matéria orgânica	NP EN 1744-1 secção 15.1	—	NR	Cor da solução mais clara que a de referência ⁽²⁾
Constituintes que afectam a estabilidade volumétrica das escórias de alto-forno arrefecidas ao ar - para fíler de escória de alto-forno - desintegração do silicato bicalcio	EN 1744-1 secção 19.1	—	Sem desintegração	
Constituintes que afectam a estabilidade volumétrica das escórias de alto-forno arrefecidas ao ar - para fíler de escória de alto-forno - desintegração do ferro	EN 1744-1 secção 19.2	—		

(1) - O teor de cloretos deve ser somado aos dos outros constituintes do betão de forma a que se verifique o estipulado na secção 5.2.7 da NP EN 206-1

(2) - O requisito para esta propriedade considera-se ainda satisfeito se a cor da solução obtida segundo a secção 15.2 da NP EN 1744-1 for mais clara que a cor de referência B (Tabela 2, secção 15.2.6 da NP EN 1744-1)

4. Ligantes betuminosos

No âmbito do presente volume relativo à pavimentação, “Ligante Betuminoso” é um material adesivo contendo betume que pode estar sob a forma de não modificado, modificado ou emulsionado.

Betume é um material praticamente não volátil, adesivo e impermeável à água, derivado do petróleo bruto que é completamente ou quase todo solúvel em tolueno, muito viscoso e quase sólido à temperatura ambiente.

Os ligantes betuminosos abrangem os seguintes tipos:

- Betumes de pavimentação

- Betumes modificados
- Betumes duros
- Betumes borracha (BB)
- Emulsões betuminosas

O fornecimento do ligante deverá ser acompanhado do Certificado de Qualidade do produto, relativa ao lote de fabrico fornecido. As propriedades que devem constar no referido Certificado de Qualidade são indicadas nos Quadros 14.03.0-4a, 14.03.0-4b, 14.03.0-4c, 14.03.0-4d, 14.03.0-4e, 14.03.0-4g, 14.03.0-4h, 14.03.0-4i, definidos de acordo com as respectivas normas aplicáveis.

Qualquer proposta de alteração pelo Adjudicatário ao tipo de ligante betuminoso definido em Projecto de Execução, deve ser devidamente justificada e submetida à aprovação da Fiscalização.

4.1 Betumes de pavimentação

Os betumes de pavimentação, obtidos por processos de refinação do petróleo bruto, devem cumprir os requisitos da Norma Europeia NP EN 12591 Betumes e ligantes betuminosos – Especificações para betumes de pavimentação (EN 12591 *Bitumen and bituminous binders – Specifications for paving grade bitumens*), a qual especifica as propriedades e os respectivos métodos de ensaio adequados para a caracterização deste tipo de betumes.

O Projecto de Execução – Volume relativo à Pavimentação – deve definir o tipo de betume em função da mistura betuminosa a utilizar no pavimento, enquadrados na NP EN 12591.

No presente caso são considerados os betumes de pavimentação 35/50 e 50/70.

O Quadro 14.03.0-4a especifica os requisitos dos betumes de pavimentação.

Quadro 14.03.0-4a - Requisitos/Propriedades dos betumes de pavimentação					
Requisitos	Propriedades	Referência normativa	Unidade	35/50	50/70
Consistência a temperatura de serviço intermédia	Penetração a 25 °C	EN 1426	0,1 mm	35 - 50	50 - 70
Consistência à temperatura de serviço elevada	Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	50 - 58	46 - 54
Durabilidade (Resistência ao envelhecimento - RTFOT a 163 °C, NP EN 12607-1)	Penetração retida	EN 1426	%	≥ 53	≥ 50
	Aumento da temperatura de amolecimento - severidade 2	EN 1427	°C	≤ 11	
	Variação em massa ^(a) (valor absoluto)	EN 12607-1	%	≤ 0,5	
	Índice de penetração ^(b)	EN12591 Anexo A	-	-1,5 - +0,7	
	Temperatura de fragilidade de Fraass ^(b)	EN 12593	°C	≤ -5	≤ -8
Outros Requisitos	Temperatura de inflamação	EN ISO 2592	°C	≥ 240	≥ 230
	Viscosidade Cinemática a 135°	EN 12595	mm²/s	≥ 370	≥ 295
	Teor em parafinas	EN 12606-2	% (m/m)	≤ 4,5	
	Solubilidade	EN 12592	%	≥ 99,0	

(a) A variação de massa tanto pode ser positiva como negativa.
(b) Esta propriedade está associada ao nível de severidade 2 da propriedade "Aumento da temperatura de amolecimento", após envelhecimento com RTFOT.

4.2 Betumes modificados

As características deste betume devem estar de acordo com a Norma Europeia EN 14023 *Bitumen and bituminous binders – Framework Specification for polymer modified bitumens*. O betume modificado é um betume cujas propriedades reológicas foram modificadas durante o fabrico pela utilização de um ou mais agentes químicos.

No presente caso são considerados os seguintes betumes modificados: PMB 10/40, PMB 25/55, PMB 45/80 e PMB 65/105 a empregar, pelo menos, em misturas betuminosas

drenantes, e em misturas betuminosas rugosas, devendo o projeto indicar o tipo de betume a utilizar.

As especificações a respeitar para estes tipos de betumes modificados são as do Quadro 14.03.0-4b.

Quadro 14.03.0-4b - Requisitos/Propriedades dos betumes modificados							
Requisitos	Propriedades	Referência normativa	Unid.	PMB 10/40	PMB 25/55	PMB 45/80	PMB 65/105
Consistência a temperatura de serviço intermédia	Penetração a 25 °C	EN 1426	0,1 mm	Classe 2 (10 - 40)	Classe 3 (25 - 55)	Classe 4 (45 - 80)	Classe 6 (65 -105)
Consistência à temperatura de serviço elevada	Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 5 (≥ 65)		Classe 7 (≥ 55)	Classe 2 (≥ 80)
Coesão	Força de ductilidade (tração baixa velocidade)	EN 13589 EN 13703	J/cm²	-	Classe 3 (≥ 2) (5°C)	Classe 2 (≥ 3) (5°C) Classe 6 (≥ 2) (10°C)	-
Durabilidade, Resistência ao envelhecimento, (RTFOT) a 163 °C (RTFOT):	Variação de massa, máxima	EN 12607-1 EN 12607-3	%	Classe 2 (≤ 0,3)			
	Penetração, 25°C, 1/10 mm	EN 1426	0,1 mm	Classe 7 (≥ 60)			
	Aumento da Temp. de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 2 (≤ 8)			
Outros Requisitos	Temperatura de inflamação	EN ISO 2592	°C	Classe 3 (≥ 235)			
	Ponto de fragilidade de Fraass	EN 12593	°C	Classe 3 (≤ -5)	Classe 5 (≤ -10)		
	Recuperação elástica a 25°C	EN 13398	%	Classe 3 (≥ 70)			
	Estabilidade ao armazenamento, (diferença de temp. de amolecimento)	EN 13399	°C	Classe 2 (≤ 5)			
		EN 1427					
	Estabilidade ao armazenamento, (diferença na penetração)	EN 13399	0,1 mm	Classe 2 (≤ 9)			
		EN 1426					

4.3 Betumes duros

As características do betume deverão estar de acordo com a Norma Europeia NP EN 13924 Betumes e Ligantes Betuminosos – Especificações para betumes duros de pavimentação (EN 13924 *Bitumes and bituminous binders - Specifications for hard paving grade bitumens*). O betume duro de pavimentação é utilizado no fabrico de misturas betuminosas de alto módulo.

As especificações a respeitar para o betume duro 10/20 são indicadas no Quadro 14.03.0-4c.

Quadro 14.03.0-4c - Requisitos/Propriedades dos betumes duros de pavimentação				
Requisitos/Propriedades		Referência normativa	Unidade	10/20
Consistência à temperatura de serviço intermédia	Penetração a 25 °C	EN 1426	0,1 mm	Classe 3 10 - 20
Consistência à temperatura de serviço elevada	Temperatura de amolecimento (a)	EN 1427	°C	Classe 4 60 - 76 (b)
Durabilidade (Resistência ao envelhecimento – RTFOT a 163 ° C, NP EN 12607-1)(b)	Variação de massa	EN 12607-1	%	Classe 2 ≤ 0,5
	Penetração retida	EN 1426	%	Classe 2 ≥ 55
	Aumento da Temperatura de amolecimento	EN 1427	°C	Classe 2 ≤ 10
	Índice de penetração antes do ensaio (i.e. no betume original)	Anexo A da EN 13924	-	Classe 2 -1,5 - +0,7
Outras requisitos (c)	Viscosidade cinemática a 135 °C	EN 12595	mm ² /s	Classe 3 ≥ 700
	Temperatura de fragilidade de Fraass	EN 12593	°C	Classe 1 a declarar
	Temperatura de inflamação	EN ISO 2592	°C	Classe 3 ≥ 245
	Solubilidade	EN 12592	% fracção mássica	Classe 2 ≥ 99,0
<p>"a declarar" - Nível ou intervalo a reportar pelo fornecedor, esta classe não deverá ser utilizada para efeitos de marcação regulamentar</p> <p>(a) - Uma gama de temperaturas de amolecimento reduzida, de ± 5 °C, em torno de um valor intermédio, deverá ser declarada pelo fornecedor; a gama total deverá situar-se dentro da gama indicada nas tabelas.</p> <p>(b) - Apenas se utilizará o RTFOT para efeitos de arbitragem.</p> <p>(c) - Estas propriedades adicionais não são parte das características essenciais mandatadas mas têm sido consideradas úteis na especificação de betumes para pavimentação de grau duro em alguns casos.</p>				

4.4 Betume borracha (BB)

O betume borracha (BB) é um betume fabricado com a incorporação de granulado de borracha, por via húmida, usando borracha reciclada de pneus usados, apresentando características elastoméricas.

O betume borracha (BB) poderá ser utilizado no fabrico de misturas betuminosas, por exemplo, misturas abertas, descontínuas rugosas, constituindo interface anti-fissuras, ou argamassas betuminosas.

Os betumes modificados com borracha reciclada de pneus podem ser de três tipos:

- a) de baixa percentagem de granulado de borracha, conduzindo a um betume de baixa viscosidade cujo limite de viscosidade é especificado no Quadro 14.03.0-4d;
- b) de média percentagem de granulado de borracha, conduzindo a um betume de média viscosidade cujo limite de viscosidade é especificado no Quadro 14.03.0-4e;
- c) de alta percentagem de granulado de borracha, conduzindo a um betume de alta viscosidade cujo limite de viscosidade é especificado no Quadro 14.03.0-4g.

O betume borracha de baixa e média percentagem é produzido em fábrica, enquanto o betume borracha de alta percentagem de granulado de borracha é produzido *in situ* (em estaleiro).

4.4.1 Betumes de baixa e média percentagem de granulado de borracha

- BBB – betume borracha de baixa percentagem de granulado de borracha – betume fabricado com uma percentagem de granulado de borracha igual ou inferior a 8 %, em relação à massa total de ligante, designado pela sigla BBB. Poderá ser aplicada uma tolerância de + 2 % à percentagem de granulado de borracha, desde que as características finais do produto sejam as especificadas no Quadro 14.03.0-4d;
- BBM – betume borracha de média percentagem de granulado de borracha – betume modificado com uma percentagem de granulado de borracha entre 10 % e 14 %, em relação à massa total de ligante, designado por BBM. Poderá ser

aplicada uma tolerância de $\pm 2 \%$ à percentagem de granulado de borracha, desde que as características finais do produto sejam as especificadas no Quadro 14.03.0-4e.

O sistema de armazenagem dos betumes modificados com borracha estáveis ao armazenamento deve estar provido dos meios necessários para garantir a sua estabilidade. O fornecimento do material na obra deve ser acompanhado do Certificado de Qualidade relativo ao lote fornecido.

O Quadro 14.03.0-4d especifica os requisitos/propriedades para os BBB a utilizar no fabrico de misturas betuminosas.

O Quadro 14.03.0-4e especifica os requisitos/propriedades para os BBM a utilizar no fabrico de misturas betuminosas.

Quadro 14.03.0-4d - Requisitos/Propriedades dos BBB					
Requisitos/Propriedades		Referência normativa	Unidade	Valores nominais declarados pelo fabricante	
				BBB 35/50	BBB 50/70
Consistência à temperatura de serviço intermédia	Penetração a 25°C	NP EN 1426	0,1 mm	35 - 50	50 - 70
Consistência à temperatura de serviço elevada	Temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	≥ 58	≥ 53
Durabilidade (Resistência ao envelhecimento – RTFOT a 163 °C, NP EN 12607-1)(b)	Penetração retida	NP EN 1426	%	≥ 65	≥ 60
	Aumento da temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	≥ -4 $\leq +8$	≥ -5 $\leq +10$
	Variação de massa	NP EN 12607-1	%	$\leq +1,0$	
Estabilidade ao armazenamento	Diferença no valor na temperatura de amolecimento	EN 13399 NP EN 1427	°C	≤ 10	
	Diferença no valor da penetração	EN 13399 NP EN 1426	0,1 mm	≤ 8	≤ 10

Continuação Quadro 14.03.0-4d - Requisitos/Propriedades dos BBB					
Requisitos/Propriedades		Referência normativa	Unidade	Valores nominais declarados pelo fabricante	
				BBB 35/50	BBB 50/70
Outros requisitos ^(a)	Recuperação elástica, alongamento de 20 cm, a 25°C	EN 13398	%	≥ 10	
	Ponto de fragilidade Fraass	EN 12593	°C	≤ -5	≤ -8
	Viscosidade dinâmica a 175°C	EN 13302	mPa.s	≥ 250	≥ 150
	Temperatura de inflamação	EN ISO 2592	°C	≥ 235	

Quadro 14.03.0-4e - Requisitos/Propriedades do BBM					
Requisitos/Propriedades		Referência normativa	Unidade	Valores nominais declarados pelo fabricante	
				BBM 35/50	BBM 50/70
Consistência à temperatura de serviço intermédia	Penetração a 25 °C	NP EN 1426	0,1 mm	35 - 50	50 - 70
Consistência à temperatura de serviço elevada	Temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	≥ 65	≥ 58
Durabilidade (Resistência ao envelhecimento – RTFOT a 163 ° C, NP EN 12607-1)(b)	Penetração retida	NP EN 1426	%	≥ 70	≥ 65
	Aumento da temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	≥ -4 ≤ +8	≥ -5 ≤ +10
	Variação em massa	NP EN 12607-1	%	≤ + 0,8	≤ +1,0
Estabilidade ao armazenamento	Diferença no valor na temperatura de amolecimento	EN 13399 NP EN 1427	°C	≤ 5	
	Diferença no valor da penetração	EN 13399 NP EN 1426	0,1 mm	≤ 8	≤ 10

Continuação do Quadro 14.03.0-4e - Requisitos/Propriedades do BBM					
Requisitos/Propriedades		Referência normativa	Unidade	Valores nominais declarados pelo fabricante	
				BBM 35/50	BBM 50/70
Outros requisitos	Ponto de fragilidade Fraass	EN 12593	°C	≤ -8	≤ -10
	Viscosidade dinâmica, a 175°C	EN 13302	mPa.s	≥ 300	≥ 250
	Recuperação Elástica, alongamento de 20 cm, a 25°C	EN 13398	%	≥ 15	≥ 20
	Temperatura de inflamação	EN ISO 2592	°C	≥ 235	

4.4.2 Betumes de alta percentagem de granulado de borracha

- BBA – betume borracha de alta percentagem de granulado de borracha – betume modificado com uma percentagem de granulado de borracha igual ou superior a 18 %, em relação à massa total de ligante, designado pela sigla BBA. Poderá ser aplicada uma tolerância de - 2 % à percentagem de granulado de borracha, desde que as características finais do produto sejam as especificadas no Quadro 14.03.0-4g;

Os betumes borracha com alta percentagem de granulado de borracha são produzidos em obra na altura de fabrico das misturas betuminosas, por não serem estáveis ao armazenamento.

Betume base

Para o fabrico do BBA, o betume base a modificar é um betume de classe 35/50 ou 50/70, conforme a Norma Europeia NP EN 12591, seleccionado em função das características exigidas no projecto.

As características do betume base deverão estar de acordo com o Quadro 14.03.0-4a e devem ser declaradas pelo fornecedor no Certificado de Qualidade relativo ao lote fornecido.

Granulado de borracha

O granulado de borracha a utilizar no fabrico destes betumes é obtido a partir da reciclagem de borracha de pneus, 100% vulcanizada, devendo possuir um conteúdo de borracha natural elevado e possuir as seguintes características:

- Teor em fibra máximo de 0,1% (ASTM D 5603);
- Teor em aço máximo de 0,3% (ASTM D 5603);
- Teor em água máximo de 2% (ASTM D 1864).

Deve ainda ser respeitado o fuso granulométrico indicado no Quadro 14.03.0-4f.

Quadro 14.03.0-4f – Fuso granulométrico do granulado de borracha	
Dimensão nominal das aberturas dos peneiros (mm) EN 933-2	Percentagem acumulada de material que passa (%)
1,18	100
1	98 - 100
0,5	60 - 94
0,25	5 - 25
0,063	0 - 3

As características acima referenciadas bem como a curva granulométrica típica que caracteriza o lote de fornecimento, devem ser declaradas pelo fornecedor de borracha no Certificado de Qualidade a entregar com o produto.

Betume modificado com alta percentagem de granulado de borracha - BBA

O sistema de fabrico dos betumes borracha produzidos em obra deve cumprir as especificações particulares estabelecidas para o fabrico e processo construtivo.

O Quadro 14.03.0-4g especifica os requisitos/propriedades para o BBA a utilizar no fabrico de misturas betuminosas.

Quadro 14.03.0-4g- Requisitos/Propriedades do BBA					
Requisitos/Propriedades		Referência normativa	Unidade	Valores nominais declarados pelo fabricante	
				BBA 15/30 ^(a)	BBA 20/35 ^(b)
Consistência à temperatura de serviço intermédia	Penetração a 25 °C	NP EN 1426	0,1 mm	15 - 30	20 - 35
Consistência à temperatura de serviço elevada	Temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	≥ 68	≥ 65
Durabilidade (Resistência ao envelhecimento – RTFOT a 163 ° C, NP EN 12607-1)	Penetração retida	NP EN 1426	%	≥ 60	
	Aumento da temperatura de amolecimento	NP EN 1427	°C	≤ -12 ≥ +12	
	Variação de massa	NP EN 12607-1	%	≤ +0,8	
Outros requisitos	Viscosidade dinâmica, à saída do tanque de reacção, a 175°C (viscosímetro Haake)	-	mPa.s	3500 – 5000	
	Ponto de fragilidade Fraass	EN 12593	°C	a declarar	
	Viscosidade dinâmica a 175 °C	EN 13302	mPa.s	2500 - 4500	
	Recuperação elástica, alongamento de 10 cm, a 25°C	EN 13398	%	≥ 75	
	Temperatura de inflamação	EN ISO 2592	°C	≥ 235	
“a declarar” - Nível ou intervalo a reportar pelo fornecedor, esta classe não deverá ser utilizada para efeitos de marcação regulamentar					
(a) No BBA 15/30 o betume base é um betume de pavimentação 35/50.					
(b) No BBA 20/35 o betume base é um betume de pavimentação 50/70.					

4.5 Emulsões betuminosas catiónicas

As emulsões deverão estar de acordo com Norma Europeia EN 13808 *Bitumen and bituminous binders, Framework for specifying cationic bituminous emulsions*, que especifica os requisitos técnicos e classes de desempenho.

A designação das emulsões traduz-se numa expressão alfanumérica, que indica as características mais importantes das emulsões betuminosas catiónicas nomeadamente, a carga das partículas, o teor nominal em ligante, o tipo de ligante e o índice de rotura.

Refira-se como exemplos, uma emulsão do tipo “C60B3”, que corresponde a uma emulsão catiónica, com 60 % de teor nominal em ligante, produzida a partir de betume de pavimentação, com índice de rotura da classe 3; e uma emulsão do tipo C67BPF3, que equivale a uma emulsão catiónica, com 67 % de teor nominal em ligante, produzida a partir de betume com polímeros, com mais de 2 % de fluidificante e com um índice de rotura da classe 3.

Nos Quadros 14.03.0-4h e 14.03.0-4i apresenta-se entre parêntesis as anteriores designações da emulsão.

Nota: dadas as propriedades utilizadas na actual classificação de emulsões, à anterior designação ECL-2 correspondem vários tipos de emulsões, de acordo com o novo acervo normativo.

O sistema de armazenamento deve estar provido dos meios necessários para garantir a sua estabilidade e para que não sedimentem as partículas de betume.

Existem dois tipos de emulsões: as clássicas e as modificadas.

4.5.1 Emulsões betuminosas clássicas (Quadro 14.03.0-4h)

- Para regas de colagem;
- Para regas de impregnação;
- Em revestimentos superficiais betuminosos;
- Em camadas granulares tratadas com emulsão (grave-emulsão);
- Reciclagem a frio e semi-temperada;
- Lamas asfálticas;
- Na cura de sub-bases e bases tratadas com ligantes hidráulicos;
- Microaglomerado betuminoso;
- Em misturas betuminosas abertas a frio.

Quadro 14.03.0-4h - Requisitos/Propriedades das emulsões betuminosas clássicas

Requisitos /Propriedades	Referência normativa	Unid.	Regas de colagem e cura de sub-bases e bases tratadas com ligantes	Regas de impregnação		Misturas abertas a frio	Reciclag. a frio e semi-temperada ^(a)	Bases granulares tratadas com emulsão	Revest. superficiais	Lamas asfálticas
			C60B3 (C60B4/ECR-1)	C50BF4 (C50BF5/ECL)	C60BF4 (C60BF5/ECL-1)	C67BF3 (C67BF4/ECM-2)	C60B5 REC (C60B7[Rec]/ECL-2)	C60B5 GE (C60B7[Ge]/ECL-2)	C69B2 (C69B3/ECR-3)	C60B4 Slu (C60B5[Slu]/ECL-2)
Índice de rotura	EN13075-1	-	Classe 3 70-155	Classe 4 110-195	Classe 4 110-195	Classe 3 70-155	Classe 5 > 170	Classe 5 > 170	Classe 2 <110	Classe 4 110-195
Teor em ligante	EN1428 ou	% massa	Classe 6 58 - 62	Classe 4 48 - 52	Classe 6 58 - 62	Classe 8 65 - 69	Classe 6 58 - 62	Classe 6 58 - 62	Classe 9 67 - 71	Classe 6 58 - 62
	EN1431	% massa	Classe 6 ≥ 58	Classe 4 ≥ 48	Classe 6 ≥ 58	Classe 8 ≥ 65	Classe 6 ≥ 58	Classe 6 ≥ 58	Classe 9 ≥ 67	Classe 6 ≥ 58
Teor em óleo destilado	EN1431	% massa	Classe 3 ≤ 3,0	Classe 7 5 - 15	Classe 5 ≤ 8,0	Classe 6 ≤ 10	-	-	Classe 2 ≤ 2,0	-
Tempo de escoamento, 2 mm a 40 °C	EN12846-1	s	Classe 3 15 - 70	Classe 3 15 - 70	Classe 3 15 - 70	-	Classe 3 15 - 70	Classe 3 15 - 70	-	Classe 3 15 - 70
Tempo de escoamento, 4 mm a 40 °C	EN12846	s	-	-	-	Classe 5 5 - 70	-	-	Classe 6 40 - 100	-
Resíduo de peneiração - peneiro de 0,5 mm	EN 1429	% massa	Classe 2 ≤ 0,1	Classe 2 ≤ 0,1	Classe 2 ≤ 0,1	Classe 2 ≤ 0,1	Classe 2 ≤ 0,1	Classe 2 ≤ 0,1	Classe 2 ≤ 0,1	Classe 3 ≤ 0,2
Tendência à sedimentação (7 dias de armazenagem)	EN12847	% massa	Classe 3 ≤ 10	Classe 3 ≤ 10	Classe 3 ≤ 10	Classe 2 ≤ 5	Classe 3 ≤ 10	Classe 3 ≤ 10	Classe 2 ≤ 5	Classe 3 ≤ 10
Ligante recuperado (EN13074-1)	Penetração a 25 °C	EN1426	0,1mm	Classe 7 ≤ 330	Classe 7 ≤ 330	Classe 7 ≤ 330	Classe 7 ≤ 330	Classe 6 ≤ 330	Classe 5 ≤ 220	Classe 7 ≤ 330
	Temperatura de amolecimento	EN1427	°C	Classe 8 ≥ 35	Classe 8 ≥ 35	Classe 8 ≥ 35	Classe 8 ≥ 35	Classe 6 ≥ 35	Classe 7 ≥ 39	Classe 8 ≥ 35
Ligante estabilizado (EN13074-1 e 2)	Penetração a 25 °C	EN1426	0,1mm	Classe 5 ≤ 220	Classe 5 ≤ 220	Classe 5 ≤ 220	Classe 5 ≤ 220	Classe 6 ≤ 270	Classe 5 ≤ 220	Classe 5 ≤ 220
	Temperatura de amolecimento	EN1427	°C	Classe 8 ≥ 35	Classe 8 ≥ 35	Classe 8 ≥ 35	Classe 7 ≥ 39	Classe 8 ≥ 35	Classe 7 ≥ 39	Classe 8 ≥ 35

(a) A reciclagem semi-temperada corresponde à anteriormente designada reciclagem semi-quente.

4.5.2 Emulsões betuminosas modificadas (Quadro 14.03.0-4i)

- Para regas de colagem;
- Para microaglomerado betuminoso a frio;
- Para revestimentos superficiais e para colagem e impregnação de geotêxteis, com vista a constituir interface anti-fissuras;
- Lamas asfálticas;
- Impregnação de geotêxteis c/ vista a constituir interface anti-fissuras.

Quadro 14.03.0-4i - Requisitos/Propriedades das emulsões modificadas

Requisitos /Propriedades		Referência normativa	Unid.	Regas de colagem e revestimentos superficiais de elevado desempenho	Regas de colagem e revestimentos superficiais	Regas de colagem para camadas delgadas	Micro-aglomerado betuminoso a frio e lamas asfálticas	Revestimentos superficiais, colagem e impregnação de geotêxtil c/ vista a constituir interface anti-fissuras
				C60BP3 TA (C60BP4 (TA) ^(a) / ECR-1mod TA)	C60BP3 (C60BP4 / ECR1-mod)	C65BP2 (C65BP3 / ECR-2mod)	C60BP4 (C60BP5 / ECL-2mod)	C69BP2 (C69BP3 / ECR-3mod)
Índice de rotura		EN13075-1	-	Classe 3 70 – 155	Classe 3 70 - 155	Classe 2 < 110	Classe 4 110 – 195	Classe 2 < 110
Teor em ligante		EN1428 ou	% massa	Classe 6 58 – 62	Classe 6 58 – 62	Classe 7 63 – 67	Classe 6 58 – 62	Classe 9 67 - 71
		EN1431	% massa	Classe 6 ≥ 58	Classe 6 ≥ 58	Classe 7 ≥ 63	Classe 6 ≥ 58	Classe 9 ≥ 67
Teor em óleo destilado		EN1431	% massa	Classe 2 ≤ 2,0	Classe 3 ≤ 3,0	Classe 2 ≤ 2,0	-	Classe 2 ≤ 2,0
Tempo de escoamento, 2 mm a 40 °C		EN12846	s	Classe 3 15 – 70	Classe 3 15 - 70	-	Classe 3 15 – 70	-
Tempo de escoamento, 4 mm a 40 °C		EN12846-1	s	-	-	Classe 5 5 – 70		Classe 5 5 – 70
Resíduo de peneiração - peneiro de 0,5 mm		EN1429	% massa	Classe 2 ≤ 0,1	Classe 2 ≤ 0,1	Classe 2 ≤ 0,1	Classe 3 ≤ 0,2	Classe 2 ≤ 0,1
Tendência à sedimentação (7 dias de armazenagem)		EN12847	% massa	Classe 3 ≤ 10	Classe 3 ≤ 10	Classe 2 ≤ 5	Classe 3 ≤ 10	Classe 2 ≤ 5
Ligante recuperado (EN13074-1)	Penetração, 25 °C	EN1426	0,1 mm	Classe 2 ≤ 50	Classe 7 ≤ 330	Classe 7 ≤ 330	Classe 4 ≤ 150	Classe 7 ≤ 330
	Temperatura de amolecimento	EN1427	°C	Classe 3 ≥ 55	Classe 8 ≥ 35	Classe 8 ≥ 35	Classe 6 ≥ 43	Classe 8 ≥ 35
	Coesão pelo ensaio do pêndulo	EN13588	J/cm ²	Classe 6 ≥ 0,5	Classe 6 ≥ 0,5	Classe 6 ≥ 0,5	Classe 6 ≥ 0,5	Classe 6 ≥ 0,5
	Recuperação elástica a 25 °C	EN13398	%	Classe 1 a declarar				
Ligante estabilizado (EN13074-1 e 2)	Penetração, 25 °C	EN1426	0,1 mm	Classe 2 ≤ 50	Classe 5 ≤ 220	Classe 5 ≤ 220	Classe 4 ≤ 150	Classe 5 ≤ 220
	Temperatura de amolecimento	EN1427	°C	Classe 3 ≥ 55	Classe 6 ≥ 43	Classe 6 ≥ 43	Classe 6 ≥ 43	Classe 6 ≥ 43
	Coesão pelo ensaio do pêndulo	EN13588	J/cm ²	Classe 6 ≥ 0,5	Classe 6 ≥ 0,5	Classe 6 ≥ 0,5	Classe 6 ≥ 0,5	Classe 6 ≥ 0,5
	Recuperação elástica a 25 °C	EN13398	%	Classe 1 a declarar				
"a declarar" - Nível ou intervalo a reportar pelo fornecedor, esta classe não deverá ser utilizada para efeitos de marcação regulamentar								
(a) Emulsão termoadescente								

5. Aditivos especiais para misturas betuminosas

Sempre que se mostre necessário incorporar aditivos especiais para melhorar a adesividade betume-agregado, para regular o tempo de rotura da emulsão ou para melhorar a trabalhabilidade de microaglomerados a frio, deverá o Adjudicatário submeter à apreciação e aprovação da Fiscalização as características técnicas e o modo de utilização de tais aditivos.

A utilização de outros tipos de aditivos, nomeadamente fibras, ficará confinada à implementação de eventuais propostas do Adjudicatário, devidamente justificadas e submetidas à aprovação da Fiscalização, o mesmo sucedendo quando se pretenda a introdução, nas misturas, de betumes modificados ou de ligantes com características especiais sujeitos a segredo industrial por constituírem soluções sob patente.

6. Ligantes hidráulicos

6.1 Cimento

De acordo com as Normas Europeias, cimento (designado cimento CEM) é um ligante hidráulico, ou seja, um material inorgânico finamente moído que, quando misturado com água, forma uma pasta que faz presa e endurece devido a reacções e processos de hidratação e que, depois do endurecimento, conserva a sua resistência mecânica e estabilidade mesmo debaixo de água. Os cimentos CEM referidos nestas normas são constituídos por diferentes materiais e têm uma composição estatisticamente homogênea, que resulta dos processos de produção e de manuseamento do material de qualidade assegurada.

As Normas Europeias que definem os requisitos aplicáveis aos cimentos são:

- NP EN 197-1 Cimento – Parte 1: Composição, especificações e critérios de conformidade para cimentos correntes;
- NP EN 197-2 Cimento – Parte 2: Avaliação da conformidade.

A norma NP EN 197-1 agrupa os cimentos em cinco tipos principais:

- CEM I – Cimento Portland;
- CEM II - Cimento Portland composto;
- CEM III – Cimento de alto forno;
- CEM IV – Cimento pozolânico;
- CEM V – Cimento composto.

A verificação da conformidade dos cimentos, seguindo as normas aplicáveis, deve basear-se no controlo do produto e da sua produção por parte do fabricante, ao qual deve ser exigido a respectiva ficha de produto. Por cada lote (uma cisterna ou equivalente) deverão ser recolhidas pelo Adjudicatário duas amostras, devendo uma ser entregue à Fiscalização.

Os cimentos a utilizar em obra deverão ostentar obrigatoriamente a Marcação CE, que terá que ser evidenciada pela apresentação dos respectivos documentos comprovativos.

6.2 Cal

A Norma Europeia que define os requisitos aplicáveis à cal é a NP EN 459-1 *Cal de construção – Parte 1: Definições, especificações e critérios de conformidade*.

Segundo a NP EN 459-1, cal é um material que abrange qualquer forma física e química sob a qual pode aparecer o óxido de cálcio e/ou magnésio (CaO e MgO) e/ou os hidróxidos (Ca(OH)_2 e Mg(OH)_2).

Esta norma define os diversos tipos de cal:

- Cal aérea;
- Cal viva;
- Cal hidratada;
- Cal cálcica;
- Cal dolomítica;
- Cal dolomítica semi-hidratada;
- Cal dolomítica hidratada;
- Cal hidráulica natural;
- Cal hidráulica.

A verificação da conformidade da cal, seguindo as normas aplicáveis, deve basear-se no controlo do produto e da sua produção por parte do fabricante, ao qual deve ser exigido a respectiva ficha de produto.

A cal a utilizar em obra deverá ostentar obrigatoriamente a Marcação CE, que terá que ser evidenciada pela apresentação dos respectivos documentos comprovativos

7. Adições para misturas tratadas com ligantes hidráulicos e betão hidráulico

As adições a considerar nas misturas tratadas com ligantes hidráulicos e betão hidráulico são as previstas na Norma Europeia NP EN 206-1 Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade, ou seja, adições inorgânicas do tipo I (adições quase inertes) e do tipo II (adições pozolânicas ou hidráulicas latentes):

- Fíler calcário (tipo I);
- Cinzas volantes (tipo II);
- Sílica de fumo (tipo II).

Segundo a NP EN 206-1, adição é um material finamente dividido utilizado no betão com a finalidade de lhe melhorar certas propriedades ou alcançar propriedades especiais.

Um fíler é um agregado cuja maior parte passa no peneiro 0,063 mm e que pode ser adicionado aos materiais da construção para lhes conferir certas propriedades. A cinza volante é um pó fino constituído principalmente por partículas esféricas e vítreas resultante da queima de carvão pulverizado, com propriedades pozolânicas e constituída essencialmente por SiO_2 e Al_2O_3 , sendo no mínimo de 25% em massa o teor de SiO_2 reactivo. A sílica de fumo é um pó amorfo, extremamente fino, obtido numa electrometalurgia de silício e respectivas ligas por condensação e filtragem dos fumos.

As Normas Europeias e especificações que definem os requisitos aplicáveis a estas adições são:

- NP EN 206-1 Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade;
- NP EN 450 Cinzas volantes para betão – Definições, exigências e controlo da qualidade;
- NP EN 12620 Agregados para betão;
- Especificação LNEC E 337 – Sílica de fumo para betões.

A verificação da conformidade das adições, seguindo as normas e especificações aplicáveis, deve basear-se no controlo do produto e da sua produção por parte do fabricante, ao qual deve ser exigido a respectiva ficha de produto.

Os fíleres calcários a utilizar deverão ostentar obrigatoriamente a Marcação CE, que terá que ser evidenciada pela apresentação dos respectivos documentos comprovativos.

8. Adjuvantes para misturas tratadas com ligantes hidráulicos e betão hidráulico

Os adjuvantes a considerar nas misturas tratadas com ligantes hidráulicos e betão hidráulico devem satisfazer a Norma Europeia NP EN 934-2 Adjuvantes para betão – Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem.

Adjuvante para betão é um produto incorporado durante o processo de amassadura do betão, com uma dosagem não superior a 5% em massa da dosagem de cimento do betão, para modificar as propriedades do betão fresco ou endurecido.

As Normas Europeias que definem os requisitos aplicáveis aos adjuvantes são:

- NP EN 206-1 Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade;
- NP EN 480 Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção – Métodos de ensaio (Partes 1, 2, 4, 5, 6, 8 10, 11 e 12);
- NP EN 934-2 Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção – Parte 2: Definições, requisitos, conformidade, marcação e rotulagem;
- NP EN 934-6 Adjuvantes para betão, argamassa e caldas de injeção – Parte 6: Amostragem, controlo da conformidade e avaliação da conformidade.

A Norma Europeia NP EN 934-2 define os diferentes tipos de adjuvantes para betão:

- Plastificante/redutor de água;
- Superplastificante/forte redutor de água;
- Retentor de água;
- Introduutor de ar;
- Acelerador de presa;
- Acelerador de endurecimento;

- Retardador de presa;
- Hidrófugo;
- Plastificante/redutor de água/retardador de presa;
- Superplastificante/forte redutor de água/retardador de presa;
- Plastificante/redutor de água/acelerador de presa.

A verificação da conformidade dos adjuvantes, seguindo as normas aplicáveis, deve basear-se no controlo do produto e da sua produção por parte do fabricante, ao qual deve ser exigido a respectiva ficha de produto.

9. Água

9.1 Água para camadas não ligadas e misturas betuminosas

A água a empregar na execução de camadas não ligadas e de misturas betuminosas para as aplicações previstas neste Caderno de Encargos deverá ser doce, limpa e não deverá conter óleos, ácidos, matérias orgânicas ou quaisquer outros produtos prejudiciais.

9.2 Água para misturas tratadas com ligantes hidráulicos e betão hidráulico

A água a empregar nas misturas tratadas com ligantes hidráulicos e betão hidráulico para as aplicações previstas neste Caderno de Encargos deverá ser doce, limpa e não deverá conter óleos, ácidos, matérias orgânicas ou quaisquer outros produtos prejudiciais que possam influenciar os tempos de presa e o desenvolvimento da resistência da mistura.

A água a utilizar deverá ainda obedecer aos requisitos da Norma Europeia NP EN 1008 Água de amassadura para betão – Especificações para a amostragem, ensaio e avaliação da aptidão da água, incluindo água recuperada nos processos da indústria de betão, para o fabrico do betão.

A norma NP EN 1008 considera que, em geral, a aptidão da água para o fabrico de betão depende da sua origem, e, define os seguintes tipos:

- Água potável, água recuperada nos processos da indústria de betão;
- Água subterrânea;
- Água superficial natural e água residual industrial;
- Água do mar e água salobra;
- Água residual doméstica.

14.03.1 - Materiais para camadas não ligadas

Os materiais para camadas não ligadas incluem solos seleccionados, agregados britados (naturais e reciclados) de granulometria extensa – ABGE, agregado fino e material drenante com agregado britado.

No caso dos ABGE, para além dos requisitos definidos na NP EN 13242 Agregados para materiais ligados ou tratados com ligantes hidráulicos em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária, devem ser considerados os requisitos definidos na EN 13285 Unbound mixtures – Specification.

As misturas não ligadas abrangem as seguintes rubricas:

14.03.1.1 - Camada de sub-base

14.03.1.1.1 - Solos seleccionados

14.03.1.1.2 - Agregado britado de granulometria extensa

14.03.1.1.3 - Agregado reciclado

14.03.1.2 - Camada de base

14.03.1.2.1 - Agregado britado de granulometria extensa

14.03.1.2.2 - Agregado reciclado

14.03.1.3 - Camada de regularização

14.03.1.3.1 - Areia ou outro agregado fino para assentamento de calçada ou blocos de betão

14.03.1.4 - Camada de regularização, no enchimento de bermas

14.03.1.4.1 - Solos seleccionados

14.03.1.4.2 - Agregado britado de granulometria extensa

14.03.1.4.3 - Material drenante com agregado britado

14.03.1.5 - Camada de desgaste em camadas traficadas não revestidas

14.03.1.5.1 - Solos seleccionados

14.03.1.5.2 - Agregado britado de granulometria extensa

O Quadro 14.03.1a especifica os requisitos dos solos seleccionados para camadas granulares com características de sub-base, regularização no enchimento de bermas e desgaste em camadas traficadas não revestidas.

O Quadro 14.03.1b especifica os requisitos dos agregados, para camadas granulares com características de sub-base, base, regularização, regularização no enchimento de bermas e desgaste em camadas traficadas não revestidas.

O Quadro 14.03.1c especifica as propriedades e requisitos mínimos dos agregados reciclados, para camadas não ligadas com características de sub-base e base.

O Quadro 14.03.1d especifica os requisitos granulométricos dos agregados e das misturas não ligadas a aplicar nas camadas de sub-base, base, regularização, regularização no enchimento de bermas e desgaste em camadas traficadas não revestidas.

Quadro 14.03.1a: Camadas não ligadas - Requisitos/Propriedades dos solos seleccionados					
Requisitos / Propriedades	Referência normativa	Unidade	Camada de sub-base	Camada de regularização, enchimento bermas	Camada de desgaste, camadas traficadas não revestidas
			Rubrica 14.03.1.1.1	Rubrica 14.03.1.4.1	Rubrica 14.03.1.5.1
Generalidades	-	-	Solos de boa qualidade, isentos de detritos, matéria orgânica ou quaisquer outras substâncias nocivas		
Dimensão máxima	LNEC E 196	mm	75	50 e 2/3 espessura camada	
Percentagem material que passa no peneiro n.º 200 ASTM, máxima	LNEC E 196	%	15	10 a 20	
Limite liquidez, máximo	NP 143	%	25	35	

Continuação do Quadro 14.03.1a: Camadas não ligadas - Requisitos/Propriedades dos solos seleccionados

Requisitos / Propriedades	Referência normativa	Unidade	Camada de sub-base	Camada de regularização, enchimento bermas	Camada de desgaste, camadas traficadas não revestidas
			Rubrica 14.03.1.1.1	Rubrica 14.03.1.4.1	Rubrica 14.03.1.5.1
Limite plasticidade, máximo	NP 143	%	6	6 a 10	
Valor de equivalente de areia, mínimo	LNEC E 199	%	30	NR	
Valor de azul de metileno (material dimensão inferior a 75 µm, máximo)	AFNOR 18-592	-	1,5		
CBR 95 % compactação relativa (Proctor Modificado), mínimo	LNEC E198	%	20		
Expansibilidade (ensaio CBR), máxima	NF P94-078	%	1,5		
NR – Não Requerido.					

Quadro 14.03.1b - Camadas não ligadas - Requisitos/Propriedades dos agregados naturais (NP EN 13242)

Requisitos / Propriedades	Refª normativa	Unid.	Camada de sub-base	Camada de base	Camada de regularização	Camada de regularização, enchimento bermas		Camada de desgaste, camadas traficadas não revestidas
			ABGE	ABGE	Agregado fino, assentamento calçada	ABGE	Material drenante, agregado britado	ABGE
			rubrica 14.03.1.1.2	rubrica 14.03.1.2.1	rubrica 14.03.1.3.1	rubrica 14.03.1.4.2	rubrica 14.03.1.4.3	rubrica 14.03.1.5.2
Forma do agregado grosso - Índice de achatamento	NP EN 933-3	%	F_{35}	30 ^(a)	NA	30 ^(a)	F_{35}	30 ^(a)
Percentagem de partículas esmagadas ou partidas e de partículas totalmente roladas nos agregados grossos	NP EN 933-5	%	$C_{90/3}$		NA	$C_{90/3}$		$C_{90/3}$

Continuação do Quadro 14.03.1b - Camadas não ligadas - Requisitos/Propriedades dos agregados naturais (NP EN 13242)								
Requisitos / Propriedades	Refª normativa	Unid.	Camada de sub-base	Camada de base	Camada de regularização	Camada de regularização, enchimento bermas		Camada de desgaste, camadas traficadas não revestidas
			ABGE	ABGE	Agregado fino, assentamento calçada	ABGE	Material drenante, agregado britado	ABGE
			rubrica 14.03.1.1.2	rubrica 14.03.1.2.1	rubrica 14.03.1.3.1	rubrica 14.03.1.4.2	rubrica 14.03.1.4.3	rubrica 14.03.1.5.2
Qualidade dos finos - Valor de equivalente de areia, mínimo e Valor do ensaio de azul de metileno, máximo	NP EN 933-8, NP EN 933-9	% g/kg	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então $SE \geq 40$. Caso $SE < 40$, então $MB \leq 2,5$	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então $SE \geq 50$. Caso $SE < 50$, então $MB \leq 2,0$	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 %, os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então $SE \geq 40$. Caso $SE < 40$, então $MB \leq 2,5$	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então $SE \geq 40$. Caso $SE < 40$, então $MB \leq 2,5$	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então $SE \geq 60$. Caso $SE < 60$, então $MB \leq 2,0$	Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais. Se o teor total de finos for superior a 3 %, então $SE \geq 50$. Caso $SE < 50$, então $MB \leq 2,0$
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles	NP EN 1097-2	%	45 ^(a)	LA_{40}	NA	LA_{40}	45 ^(a)	LA_{40}
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro-Deval	NP EN 1097-1	%	$M_{DE}35$	$M_{DE}25$		$M_{DE}25$	$M_{DE}35$	$M_{DE}25$
Massa volúmica das partículas	NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar					
Absorção de água	NP EN 1097-6	%						
"Sonnenbrand" do basalto	NP EN 1367-3 e NP EN 1097-2	%	Em caso de dúvida, onde existam indícios de "Sonnenbrand", perda de massa após a ebulição ≤ 1 e $SB_{LA} \leq 8$		NA	Em caso de dúvida, onde existam indícios de "Sonnenbrand", perda de massa após a ebulição ≤ 1 e $SB_{LA} \leq 8$		
Resistência ao gelo e ao degelo, valor de absorção de água como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio	NP EN 1097-6 e NP EN 1367-2	%	Se a absorção de água for superior a $WA_{24,2}$, então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS_{35} ^(b)		Se a absorção de água for superior a $WA_{24,0,5}$, então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS_{35} ^(b)	Se a absorção de água for superior a $WA_{24,2}$, então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS_{35} ^(b)		
NA - Não Aplicável								
(a) – Como a Norma NP EN 13242 não possui as categorias FI ₃₀ e LA ₄₅ são indicados os valores requeridos.								
(b) - Para agregados susceptíveis de degradação pela acção do gelo-degelo, expostos a ambientes sujeitos ao gelo e ao degelo, a situações de humidade elevada ou à água do mar, o ensaio de absorção de água deve ser utilizado como ensaio de triagem. Se a absorção de água não for superior ao valor especificado na categoria $WA_{24,2}$ ou $W_{cm,0,5}$, o agregado deve ser considerado como resistente ao gelo-degelo.								

Quadro 14.03.1c - Camadas não ligadas - Requisitos/Propriedades dos agregados reciclados

Requisitos / Propriedades	Refª normativa	Camada de sub-base			Camada de base																								
		AGER1 (B ou C)	AGER2 (B ou C)	AGER3 (B)	AGER1 (B ou C)	AGER2 (B ou C)	AGER3 (B)																						
		rubrica 14.03.1.1.3	rubrica 14.03.1.1.3	rubrica 14.03.1.1.3	rubrica 14.03.1.1.3	rubrica 14.03.1.1.3	rubrica 14.03.1.1.3																						
Parâmetros geométricos e de natureza																													
Dimensão	NP EN 13285	0/31,5																											
Sobretamanhos (NP EN 933-1)	NP EN 13285	OC ₇₅	OC ₈₀	OC ₈₅	OC ₇₅	OC ₈₀	OC ₈₅																						
Classe de granulometria (NP EN 933-1)	NP EN 13285	G _B		G _A	G _B		G _A																						
Teor de finos (NP EN 933-1)	NP EN 13285	UF ₉ LF ₂			UF ₉ LF ₂																								
Qualidade dos finos (NP EN 933-9) ^(a)	NP EN 13242+A1	MB _{0,075} ≤ 1,0 g/kg	MB _{0,0} ≤ 0,8 g/kg		MB _{0,0} ≤ 1,0 g/kg	MB _{0,0} ≤ 0,8 g/kg																							
Percentagem de partículas totalmente esmagadas ou partidas e totalmente roladas em agregados grossos (NP EN 933-5)	NP EN 13242+A1	C _{50/30}	C _{50/10}	C _{90/3}	C _{50/30}	C _{50/10}	C _{90/3}																						
Parâmetros de comportamento mecânico																													
Resistência à fragmentação e resistência ao desgaste (NP EN 1097-2 e NP EN 1097-1)	EN 13242+A1	LA ₄₅ e MDE ₄₅ ou LA+MDE ≤85	LA ₄₀ e MDE ₃₅ ou LA+MDE≤75	LA ₄₀ e MDE ₃₅ ou LA+MDE≤70	LA ₄₀ e MDE ₃₅ ou LA+MDE≤85	LA ₄₀ e MDE ₃₅ ou LA+MDE≤75	LA ₄₀ e MDE ₃₅ ou LA+MDE≤70																						
Propriedades químicas																													
Teor de sulfatos solúveis em água (EN 1744-1) ^(b)	EN 13242 + A1	SS _{0,7}																											
Libertação de substâncias perigosas	EN1245-4	Classificação como resíduos para deposição em aterro de resíduos inertes ^(c)																											
(a) - MB _{0,0} – O valor do azul metileno expresso em g/kg segundo a norma de ensaio (NP EN 933-9) multiplicado pela percentagem da fracção passada no peneiro de 2mm. (b) - Para teores de sulfatos superiores a 0.2%, estes agregados deverão ser colocados a uma distância não inferior a 0,50m de elementos estruturais de betão. (c) - A classificação baseia-se apenas nos resultados do ensaio de lixiviação para L/S = 10 l/kg - Secção 2.1.2.1, da Decisão do Conselho 2003/33/CE.																													
<table><tr><th colspan="2">Decisão do Conselho 2003/33/CE</th></tr><tr><th>Parâmetros</th><th>Resíduos inertes</th></tr><tr><td>Carbono Orgânico Dissolvido, C(mg/kg)</td><td>≤ 500</td></tr><tr><td>Cádmio, Cd (mg/kg)</td><td>≤ 0,04</td></tr><tr><td>Cobre, Cu (mg/kg)</td><td>≤ 2</td></tr><tr><td>Crómio Total, Cr (mg/kg)</td><td>≤ 0,5</td></tr><tr><td>Níquel, Ni(mg/kg)</td><td>≤ 0,4</td></tr><tr><td>Chumbo, Pb (mg/kg)</td><td>≤ 0,5</td></tr><tr><td>Zinco, Zn (mg/kg)</td><td>≤ 4</td></tr><tr><td>Cloretos, Cl (mg/kg)</td><td>≤ 800</td></tr><tr><td>Sulfatos, SO²⁻₄ (mg/l)</td><td>≤ 1000</td></tr></table>								Decisão do Conselho 2003/33/CE		Parâmetros	Resíduos inertes	Carbono Orgânico Dissolvido, C(mg/kg)	≤ 500	Cádmio, Cd (mg/kg)	≤ 0,04	Cobre, Cu (mg/kg)	≤ 2	Crómio Total, Cr (mg/kg)	≤ 0,5	Níquel, Ni(mg/kg)	≤ 0,4	Chumbo, Pb (mg/kg)	≤ 0,5	Zinco, Zn (mg/kg)	≤ 4	Cloretos, Cl (mg/kg)	≤ 800	Sulfatos, SO ²⁻ ₄ (mg/l)	≤ 1000
Decisão do Conselho 2003/33/CE																													
Parâmetros	Resíduos inertes																												
Carbono Orgânico Dissolvido, C(mg/kg)	≤ 500																												
Cádmio, Cd (mg/kg)	≤ 0,04																												
Cobre, Cu (mg/kg)	≤ 2																												
Crómio Total, Cr (mg/kg)	≤ 0,5																												
Níquel, Ni(mg/kg)	≤ 0,4																												
Chumbo, Pb (mg/kg)	≤ 0,5																												
Zinco, Zn (mg/kg)	≤ 4																												
Cloretos, Cl (mg/kg)	≤ 800																												
Sulfatos, SO ²⁻ ₄ (mg/l)	≤ 1000																												

Quadro 14.03.1d: Camadas granulares - Requisitos granulométricos dos agregados naturais e reciclados (NP EN 13242) e misturas não ligadas (EN 13285)

Requisitos / Propriedades	Referência normativa	Unidade	Camada de sub-base	Camada de base	Camada de regularização	Camada de regularização, enchimento bermas				Camada de desgaste, camadas traficadas não revestidas			
			ABGE	ABGE	Agregado fino, assentamento calçada	ABGE	Material drenante, agregado britado		ABGE				
			rubricas 14.03.1.1.2 14.03.1.1.3	rubricas 14.03.1.2.1 14.03.1.2.2	rubrica 14.03.1.3.1	rubrica 14.03.1.4.2	rubrica 14.03.1.4.3	rubrica 14.03.1.5.2					
Designação agregado/mistura	NP EN 13242 EN 13285	-	Mistura 0/31,5		Agregado fino 0/4	Mistura 0/31,5	Agregado granulometria extensa, 0/22,4		Mistura 0/31,5				
Teor de finos	NP EN 13242, NP EN 933-1	%	NA		f_{10}	NA	f_3		NA				
Conteúdo de finos, máximo	NP EN 13285, NP EN 933-1		UF_7		NA	UF_7	NA		UF_7				
Conteúdo de finos, mínimo			LF_2		NA	LF_2	NA		LF_2				
Sobretamanhos			OC_{80}		NA	OC_{80}	NA		OC_{80}				
Curva granulométrica	NP EN 13242 (G _F)	-	G_B		G_{F85}	G_B	G_{F80}		G_B				
Dimensão dos peneiros de referência	EN 13285 (G _B)		Fuso granulométrico - Percentagem acumulada de material passado										
40	NP EN 13242 (rubricas 14.03.1.3.1 e 14.03.1.4.3) EN 13285 (restantes rubricas), NP EN 933-2	mm		100		-		100	2D	100		100	
31,5			D	80-99		-	D	80-99	1,4D	98-100	D	80-99	
22,4				-		-		-	D	80-99		-	
16			A	63-77		-	A	63-77	Ra	42-89	A	63-77	
8			B	43-60	2D	100	B	43-60	Ra	11-47	B	43-60	
6,3				-		-		-		-		-	
5,6				-	1,4D	98-100		-		-		-	
4			C	30-52		85-99	C	30-52	Ra	0-20	C	30-52	
2			E	23-40	Ra	70-98	E	23-40	Ra	0-5	E	23-40	
1			F	14-35	Ra	46-75	F	14-35		-	F	14-35	
0,5			G	10-30	Ra	20-50	G	10-30		-	G	10-30	
0,25				-	Ra	9-27		-		-		-	
0,125				-	Ra	4 -13		-		-		-	
0,063					2-7		1-10		2-7		0-3		2-7
D - Abertura do peneiro superior que pode reter material, em milímetros A, B, C, E, F G - Peneiros para a granulometria, de acordo com EN 13285, secção 4.4.1 Ra - Requisito adicional Nota: Os valores apresentados para os agregados reciclados podem ser obtidos com a adição de agregados naturais, tendo em vista a sua correcção granulométrica.													

14.03.2 - Materiais para camadas de misturas betuminosas a quente

1. Materiais

Os Quadros 14.03.2b, 14.03.2e, 14.03.2h e 14.03.2l especificam os requisitos granulométricos dos agregados das misturas betuminosas a quente. Tais requisitos são definidos de acordo com:

- as disposições constantes da NP EN 13043, caso se tratem de agregados a utilizar nas camadas de misturas betuminosas a quente (por exemplo, os agregados duros para o AC 14 surf da rubrica 14.03.2.4.5). Nestes casos, os agregados são definidos em termos das suas dimensões, usando as designações d/D. É especificada uma categoria para a granulometria e são cumpridos os requisitos gerais indicados na NP EN 13242 para os peneiros 2D, 1,4D, D, d e d/2, quando aplicável. Com vista ao melhor enquadramento do produto na respectiva utilização prevista, são igualmente especificados requisitos adicionais para a percentagem de passados nos peneiros indicados;
- as disposições constantes da EN 13108-1 *Bituminous mixtures- Material specifications- Part 1: Asphalt concrete*, aplicável a misturas do grupo betão betuminoso. Os fusos granulométricos têm em consideração os peneiros da “Série Base mais a Série 2” indicados na NP EN 13043 e são os que melhor se adaptam às misturas produzidas em Portugal. Todos os fusos têm em consideração os seguintes peneiros: 1,4D, D, peneiro característico intermédio, peneiro extra opcional, 2 mm, peneiro característico intermédio, peneiro extra opcional e 0,063 mm;
- as disposições constantes da EN 13108-7 *Bituminous mixtures- Material specifications- Part 7: Porous asphalt*, aplicável a misturas do grupo betão betuminoso drenante;
- a percentagem de material passado numa série de peneiros de acordo com a NP EN 933-2, quando os requisitos granulométricos aplicáveis à mistura não se enquadram em nenhuma das três Normas acima referidas (por exemplo, as misturas betuminosas com betume modificado com alta percentagem de borracha).

Os Quadros 14.03.2c, 14.03.2f, 14.03.2i e 14.03.2m especificam os requisitos dos agregados para camadas de misturas betuminosas a quente com características de base, ligação, regularização, e desgaste, respectivamente. Tais requisitos são definidos

de acordo com as disposições constantes na Norma Portuguesa NP EN 13043, aplicável aos agregados obtidos a partir do processamento de materiais naturais para utilização em misturas betuminosas. Para além das exigências da NP EN 13043, a composição granulométrica das misturas betuminosas tem que ser obtida, no mínimo, a partir de três fracções granulométricas distintas.

O fíler deve cumprir os requisitos especificados no item 14.03.0-3.

O ligante deve cumprir os requisitos especificados no item 14.03.0-4.

Os aditivos devem cumprir os requisitos especificados no item 14.03.0-5.

2. Misturas betuminosas

O actual acervo normativo Europeu inclui um conjunto de Normas Europeias que definem requisitos para as misturas betuminosas fabricadas a quente - 8 partes da série 13108, cujas propriedades são caracterizadas pelos respectivos métodos de ensaio descritos na série 12697 (43 partes).

As Normas Portuguesas NP EN 13108-20 Misturas betuminosas – Especificações dos materiais - Parte 20: Ensaios de Tipo e NP EN 13108-21 Misturas betuminosas – Especificações dos materiais - Parte 21: Controlo da Produção em Fábrica são parte integrante do sistema de avaliação da conformidade das misturas betuminosas.

O presente Caderno de Encargos abrange as misturas betuminosas fabricadas a quente especificadas nas Normas da série 13108: *EN 13108-1 Bituminous mixtures- Material specifications- Part 1: Asphalt concrete* e *EN 13108-7 Bituminous mixtures- Material specifications- Part 7: Porous asphalt*.

Incluem-se ainda as misturas betuminosas com betume modificado com alta percentagem de borracha, que não se enquadram em nenhuma Norma Europeia da série EN 13108, aplicando-se-lhes no entanto, as metodologias de ensaio descritas nas Normas Europeias da série EN 12697.

2.1 Misturas betuminosas do grupo do betão betuminoso¹

A Norma Europeia EN 13108-1 especifica os requisitos para as misturas betuminosas do grupo do betão betuminoso, produzidas a quente, e deve ser utilizada em conjunto com as NP EN 13108-20 e NP EN 13108-21.

¹ Misturas com obrigatoriedade de aposição da marcação CE. Aplica-se o sistema 2+ para atestação da conformidade como base para a marcação CE.

Estão abrangidas pelo presente Caderno de Encargos um conjunto de misturas betuminosas incluídas no “grupo do betão betuminoso”, cujos requisitos se baseiam na abordagem empírica definida na EN 13108-1, em termos de receitas de composição e de requisitos para os materiais constituintes em associação com requisitos adicionais baseados em ensaios relacionados com o desempenho.

O conjunto de misturas betuminosas acima referido está discriminado no Quadro 14.03.2a, o qual inclui a nova designação para as misturas betuminosas de acordo com a EN 13108-1 e uma comparação com a designação adoptada no Caderno de Encargos de 1998.

A nova designação europeia para as misturas betuminosas pode conduzir à mesma designação para misturas betuminosas distintas, pelo que foram adicionadas siglas correspondentes ao tipo de mistura em causa.

Inclui-se o seguinte exemplo para a designação do macadame betuminoso, fuso B, a aplicar em camada de base, produzida com um betume de gama de penetração 35/50 (EN 12591) e com um agregado cuja abertura do peneiro superior é igual a 32 mm: **“AC32 base 35/50 (MB)”**, sendo que as siglas MB são as iniciais da designação da mistura em Português (Macadame Betuminoso).

Quadro 14.03.2a – Designação das misturas betuminosas		
Camada	Designação anterior	Designação actual
Base	Macadame Betuminoso Fuso B	AC 32 base ligante (MB)
	Macadame Betuminoso Fuso A	AC 20 base ligante (MB)
	Mistura Betuminosa de Alto Módulo	AC 20 base ligante (MBAM)
Ligação	Macadame Betuminoso Fuso A	AC 20 bin ligante (MB)
	Mistura Betuminosa Densa	AC 20 bin ligante (MBD)
	Mistura Betuminosa de Alto Módulo	AC 16 bin ligante (MBAM)
	Betão Betuminoso	AC 14 bin ligante (BB)
	Argamassa Betuminosa com betume modificado	AC 4 bin ligante (AB)
Regularização	Macadame Betuminoso Fuso A	AC20 reg ligante (MB)
	Mistura Betuminosa Densa	AC 20 reg ligante (MBD)
	Betão Betuminoso	AC 14 reg ligante (BB)
	Argamassa Betuminosa com betume modificado	AC 4 reg ligante (AB)

Continuação do Quadro 14.03.2a – Designação das misturas betuminosas		
Camada	Designação anterior	Designação actual
Desgaste	Betão Betuminoso	AC 14 surf ligante (BB)
	Betão Betuminoso Rugoso	AC 14 surf ligante (BBr)
	(micro) Betão Betuminoso Rugoso	AC 10 surf ligante (mBBr)
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”.		

2.2 Misturas betuminosas do grupo do betão betuminoso drenante

A Norma Europeia EN 13108-7 *Bituminous mixtures- Material specifications- Part 7: Porous asphalt* especifica os requisitos para as misturas betuminosas do grupo do betão betuminoso drenante, produzidas a quente, e deve ser utilizada em conjunto com as NP EN 13108-20 e NP EN 13108-21.

Esta Norma especifica o betão betuminoso drenante com base na abordagem empírica definida em termos de receitas de composição e de requisitos para os materiais constituintes em associação com requisitos adicionais baseados em ensaios relacionados com o desempenho.

A EN 13108-7 especifica uma nova designação para o betão betuminoso drenante, a qual inclui, para além das siglas relativas a este tipo de mistura (PA), a abertura do peneiro superior do agregado na mistura, em mm (D) e a designação do betume utilizado (ligante). À semelhança do grupo do betão betuminoso foram acrescentadas siglas referentes às iniciais da designação da mistura em Português (Betão Betuminoso drenante). No caso do betão betuminoso drenante especificado no Caderno de Encargos, a nova designação é: PA 12,5 ligante (BBd).

Este tipo de mistura destina-se a ser aplicada em camada de desgaste.

2.3 Misturas betuminosas com betume modificado com borracha

O fuso granulométrico definido para estas misturas não se enquadra em nenhuma Norma Europeia da série EN 13108. Assim, não existe Norma Europeia de produto

aplicável a este tipo de mistura betuminosa. Contudo, aplicam-se as metodologias de ensaio descritas nas Normas Europeias da série EN 12697.

Este tipo de mistura destina-se a ser aplicada em camadas de desgaste.

3. Tipos de aplicação

As misturas betuminosas indicadas em 2.1, 2.2 e 2.3, são aplicáveis em camadas do pavimento com características de base, ligação, regularização e desgaste, consoante o tipo de mistura. Estas camadas abrangem as seguintes rubricas:

- **14.03.2.1 - Camada de base**
- **14.03.2.2 - Camada de ligação**
- **14.03.2.3 - Camada de regularização**
- **14.03.2.4 - Camada de desgaste**

14.03.2.1 - Camada de base

Os materiais para camadas de misturas betuminosas com características de base abrangem as seguintes rubricas:

- 14.03.2.1.1 - AC 32 base ligante (MB)**
- 14.03.2.1.2 - AC 20 base ligante (MB)**
- 14.03.2.1.3 - AC 20 base ligante (MBAM)**

O Quadro 14.03.2b especifica os requisitos dos fusos granulométricos para as misturas betuminosas a aplicar em camadas com características de base.

O Quadro 14.03.2c especifica os requisitos dos agregados para camadas betuminosas com características de base.

O Quadro 14.03.2d especifica os requisitos da mistura betuminosa para camadas betuminosas com características de base.

Quadro 14.03.2b: Camadas de misturas betuminosas a quente							
Camada de base - Requisitos dos fusos granulométricos							
Camada de base							
Tipo de mistura		AC 32 base (MB)		AC 20 base (MB)		AC20 base (MBAM)	
		rubrica 14.03.2.1.1		rubrica 14.03.2.1.2		rubrica 14.03.2.1.3	
Peneiros Série Base+ Série 2	Unidade	Percentagem acumulada do material passado					
40	mm	1,4D	100	-	-	-	-
31,5		D	90 - 100	1,4D	100	1,4D	100
20		(c1)	68 - 93	D	90 - 100	D	90 - 100
16		-	-	-	-	-	-
14		-	-	-	-	-	-
12,5		-	-	(c1)	57 - 86	-	-
10		-	-	-	-	(c1)	63 - 81
6,3		(o1)	40 - 60	-	-	-	-
4		-	-	(o1)	34 - 49	(o1)	42 - 57
2		2	26 - 41	2	26 - 41	2	27 - 41
1		-	-	-	-	-	-
0,5		(c2)	12 - 26	(c2)	12 - 26	(c2)	11 - 23
0,125		(o2)	4 - 14	(o2)	4 - 14	(o2)	7 - 13
0,063		0,063	2 - 7	0,063	2 - 7	0,063	5 - 9
Referência normativa		EN 13108-1 e NP EN 13043					
D - abertura do peneiro superior que pode reter material, em milímetros (c1) peneiro característico intermédio, entre D e 2 milímetros (o1) peneiro extra opcional entre D e 2 milímetros (c2) peneiro característico intermédio, entre 2 e 0,063 milímetros (o2) peneiro extra opcional entre 2 e 0,063 milímetros							

Quadro 14.03.2c: Camadas de misturas betuminosas a quente
Camada de base - Requisitos/Propriedades dos agregados (NP EN 13043)

Camada de base						
Requisitos / Propriedades		Referência normativa	Unidade	Tipo de mistura		
				AC 32 base (MB)	AC 20 base(MB)	AC20 base (MBAM)
				rubrica 14.03.2.1.1	rubrica 14.03.2.1.2	rubrica 14.03.2.1.3
Qualidade dos finos	3%-10% ^(a)	NP EN 933-9	g/Kg	MB _{F10}		
	>10% ^(b)			Satisfazer os requisitos aplicáveis aos fileres, de acordo com o especificado no Quadro 14.3.0-3b.		
Forma do agregado grosso - Índice de achatamento		NP EN 933-3	-	F ₃₀		
Percentagens de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos		NP EN 933-5	%	C _{100/0}		
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles		NP EN 1097-2 (secção 5)	%	LA ₄₀		
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro-Deval		NP EN 1097-1	%	M _{DE25}		
Massa volúmica das partículas		NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar		
Absorção de água		NP EN 1097-6	%	≤ 2		
Baridade		NP EN 1097-3	Mg/m ³	A declarar		
Resistência ao gelo e ao degelo [valor de absorção de água (wa) como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio (MS)] ^(c)		NP EN 1097-6 NP EN 1367-2	%	Se WA >2, o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅		
Resistência ao choque térmico		NP EN 1367-5 NP EN 1097-2 (secção 5)	%	A declarar		
Afinidade dos agregados grossos aos ligantes betuminosos		EN 12697-11	—	A declarar ^(d)		
"Sonnenbrand" do basalto ^(e)		NP EN 1367-3 NP EN 1097-2 (secção 5)	%	Perda de massa após a ebulição ≤ 1 e SB _{LA} ≤ 8		
NA - Não Aplicável						
(a) - Quando a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm no agregado fino, estiver compreendido entre 3% e 10%, em massa, deve ser avaliada a nocividade dos finos da fracção 0/0,125 mm e o valor do ensaio de azul de metileno deve estar enquadrado na categoria MB _{F10} .						
(b) - Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for superior a 10 % (em massa), os finos devem cumprir os requisitos aplicáveis aos fileres, de acordo com o especificado no Quadro 14.03.0-3b.						
(c) - Para agregados susceptíveis de degradação pela acção do gelo-degelo, expostos a ambientes sujeitos ao gelo e ao degelo, a situações de humidade elevada ou à água do mar, o ensaio de absorção de água deve ser utilizado como ensaio de triagem. Se a absorção de água não for superior ao valor especificado na categoria WA ₂₄₂ o agregado deve ser considerado como resistente ao gelo-degelo. Se a absorção de água for superior a WA ₂₄₂ , então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅ .						
(d) - A utilização de seixo britado é condicionada ao emprego de um aditivo no betume, de modo a garantir a adequada adesividade ao ligante betuminoso.						
(e) - Em caso de dúvida, onde existam indícios de "Sonnenbrand".						

Quadro 14.03.2d: Camadas de misturas betuminosas a quente

Camada de base - Requisitos/Propriedades							
Camada de base							
Requisitos /Propriedades		Referência normativa	Condições específicas de ensaio	Unid.	Tipo de mistura		
					AC 32 base (MB)	AC 20 base (MB)	AC20 base (MBAM)
					rubrica 14.03.2.1.1	rubrica 14.03.2.1.2	rubrica 14.03.2.1.3
Características Marshall	Estabilid.,máx.	EN 12697-34	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas	KN	NA	$S_{max15}^{(a)}$	S_{maxNR}
	Estabilid.,mín.			KN		$S_{mim7,5}$	$16^{(b)}$
	Deform., máx.			mm		F4	F4
	Deform., mín.			mm		F2	F2
	Quoc. Marshall, mín.			KN/mm		Q_{min2}	Q_{minNR}
Vazios na mistura de agregados (VMA), mín.		EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na baridade máxima teórica ^(c) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(d) – determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	VMAMin14		
Porosidade, Vm		EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na baridade máxima teórica ^(c) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(d) – determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	4-8 ^(e)	Vmin3,0- Vmax6	Vmin2,0- Vmax6
Relação ponderal de filer /ligante		–	Estudo de formulação (item 15.03.2)	%	Item 14.03.0-3		
Índice de Resistência Conservada (IRC) em ensaios de compressão Marshall, mín.		MIL-STD-620A	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas	%	NA	80	
Resistência à Deformação Permanente ("wheel-tracking")	Taxa de deformação, WTSAIR	EN 12697-22	Equipamento pequeno, procedimento B, acondicionamento ao ar, temperatura do ensaio 60 ° C	mm/10^3 ciclos de carga	Categoria a declarar		
	Profundidade de rodeira máxima, PRDAIR			%			
% de ligante, mín.		–	–	%	Bmin4,2 ^(f)	Bmin3,5 ^(g)	Bmin4,0 ^(g)
Sensibilidade à água, ITSR		EN 12697-12	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas, temperatura do ensaio: 15.°C	%	NA	Categoria a declarar	
NA – Não Aplicável NR – Não Requerido							
(a) – Para granitóides e agregados provenientes de rochas com predominância de sílica na sua composição a estabilidade máxima deverá ser 21 kN.							
(b) - Como a norma EN 13108-1 não possui categoria aplicável à estabilidade mín. exigida para esta mistura, que é de 16 KN, foi especificado esse valor.							
(c) - Calculada para a percentagem ótima de ligante da mistura em estudo.							
(d) - Para a moldagem dos provetes é utilizado o compactador de impacto com 75 pancadas, de acordo com a norma EN 12697-30, à temperatura de compactação para a qual, a viscosidade do ligante a empregar na mistura, se situe entre 280±30 Cst.							
(e) - Porosidade de tarolos recolhidos após a execução da camada.							
(f) - Este valor corresponde à percentagem mínima de betume a utilizar no trecho experimental que servirá para formular a mistura (ver item 15.03.2 na mistura correspondente).							
(g) - Este valor corresponde à menor percentagem de betume a utilizar no fabrico da mistura betuminosa - a considerar para ponto de partida do ensaio Marshall - a partir da qual serão fabricadas mais 4 misturas betuminosas, com cinco percentagens de betume.							

14.03.2.2 - Camada de ligação

Os materiais para camadas de misturas betuminosas com características de ligação abrangem as seguintes rubricas:

14.03.2.2.1 - AC 20 bin ligante (MB)

14.03.2.2.2 - AC 20 bin ligante (MBD)

14.03.2.2.3 - AC 16 bin ligante (MBAM)

14.03.2.2.4 - AC 14 bin ligante (BB)

14.03.2.2.5 - AC 4 bin ligante (AB)

O Quadro 14.03.2e especifica os requisitos dos fusos granulométricos para as misturas betuminosas a aplicar em camadas com características de ligação.

O Quadro 14.03.2f especifica os requisitos dos agregados para camadas betuminosas com características de ligação.

O Quadro 14.03.2g especifica os requisitos da mistura betuminosa para camadas betuminosas com características de ligação.

Quadro 14.03.2e: Camadas de misturas betuminosas a quente											
Camada de ligação - Requisitos dos fusos granulométricos											
Camada de ligação											
Tipo de mistura		AC 20 bin (MB)		AC 20 bin (MBD)		AC16 bin (MBAM)		AC14 bin (BB)		AC4 bin (AB)	
Peneiros Série Base + Série 2	Unid	rubrica 14.03.2.2.1		rubrica 14.03.2.2.2		rubrica 14.03.2.2.3		rubrica 14.03.2.2.4		rubrica 14.03.2.2.5	
		Percentagem acumulada do material passado									
31,5	mm	1,4D	100	1,4D	100		-		-		-
20		D	90-100	D	90-100	1,4D	100	1,4D	100		-
16			-		-	D	90-100		-		-
14			-		-		-	D	90-100		-
12,5		(c1)	57-86		-		-		-		-
10			-	(c1)	67-80	(c1)	63-83	(c1)	67-77		-
8			-		-		-		-		-
6,3			-		-		-		-	1,4D	100-
5,6			-		-		-		-		
4		(o1)	34-49	(o1)	42-57	(o1)	39-57	(o1)	40-52	D	90-100
2		2	26-41	2	32-46	2	27-41	2	25-40	2	70-85
1			-		-		-		-		
0,5		(c2)	12-26	(c2)	18-29	(c2)	11-23	(c2)	11-19	(c2)	30-45
0,25			-		-		-		-		
0,125		(o2)	4-14	(o2)	7-14	(o2)	7-12	(o2)	6-10	(o2)	9-16
0,063		0,063	2-7	0,063	5-9	0,063	5-9	0,063	5-8	0,063	6-10
Refª normativa		EN 13108-1 e NP EN 13043									
D - abertura do peneiro superior que pode reter material, em milímetros (c1) peneiro característico intermédio, entre D e 2 milímetros (o1) peneiro extra opcional entre D e 2 milímetros (c2) peneiro característico intermédio, entre 2 e 0,063 milímetros (o2) peneiro extra opcional entre 2 e 0,063 milímetros											

Quadro 14.03.2f: Camadas de misturas betuminosas a quente
Camada de ligação - Requisitos/Propriedades dos agregados (NP EN 13043)

Camada de ligação								
Requisitos /Propriedades		Referência normativa	Unidade	Tipo de mistura				
				AC 20 bin (MB)	AC 20 bin (MBD)	AC16 bin (MBAM)	AC14 bin (BB)	AC 4 bin (AB)
				rubrica 14.03.2.2.1	rubrica 14.03.2.2.2	rubrica 4.03.2.2.3	Rubrica 14.03.2.2.4	rubrica 14.03.2.2.5
Qualidade dos finos	3%-10% ^(a)	NP EN 933-9	g/Kg	MB _F 10				
	>10% ^(b)			Satisfazer os requisitos aplicáveis aos fileres, de acordo com o especificado no Quadro 14.3.0-3b.				
Forma do agregado grosso - Índice de achatamento		NP EN 933-3	-	F _{L25}				NA
Percentagens de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos		NP EN 933-5	%	C _{100/0}				
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles		NP EN 1097-2 secção 5	%	35 ^(c)				
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro-Deval		NP EN 1097-1	%	M _{DE20}				
Massa volúmica das partículas		NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar				
Absorção de água		NP EN 1097-6	%	≤ 2				
Baridade		NP EN 1097-3	Mg/m ³	A declarar				
Resistência ao gelo e ao degelo [valor de absorção de água (wa) como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio (MS)] ^(d)		NP EN 1097-6 NP EN 1367-2	%	Se WA>2, o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅				Se W _c >0,5, o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅
Resistência ao choque térmico		NP EN 1367-5 NP EN 1097-2 secção 5	-	A declarar				NA
Afinidade dos agregados grossos aos ligantes betuminosos		EN 12697-11	—	A declarar ^(e)				
"Sonnenbrand" do basalto ^(f)		NP EN 1367-3 NP EN 1097-2 secção 5	%	Perda de massa após a ebulição ≤ 1 e SB _{LA} ≤ 8				

NA - Não Aplicável

NR – Não Requerido

(a) - Quando a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm no agregado fino, estiver compreendido entre 3% e 10%, em massa, deve ser avaliada a nocividade dos finos da fracção 0/0,125 mm e o valor do ensaio de azul de metileno deve estar enquadrado na categoria MB_F10.

(b) - Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for superior a 10 % (em massa), os finos devem cumprir os requisitos aplicáveis aos fíleres, de acordo com o especificado no Quadro 14.03.0-3b.

(c) - Como a Norma NP EN 13043 não possui a categoria LA₃₅ é indicado o valor requerido.

(d) - Para agregados susceptíveis de degradação pela acção do gelo-degelo, expostos a ambientes sujeitos ao gelo e ao degelo, a situações de humidade elevada ou à água do mar, o ensaio de absorção de água deve ser utilizado como ensaio de triagem. Se a absorção de água não for superior ao valor especificado na categoria W_{A24}2 ou W_{cm}0,5 o agregado deve ser considerado como resistente ao gelo-degelo. Se a absorção de água for superior a W_{A24}2 ou W_{cm}0,5, então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS₃₅.

(e) - A utilização de seixo britado é condicionada ao emprego de um aditivo no betume, de modo a garantir a adequada adesividade ao ligante betuminoso.

(f) - Em caso de dúvida, onde existam indícios de "Sonnenbrand".

Quadro 14.03.2g: Camadas de misturas betuminosas a quente
Camada de ligação - Requisitos/Propriedades

Camada de ligação									
Requisitos /Propriedades		Refª normativa	Condições específicas de ensaio	Unidade	Tipo de mistura				
					AC 20 bin (MB)	AC 20 bin (MBD)	AC16 bin (MBAM)	AC14 bin (BB)	AC 4 bin (AB)
					rubrica 14.03.2.2.1	rubrica 14.03.2.2.2	rubrica 14.03.2.2.3	rubrica 14.03.2.2.4	rubrica 14.03.2.2.5
Características Marshall	Estabilidade, máx.	EN 12697-34	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas ^(a)	KN	S _{max} 15 ^(b)				
	Estabilidade, mín.			KN	S _{mim} 7,5		16 ^(c)	S _{mim} 7,5	
	Deformação, máx.			mm	F4				F5
	Deformação, mín.			mm	F2				F3
	Quociente Marshall			KN/mm	Q _{min} 2	Q _{min} 2,5	Q _{min} NR	Q _{min} 2	Q _{min} 2
Vazios na mistura de agregados (VMA), mín.		EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na baridade máxima teórica ^(d) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(e) – determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	VMA _{min} 14				VMA _{min} 16
Porosidade, V _m		EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na baridade máxima teórica ^(d) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(e) – determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	V _{min} 3,0-V _{max} 6		V _{min} 2,0-V _{max} 5	V _{min} 3,0-V _{max} 5	V _{min} 3,0-V _{max} 6
Relação ponderal de filler /ligante		—	Estudo de formulação (item 15.03.2)	%	Item 14.03.0-3				
Índice de Resistência Conservada (IRC) em ensaios de compressão Marshall, mín.		MIL-STD 620A	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas ^(e)	%	80				NA
Resistência à Deformação Permanente ("Wheel-tracking")	Taxa de deformação, WTS _{AIR}	EN 12697-22	Equipamento pequeno, procedimento B, acondicionamento ao ar, temperatura do ensaio 60 ° C	mm/10^3 ciclos de carga	Categoria a declarar				NR
	%			NR					
% de ligante, mín.		-	-	%	B _{min} 3,5 ^(f)	B _{min} 4,0 ^(f)	B _{min} 5,2 ^(f)	B _{min} 4,0 ^(f)	B _{min} 5,0 ^(f)
Sensibilidade à água, ITR		EN 12697-12	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas ^(g) , temperatura do ensaio: 15 °	%	Categoria a declarar				
NA - Não Aplicável NR - Não Requerido (a) - No caso do AC4, para a determinação das propriedades Marshall, os provetes serão moldados com recurso ao compactador de impacto com aplicação de 50 pancadas. (b) - Para granitóides e agregados provenientes de rochas com predominância de sílica na sua composição a estabilidade máxima deverá ser 21 kN. (c) - Como a norma EN 13108-1 não possui categoria aplicável à estabilidade mín. exigida para esta mistura, que é de 16 KN, foi especificado esse valor. (d) - Calculada para a percentagem ótima de ligante da mistura em estudo. (e) - Para a moldagem dos provetes é utilizado o compactador de impacto com 75 pancadas, de acordo com a norma EN 12697-30, à temperatura de compactação para a qual, a viscosidade do ligante a empregar na mistura, se situe entre 280±30 Cst. A única exceção refere-se à moldagem dos provetes do AC 4, onde se aplicarão apenas 50 pancadas. (f) - Este valor corresponde à menor percentagem de betume a utilizar no fabrico da mistura betuminosa – a considerar para ponto de partida do ensaio Marshall – a partir da qual serão fabricadas mais 4 misturas betuminosas, com cinco percentagens de betume, com incrementos sucessivos de 0,5 % de betume. (g) - No caso do AC4, para efectuar o ensaio da sensibilidade à água, aplicam-se apenas 50 pancadas.									

14.03.2.3 – Camada de regularização

Os materiais para camadas de misturas betuminosas com características de regularização abrangem as seguintes rubricas:

14.03.2.3.1 - AC 20 reg ligante (MB)

14.03.2.3.2 - AC 20 reg ligante (MBD)

14.03.2.3.3 - AC 14 reg ligante (BB)

14.03.2.3.4 - AC 4 reg ligante (AB)

O Quadro 14.03.2h especifica os requisitos dos fusos granulométricos para as misturas betuminosas a aplicar em camadas com características de regularização.

O Quadro 14.03.2i especifica os requisitos dos agregados para camadas betuminosas com características de regularização.

O Quadro 14.03.2j especifica os requisitos da mistura betuminosa para camadas betuminosas com características de regularização.

Quadro 14.03.2h:Camadas de misturas betuminosas a quente									
Camada de regularização - Requisitos dos fusos granulométricos									
Tipo de mistura		AC 20 reg (MB)		AC 20 reg (MBD)		AC14 reg (BB)		AC4 bin (AB)	
		rubrica 14.03.2.3.1		rubrica 14.03.2.3.2		rubrica 14.03.2.3.3		rubrica 14.03.2.3.4	
Peneiros Série Base+ Série 2	Unidade	Percentagem acumulada do material passado							
31,5	mm	1,4D	100	1,4D	100		-		-
20		D	90 - 100	D	90 - 100	1,4D	100		-
16			-		-		-		-
14			-		-	D	90 - 100		-
12,5		(c1)	57 - 86		-		-		-
10			-	(c1)	67 - 80	(c1)	67 - 77		-
8			-		-		-		-
6,3			-		-		-	1,4D	100
5,6			-		-		-		-
4		(o1)	34 - 49	(o1)	42 - 57	(o1)	40 - 52	D	90 - 100
2		2	26 - 41	2	32 - 46	2	25 - 40	2	70 - 85
1			-		-		-		-
0,5		(c2)	12 - 26	(c2)	18 - 29	(c2)	11 - 19	(c2)	30 - 45
0,25			-		-		-		
0,125		(o2)	4 - 14	(o2)	7 - 14	(o2)	6 - 10	(o2)	9 - 16
0,063		0,063	2 - 7	0,063	5 - 9	0,063	5 - 8	0,063	6 - 10
Referência normativa		EN 13108-1 e NP EN 13043							
D - abertura do peneiro superior que pode reter material, em milímetros. (c1) peneiro característico intermédio, entre D e 2 milímetros. (o1) peneiro extra opcional entre D e 2 milímetros. (c2) peneiro característico intermédio, entre 2 e 0,063 milímetros. (o2) peneiro extra opcional entre 2 e 0,063 milímetros									

Quadro 14.03.2i Camadas de misturas betuminosas a quente
Camada de regularização - Requisitos/Propriedades dos agregados (NP EN 13043)

Camada de regularização							
Requisitos/Propriedades		Referência normativa	Unidade	Tipo de mistura			
				AC 20 reg (MB)	AC 20 reg (MBD)	AC14 reg (BB)	AC 4 reg (AB)
				rubrica 14.03.2.3.1	rubrica 14.03.2.3.2	rubrica 14.03.2.3.3	rubrica 14.03.2.3.4
Qualidade dos finos	3%-10% ^(a)	NP EN 933-9	g/Kg	MB _F 10			
	>10% ^(b)			Satisfazer os requisitos aplicáveis aos fileres, de acordo com o especificado no Quadro 14.3.0-3b.			
Forma do agregado grosso - Índice de achatamento		NP EN 933-3	-	F ₁₂₅			NA
Percentagens de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos		NP EN 933-5	%	C ₁₀₀₀			
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles		NP EN 1097-2 secção 5	%	35 ^(c)			
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro-Deval		NP EN 1097-1	%	M _{DE20}			
Massa volúmica das partículas		NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar			
Absorção de água		NP EN 1097-6	%	≤ 2			
Baridade		NP EN 1097-3	Mg/m ³	A declarar			
Resistência ao gelo e ao degelo [valor de absorção de água (wa) como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio (MS)] ^(d)		NP EN 1097-6 NP EN 1367-2	%	Se WA >2, o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅		Se W _{cm} >0,5, o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅	
Resistência ao choque térmico		NP EN 1367-5, NP EN 1097-2 secção 5	-	A declarar		NA	
Afinidade dos agregados grossos aos ligantes betuminosos		EN 12697-11	—	A declarar ^(e)			
"Sonnenbrand" do basalto ^(f)		NP EN 1367-3 NP EN 1097-2 secção 5	%	Perda de massa após a ebulição ≤ 1 e SB _{LA} ≤ 8			
NA - Não Aplicável							
(a) - Quando a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm no agregado fino, estiver compreendido entre 3% e 10%, em massa, deve ser avaliada a nocividade dos finos da fracção 0/0,125 mm e o valor do ensaio de azul de metileno deve estar enquadrado na categoria MB _F 10.							
(b) - Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for superior a 10 % (em massa), os finos devem cumprir os requisitos aplicáveis aos fileres, de acordo com o especificado no Quadro 14.03.0-3b.							
(c) - Como a Norma NP EN 13043 não possui a categoria LA ₃₅ é indicado o valor requerido.							
(d) - Para agregados susceptíveis de degradação pela acção do gelo-degelo, expostos a ambientes sujeitos ao gelo e ao degelo, a situações de humidade elevada ou à água do mar, o ensaio de absorção de água deve ser utilizado como ensaio de triagem. Se a absorção de água não for superior ao valor especificado na categoria WA ₂₄₂ ou W _{cm} 0,5 o agregado deve ser considerado como resistente ao gelo-degelo. Se a absorção de água for superior a WA ₂₄₂ ou W _{cm} 0,5, então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅							
(e) - A utilização de seixo britado é condicionada ao emprego de um aditivo no betume, de modo a garantir a adequada adesividade ao ligante betuminoso.							
(f) - Em caso de dúvida, onde existam indícios de "Sonnenbrand".							

Quadro 14.03.2j: Camadas de misturas betuminosas a quente
Camada de regularização - Requisitos/Propriedades

Camada de regularização								
Requisitos /Propriedades		Referência normativa	Condições específicas de ensaio	Unidade	Tipo de mistura			
					AC 20 reg (MB)	AC 20 reg (MBD)	AC14 reg (BB)	AC 4 reg (AB)
					rubrica 14.03.2.3.1	rubrica 14.03.2.3.2	rubrica 14.03.2.3.3	rubrica 14.03.2.3.4
Características Marshall	Estabilidade, máx.	EN 12697-34	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas ^(a)	KN	S _{max} 15 ^(b)			
	Estabilidade, mín.			S _{min} 7,5				
	Deformação, máx.			F4			F5	
	Deformação, mín.			F2			F3	
	Quociente Marshall			KN/mm	Q _{min} 2	Q _{mn} 2,5	Q _{min} 2	
Vazios na mistura de agregados (VMA), mín.		EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na baridade máxima teórica ^(c) determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(d) determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	VMA _{min} 14			VMA _{min} 16
Porosidade, V _m		EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na baridade máxima teórica ^(c) determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(d) determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	V _{min} 3,0-V _{max} 6		V _{min} 3,0-V _{max} 5	V _{min} 3,0-V _{max} 6
Relação ponderal de filer /ligante		—	Estudo de formulação (item 15.03.2)	%	Item 14.03.0-3			
Índice de Resistência Conservada (IRC) em ensaios de compressão Marshall, mín.		MIL-STD 620A	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas ^(d)	%	80			NA
Resistência à Deformação Permanente ("wheel-tracking")	Taxa de deformação, WTS _{AIR}	EN 12697-22	Equipamento pequeno, procedimento B, acondicionamento ao ar, temperatura do ensaio a 60 ° C	mm/10 ³ ciclos de carga	Categoria a declarar			NR
	Profundidade de rodeira máx., PRD _{AIR}			%				
% de ligante, mín.		—	—	%	B _{min} 3,5 ^(e)	B _{min} 4,0 ^(e)		B _{min} 5,0 ^(e)
Sensibilidade à água, ITR		EN 12697-12	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas ^(f) , temperatura do ensaio: 15 ° C	%	Categoria a declarar			
NA - Não Aplicável NR – Não Requerido (a) - No caso do AC4, para a determinação das propriedades Marshall, os provetes serão moldados com recurso ao compactador de impacto e à aplicação de 50 pancadas. (b) - Para granitóides e agregados provenientes de rochas com predominância de sílica na sua composição a estabilidade máxima deverá ser 21 kN. (c) - Calculada para a percentagem ótima de ligante da mistura em estudo. (d) - Para a moldagem dos provetes é utilizado o compactador de impacto com 75 pancadas, de acordo com a norma EN 12697-30, à temperatura de compactação para a qual, a viscosidade do ligante a empregar na mistura, se situe entre 280±30 Cst. A única exceção refere-se à moldagem dos provetes do AC 4, onde se aplicarão apenas 50 pancadas. (e) - Este valor corresponde à menor percentagem de betume a utilizar no fabrico da mistura betuminosa - a considerar para ponto de partida do ensaio Marshall - a partir da qual serão fabricadas mais 4 misturas betuminosas, com cinco percentagens de betume, com incrementos sucessivos de 0,5 % de betume. (f) - No caso do AC 4, para efectuar o ensaio da sensibilidade à água, aplicam-se apenas 50 pancadas.								

14.03.2.4 - Camada de desgaste

Os materiais para camadas de misturas betuminosas com características de desgaste abrangem as seguintes rubricas:

14.03.2.4.1 - AC 14 surf ligante (BB)

14.03.2.4.2 - PA 12,5 ligante (BBd)

14.03.2.4.3 - AC 10 surf ligante (mBBr)

14.03.2.4.4 - AC 14 surf ligante (BBr)

14.03.2.4.5 - AC 14 surf ligante (BB) com incrustação de agregados duros

14.03.2.4.6 - Mistura betuminosa aberta com betume modificado com alta percentagem de borracha – MBA – BBA

14.03.2.4.7 - Mistura betuminosa rugosa com betume modificado com alta percentagem de borracha – MBR – BBA

14.03.2.4.8 - Mistura betuminosa aberta com betume modificado com média percentagem de borracha – MBA – BBM

14.03.2.4.9 - Mistura betuminosa rugosa com betume modificado com média percentagem de borracha – MBR – BBM

O Quadro 14.03.2l especifica os requisitos dos fusos granulométricos para as misturas betuminosas a aplicar em camadas com características de desgaste.

O Quadro 14.03.2m especifica os requisitos dos agregados para camadas betuminosas com características de desgaste.

O Quadro 14.03.2n especifica os requisitos da mistura betuminosa para camadas betuminosas com características de desgaste.

Quadro 14.03.21: Camadas de misturas betuminosas a quente
Camada de desgaste - Requisitos dos fusos granulométricos

Camada de desgaste											
Tipo de mistura		AC 14 surf (BB)		PA 12,5 (BBd)		AC10 surf (mBBr)		AC14 surf (BBr)		AC 14 surf (BB) com incrustação de agregados duros ⁽¹⁾	
Peneiros Série Base+ Série 2	Uni	rubrica 14.03.2.4.1		rubrica 14.03.2.4.2		rubrica 14.03.2.4.3		rubrica 14.03.2.4.4		rubrica 14.03.2.4.5	
		Percentagem acumulada do material passado									
31,5	mm		-		-		-		-		-
25			-		-		-		-	2D	100
20		1,4D	100	1,4D	100		-	1,4D	100		-
16			-		-		-		-	1,4D	98 -100
14		D	90 - 100		-	1,4D	100	D	90 - 100		-
12,5			-	D	90 - 100		-		-	D	85 - 99
10		(c1)	67 - 77	(o1)	55 - 75	D	90 - 100	(c1)	62 - 78	(o)	0 - 20
8			-		-		-		-		-
6,3			-		-	(c1)	47 - 64		-		-
4		(o1)	40 - 52	(o1)	12 - 30	(o1)	27 – 39	(o1)	30 – 44	(o)	0 - 5
2		2	25 - 40	2	11 - 18	2	22 – 32	2	22 – 30	(o)	0 - 2
1			-	(o2)	6 - 14		15 -28	(c2)	-	(o)	0 - 0,5
0,5		(c2)	11 - 19		-	(c2)	15 – 25	(o2)	12 – 21		-
0,25			-		-		-		-		-
0,125		(o2)	6 - 10		-	(o2)	-		7 – 13		-
0,063		0,063	5 - 8	0,063	2 - 5	0,063	7 - 11	0,063	4 - 9		-
Curva granulométrica		-							GA ₈₅		
Referência normativa		EN 13108-1 e NP EN 13043							NP EN 13043		
D - abertura do peneiro superior que pode reter material, em milímetros (c1) peneiro característico intermédio, entre D e 2 milímetros (o1) peneiro extra opcional entre D e 2 milímetros (c2) peneiro característico intermédio, entre 2 e 0,063 milímetros (o2) peneiro extra opcional entre 2 e 0,063 milímetros (o) peneiro opcional (1) Fuso granulométrico do agregado duro a incrustar O fuso granulométrico do AC 14 surf (BB) é idêntico ao da rubrica 14.03.2.4.1											

Continuação do Quadro 14.03.2I: Camadas de misturas betuminosas a quente										
Camada de desgaste - Requisitos dos fusos granulométricos										
Camada de desgaste										
Tipo de mistura		MBA-BBA		MBR-BBA		MBA-BBM		MBR-BBM		
Peneiros Série Base+ Série 2	Uni	Rubrica 14.03.2.4.6		Rubrica 14.03.2.4.7		Rubrica 14.03.2.4.8		Rubrica 14.03.2.4.9		
		Percentagem acumulada do material passado								
31,5	mm		-		-		-		-	
25										
20			-		100					
16			-		-					
14			-	D	90 - 100		100		100	
12,5			100		-		-		-	
10			D	90 - 100		58 - 88	D	80 - 100	D	83 - 100
8				70 - 88		38 - 60		60 - 80		62 - 82
6,3				-		-				
4				20 - 35		20 - 32		17 - 27		28 - 38
2				6 - 10		12 - 20		15 - 25		25 - 35
1				-		-				
0,5				3 - 7		6 - 13		8 - 16		12 - 22
0,25				-		-				
0,125				-		4 - 8				
0,063				2 - 4		3 - 6		4 - 6		7 - 9
Curva granulométrica		-				-				
Referência normativa		NP EN 932		NP EN 932		NP EN 932		NP EN 932		
D - abertura do peneiro superior que pode reter material, em milímetros (c1) peneiro característico intermédio, entre D e 2 milímetros (o1) peneiro extra opcional entre D e 2 milímetros (c2) peneiro característico intermédio, entre 2 e 0,063 milímetros (o2) peneiro extra opcional entre 2 e 0,063 milímetros (o) peneiro opcional (1) Fuso granulométrico do agregado duro a incrustar O fuso granulométrico do AC 14 surf (BB) é idêntico ao da rubrica 14.03.2.4.1										

Quadro 14.03.2m: Camadas de misturas betuminosas a quente												
Camada de desgaste - Requisitos/Propriedades dos agregados (NP EN 13043)												
Camada de desgaste												
Requisitos/ Propriedades		Refª normat.	Uni	Tipo de mistura								
				AC 14 surf (BB)	PA 12,5 (BBd)	AC10 surf (mBBr)	AC14 surf (BBr)	AC 14 surf (BB) com incrustação de agregados duros	MBA- BBA	MBR- BBA	MBA- BBM	MBR- BBM
				rubrica 14.03.2.4. 1	rubrica 14.03.2.4.2	rubrica 14.03.2.4. 3	rubrica 14.03.2.4.4	rubrica 14.03.2.4.5	rubrica 14.03.2.4.6	rubrica 14.03.2.4.7	rubrica 14.03.2.4. 8	rubrica 14.03.2. 4.9
Qualidade dos finos	3%- 10% (a)	NP EN 933-9	g/Kg	MB _F 10								
	>10% (b)			Satisfazer os requisitos aplicáveis aos fileres, de acordo com o especificado no Quadro 14.3.0-3b.								
Forma do agregado grosso – índice de achatamento		NP EN 933-3	-	F_{l20}	F_{l15}		F_{l20}	F_{l15}				
Percentagens de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos		NP EN 933-5	%	$C_{100/0}$								
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles		NP EN 1097-2 secção 5	%	$LA_{20}^{(c)}$								
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro-Deval		NP EN 1097-1	%	M_{DE15}								
Resistência ao polimento do agregado grosso para camadas de desgaste		NP EN 1097-8	%	PSV_{50}								
Massa volúmica das partículas		NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar								
Absorção de água		NP EN 1097-6	%	≤ 1								
Baridade		NP EN 1097-3	Mg/m ³	A declarar								
Resistência ao gelo e ao degelo [valor de absorção de água (wa) como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio (MS)] (d)		NP EN 1097-6 NP EN 1367-2	%	Se WA >2, o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅								
Resistência ao choque térmico		NP EN 1367-5 NP EN 1097-2 secção 5	%	A declarar								
Afinidade dos agregados grossos aos ligantes betuminosos		EN 12697- 11	-									
“Sonnenbrand” do basalto (e)		NP EN 1367-3 NP EN 1097-2 secção 5	%	Perda de massa após a ebulição ≤ 1 e SB _{LA} ≤ 8								

Notas do Quadro 14.03.2m: Camadas de misturas betuminosas a quente Camada de desgaste - Requisitos/Propriedades dos agregados (NP EN 13043)

- (a) - Quando a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm no agregado fino, estiver compreendido entre 3% e 10%, em massa, deve ser avaliada a nocividade dos finos da fracção 0/0,125 mm e o valor do ensaio de azul de metileno deve estar enquadrado na categoria MB_F10.
- (b) - Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for superior a 10 % (em massa), os finos devem cumprir os requisitos aplicáveis aos fileres, de acordo com o especificado no Quadro 14.03.0-3b.
- (c) - Para rochas granitóides (de acordo com nomenclatura indicada na descrição petrográfica simplificada): LA₃₀
- (d) - Para agregados susceptíveis de degradação pela acção do gelo-degelo, expostos a ambientes sujeitos ao gelo e ao degelo, a situações de humidade elevada ou à água do mar, o ensaio de absorção de água deve ser utilizado como ensaio de triagem. Se a absorção de água não for superior ao valor especificado na categoria WA₂₄2 o agregado deve ser considerado como resistente ao gelo-degelo. Se a absorção de água for superior a WA₂₄2, então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS₃₅.
- (e) - Em caso de dúvida, onde existam indícios de "Sonnenbrand".
- NOTA:** Não será permitida a utilização de seixo em camadas de desgaste.

Quadro 14.03.2n: Camadas de misturas betuminosas a quente Camada de desgaste - Requisitos/Propriedades

Camada de desgaste								
Requisitos /Propriedades		Ref. normativa	Condições específicas de ensaio	Uni	Tipo de mistura			
					AC 14 surf (BB)	PA 12,5 (BBd)	AC10 surf (mBBr)	AC14 surf (BBr)
					rubrica 14.03.2.4.1	rubrica 14.03.2.4.2	rubrica 14.03.2.4.3	rubrica 14.03.2.4.4
Característ. Marshall	Estabilidade, máx.	EN 12697-34	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas	KN	S _{max} 15 ^(a)	NA	S _{max} 15 ^(a)	
	Estabilidade, mín.			KN	S _{mim} 7,5		S _{mim} 12,5	
	Deformação, máx.			mm	F4		F4	
	Deformação, mín.			mm	F2		F2	
	Quociente Marshall			KN/mm	Q _{min} 3		Q _{min} 3	
Vazios na mistura de agregados (VMA), mín.		EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na baridade máxima teórica ^(b) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(c) determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	VM _{Amin} 14	VM _{Amin} NR	VM _{Amin} 14	
Porosidade, V _m		EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na – baridade máxima teórica ^(b) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(c) determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	V _{min} 3,0-V _{max} 5	V _{min} 22-V _{max} 30	V _{min} 3,0-V _{max} 6	
Relação ponderal de filer /ligante		–	Estudo de formulação (item 15.03.2)	%	Item 14.03.0-3			
Índice de Resistência Conservada (IRC) em ensaios de compressão Marshall, mín.		MIL-STD-620A	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas ^(d)	%	80			
Resistência à Deformação Permanente ("Wheel-tracking")	Taxa de deformação WTS _{ARR}	EN 12697-22	Equipamento pequeno, procedimento B, acondicionamento ao ar, temperatura do ensaio a 60 °C	mm/10 ³ ciclos de carga	Categoria a declarar	NA	Categoria a declarar	
	Profundidade de rodeira máxima, PRD _{ARR}			%				
% de ligante, mín.		-	-	%	B _{min} 4,0 ^(e)	B _{min} 4,0 ^(f)	B _{min} 5,0 ^(f) B _{min} 4,0 ^(e)	
Sensibilidade à água, ITSR, mín		EN 12697-12	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 – 75 pancadas, temperatura do ensaio: 15º C ^(g)	%	Categoria a declarar			
Permeabilidade <i>insitu</i>		EN 12697-40	-	s	NA	Categoria a declarar	NA	
Permeabilidade <i>in situ</i> (permeâmetro LCS)		NLT 327	-	s		10-30		
Perda de massa, PL		EN 12697-17	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas, temperatura do ensaio: 25	%		Categoria a declarar		
Ensaio Cântabro húmido ^(h) , máx		NLT36 2 ^(f)	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 perda por desgaste: NP EN 1097-2, temperatura do ensaio: 25º C	%		≤ 25		

Continuação do Quadro 14.03.2n: Camadas de misturas betuminosas a quente										
Camada de desgaste - Requisitos/Propriedades										
Camada de desgaste										
Requisitos /Propriedades		Ref. normativa	Condições específicas de ensaio	Uni	Tipo de mistura					
					AC 14 surf (BB) com incrustação de agregados duros ⁰	MBA-BBA ^(k)	MBR-BBA ^(k)	MBA-BBM ⁰	MBR-BBM ⁰	
					rubrica 14.03.2.4.5	rubrica 14.03.2.4.6	rubrica 14.03.2.4.7	rubrica 14.03.2.4.8	rubrica 14.03.2.4.9	
Característ. Marshall	Estabilidade, máx.	EN 12697-34	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas	KN	$S_{max15}^{(a)}$	NA				
	Estabilidade, mín.			KN	$S_{min7,5}$					
	Deformação, máx.			mm	F4					
	Deformação, mín.			mm	F2					
	Quociente Marshall			KN/mm	Q_{min3}					
Vazios na mistura de agregados (VMA), mín.		EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na baridade máxima teórica ^(b) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(c) determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	VMA_{min14}	25	17	21	14	
Porosidade, Vm		EN 12697-8	EN 12697-8 Calculada com base na – baridade máxima teórica ^(b) - determinada segundo a EN 12697-5, procedimento A, em água e na baridade ^(c) determinada segundo a EN 12697-6, procedimento B, provete saturado com a superfície seca	%	$V_{min3,0-} V_{max5}$	12-18	3,5-6,5	12-18	3-6	
Relação ponderal de filler /ligante		–	Estudo de formulação (item 15.03.2)	%	Item 14.03.0-3					
Índice de Resistência Conservada (IRC) em ensaios de compressão Marshall, mín.		MIL-STD-620A	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas ^(d)	%	80		75	80	75	
Resistência à Deformação Permanente ("Wheel-tracking")	Taxa de deformação, WTS_{AIR}	EN 12697-22	Equipamento pequeno, procedimento B, acondicionamento ao ar, temperatura do ensaio a 60 °C	mm/10^3 ciclos de carga	Categoria a declarar	Betume base		Betume base		Categoria a declarar
	%			35/50		50/70	35/50	50/70		
				≤ 0,15		≤ 0,20	≤ 0,08	≤ 0,09		
				Betume base		Betume base				
				35/50		50/70	35/50	50/70		
				≤ 9,0	≤ 10,0	≤ 6,0	≤ 7,0			
% de ligante, mín.		-	-	%	$B_{min4,0}^{(e)}$	9-10 ^(f)	8-9 ^(f)	5 ^(f)	4 ^(f)	
Sensibilidade à água, ITSR, mín		EN 12697-12	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 – 75 pancadas, temperatura do ensaio: 15° C ^(g)	%	Categoria a declarar	75	65	Categoria a declarar		
Permeabilidade <i>insitu</i>		EN 12697-40	-	s	NA					
Permeabilidade <i>in situ</i> (permeâmetro LCS)		NLT 327	-	s						
Perda de massa, PL		EN 12697-17	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 75 pancadas, temperatura do ensaio: 25	%	NA	≤ 10	NA	Categoria a declarar	NA	
Ensaio Cântabro húmido ^(h) , máx		NLT36 2 ⁽ⁱ⁾	Moldagem dos provetes: EN 12697-30 perda por desgaste: NP EN 1097-2, temperatura do ensaio: 25° C	%		10		20		

Notas do Quadro 14.03.2n: Camadas de misturas betuminosas a quente Camada de desgaste - Requisitos/Propriedades

NA - Não aplicável

- (a) - Para granitídeos e agregados provenientes de rochas com predominância de sílica na sua composição a estabilidade máxima deverá ser 21 kN.
- (b) - Calculada para a percentagem ótima de ligante da mistura em estudo.
- (c) - Para a moldagem dos provetes é utilizado o compactador de impacto com 75 pancadas - a única exceção refere-se à moldagem dos provetes das misturas PA12,5 (BBd) e AC10 surf (mBBR) e misturas abertas com borracha, onde se aplicarão apenas 50 pancadas -, de acordo com a norma EN 12697-30, à temperatura de compactação para a qual, a viscosidade do ligante a empregar na mistura, se situe entre 280±30 Cst. A baridade deverá ser determinada segundo o procedimento D - baridade geométrica, para as misturas PA12,5 (BBd) e misturas betuminosas abertas com betume modificado com borracha. No caso das misturas betuminosas com betumes modificados com borracha são moldados provetes com o compactador de impacto, a uma temperatura de compactação compreendida entre 140 °C e 150 °C.
- (d) - Para a moldagem dos provetes é utilizado o compactador de impacto com 75 pancadas - as exceções referem-se à moldagem dos provetes das misturas PA12,5 (BBd), AC10 surf (mBBR) e misturas betuminosas abertas com betume modificado com alta percentagem de borracha, onde se aplicarão apenas 50 pancadas - de acordo com a norma EN 12697-30 - à temperatura de compactação para a qual, a viscosidade do ligante a empregar na mistura, se situe entre 280±30 Cs.
- No caso das misturas betuminosas com betumes modificados com alta percentagem de borracha, são moldados provetes com o compactador de impacto, a uma temperatura de compactação compreendida entre 140 °C e 150 °C.
- (e) - Este valor corresponde à menor percentagem de betume a utilizar no fabrico da mistura betuminosa - a considerar para ponto de partida do ensaio Marshall - a partir da qual serão fabricadas mais 4 misturas betuminosas, com cinco percentagens de betume, com incrementos sucessivos de 0,5 % de betume.
- (f) - Este valor corresponde à percentagem mínima a utilizar no trecho experimental que servirá de base à formulação da mistura (ver item 15.03.2 na mistura correspondente).
- (g) - No caso das misturas PA12,5 (BBd), AC10 surf (mBBR) e misturas betuminosas abertas com betume modificado borracha, para efectuar o ensaio da sensibilidade à água, aplicam-se apenas 50 pancadas.
- (h) - Para a realização destes ensaios são moldados provetes com o compactador de impacto, a uma temperatura de compactação compreendida entre 140 °C e 150 °C, utilizando para o efeito 1050 g de mistura betuminosa.
- (i) - Este ensaio consiste numa adaptação das condições de ensaio da norma NLT 362, no que respeita à utilização das novas normas de compactação, por impacto e de desgaste de Los Angeles. A perda por desgaste no ensaio Cântabro com imersão em água, não deverá ser superior a 25%. São compactados 8 provetes (com 101,6 mm de diâmetro e 63,5 mm de altura), utilizando o compactador de impacto (EN 12697-30), a uma temperatura de compactação para a qual a viscosidade do betume a empregar na mistura, se situe entre 280 °C ± 30 cSt (gama de temperatura de compactação indicada na ficha de produto do betume), com a energia de compactação de 50 pancadas em cada face, determinando-se as respectivas baridades.
- As baridades dos dois grupos de 4 provetes cada, devem ser similares entre eles, devendo proceder-se à sua extracção após um mínimo de 2 horas de espera. Metade dos provetes são colocados em estufa a 25 °C, durante 24 horas. Os restantes provetes são submersos, durante 24 horas, num banho de água a 60°C. Seguidamente retiram-se estes últimos e colocam-se em estufa a 25° C, durante 24 horas, com ventilação forçada. Finalmente todos os provetes são submetidos ao ensaio de desgaste na máquina de Los Angeles (300 voltas, mas sem esferas).
- Para cada provete é determinada a perda por desgaste expressa em percentagem da massa inicial, determinando-se o valor médio para os provetes conservados ao ar (PA) e para os provetes submersos em água (PS).
- Finalmente o resultado expresso em % é dado por $(PS/PA) \times 100$, sendo arredondado a 1%.
- (j) - Os agregados devem ser pré-envolvidos em ligante betuminoso garantindo uma percentagem de betume residual compreendida entre 1,5 e 2,5%.
- A taxa média de aplicação dos agregados pré-envolvidos deve estar compreendida entre 9 a 12 kg/m².
- Caso seja necessário, pode ser adicionado filler de modo a garantir que os agregados sejam envolvidos com a percentagem de ligante definida.
- (k) -Percentagem ponderal de borracha relativa à massa total do ligante modificado com borracha: 18-22 %.
- No caso das misturas betuminosas com betumes modificados com borracha, são moldados provetes com o compactador de impacto, a uma temperatura de compactação compreendida entre 140 °C e 150 °C.
- (l) -Percentagem ponderal de borracha relativa à massa total do ligante modificado com borracha: 8-15 %.

14.03.3 - Materiais para camadas de misturas betuminosas a frio

1. Materiais

Os Quadros 14.03.3a, 14.03.3b, 14.03.3c, especificam os requisitos granulométricos para os agregados das misturas betuminosas a frio. Os requisitos são definidos de acordo com:

- As disposições constantes da NP EN 13043 Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação;
- A percentagem de material passado numa série de peneiros de acordo com a NP EN 933-2 Distribuição granulométrica. Peneiros de ensaio, dimensão nominal das aberturas, quando os requisitos granulométricos aplicáveis à mistura não se integram na Norma acima referida.

O fíler deve cumprir os requisitos especificados no item 14.03.0-3.

O ligante, emulsão betuminosa catiónica, deve cumprir os requisitos especificados no item 14.03.0-4.

Os aditivos devem cumprir os requisitos especificados no item 14.03-5.

A água deve cumprir os requisitos especificados no item 14.03-9.

2. Misturas betuminosas

As misturas betuminosas a frio não têm Norma Europeia de produto aplicável.

Estas misturas fabricadas a frio podem ser utilizadas na execução de camadas com características de base, ligação e regularização. Recomenda-se a sua utilização em estradas com volumes de tráfego enquadráveis entre as classes T7 e T4.

Em termos ambientais, a utilização destas misturas, atendendo ao processo de fabrico e execução (a frio) traduz-se numa redução de emissão de poluentes e numa significativa redução de consumos energéticos/recursos relativamente às misturas a quente.

2.1 Agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão

O agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão betuminosa (ABGETE) ou “Base tratada com emulsão” é uma mistura homogénea de agregados, emulsão betuminosa, água e eventuais aditivos.

Esta mistura além de constituir uma solução para camada de base e ligação de pavimentos novos, com elevada capacidade de suporte, característica das camadas granulares tratadas com ligantes, atendendo à sua capacidade de adaptação a comportamentos diferenciais da plataforma de apoio pode funcionar como camada de retardamento de propagação de fissuras em situações de reabilitação/conservação de pavimentos.

2.2 Mistura betuminosa aberta a frio

A mistura betuminosa aberta a frio é uma mistura constituída por agregados predominantemente grossos (cuja granulometria varia em função da espessura da camada a executar) emulsão betuminosa e eventuais aditivos.

A utilização desta mistura, é recomendável para estradas com classes de tráfego T6 e T7 e em trabalhos de conservação corrente designadamente tapagem de covas.

Esta mistura poderá ser utilizada em camadas de desgaste de estradas com valores de tráfego reduzidos. As especificações e características da mistura deverão, neste caso, constar em projecto (Cláusulas Técnicas Especiais).

A mistura pode ser armazenada durante algum tempo antes do seu espalhamento e compactação à temperatura ambiente.

Esta mistura permite uma melhor trabalhabilidade mesmo em condições mais desfavoráveis, apresentando menor susceptibilidade a amplitudes térmicas e bons desempenhos quanto à adaptabilidade a comportamentos diferenciais da plataforma de apoio.

As misturas betuminosas indicadas em 2.1 e 2.2 abrangem as seguintes rubricas:

14.03.3.1- Camada de base

14.03.3.1.1 – Em agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão

14.03.3.1.2 – Em mistura betuminosa aberta a frio

14.03.3.2 – Camada de ligação

14.03.3.2.1 – Em agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão

14.03.3.2.2 – Em mistura betuminosa aberta a frio

14.03.3.3 – Camada de regularização

14.03.3.3.1 – Em agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão

14.03.3.3.2 – Em mistura betuminosa aberta a frio

O Quadro 14.03.3a especifica os requisitos dos agregados aplicáveis a misturas betuminosas abertas a frio para camadas de base, de ligação e de regularização.

O Quadro 14.03.3b especifica os fusos granulométricos definidos para o agregado britado em granulometria extensa tratado com emulsão para camadas de base, de ligação e de regularização.

O Quadro 14.03.3c especifica os fusos granulométricos definidos para misturas betuminosas a frio para camadas de base, de ligação e de regularização.

O Quadro 14.03.3d especifica as propriedades e respectivos requisitos aplicáveis ao agregado de granulometria extensa tratado com emulsão para camadas de base, de ligação e de regularização.

Os Quadros 14.03.3e e 14.03.3f especificam as propriedades e respectivos requisitos aplicáveis à mistura betuminosa aberta a frio para camadas de base, de ligação e de regularização.

Quadro 14.03.3a – Misturas Betuminosas a frio - Camada de base, ligação e regularização – Requisitos/Propriedades dos agregados (NP EN 13043)				
Requisitos/ Propriedades	Referência normativa	Unidade	Tipo de mistura	
			ABGE, tratado com emulsão betuminosa	Mistura Betuminosa aberta a frio
			rubrica 14.03.3.1.1, 14.03.3.2.1 e 14.03.3.1	rubrica 14.03.3.1.2, 14.03.3.2.2 e 14.03.3.2
Qualidade dos finos	NP EN 933-9	g/Kg	MB _F 10	
Forma do agregado grosso – Índice de achatamento	NP EN 933-4	-	FI ₃₀	FI ₂₅
Percentagens de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos		%	C _{100/0}	
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles	NP EN 1097-2 secção 5	%	LA ₄₀	35 ^(a)
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro-Deval	NP EN 1097-1	%	M _{DE} 25	M _{DE} 20
Massa volúmica das partículas	NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar	
Absorção de água	NP EN 1097-6	%	≤ 2	≤ 1
Baridade	NP EN 1097-3	Mg/m ³	A declarar	
Resistência ao gelo e ao degelo [valor de absorção de água (wa) como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio (MS)]	NP EN 1097-6 NP EN 1367-2	%	WA ₂₄₂ ^(b)	
Resistência ao choque térmico	NP EN 1367-5 NP EN 1097-2 secção 5	%	A declarar	
Afinidade dos agregados grossos aos ligantes betuminosos	EN 12697-11	—	A declarar ^(c)	
NA - Não Aplicável				
(a) - Como a Norma NP EN 13043 não possui a categoria LA ₃₅ é indicado o valor requerido.				
(b) - Se WA ₂₄ >2 o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅ .				
(c) - A utilização de seixo britado é condicionada ao emprego de um aditivo no betume, de modo a garantir a adequada adesividade ao ligante betuminoso.				

Quadro 14.03.3b – ABGETE- Fuso granulométrico		
Fuso granulométrico		
Agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão		
Camada de base – rubrica 14.03.3.1.1 Camada de ligação – rubrica 14.03.3.2.1 Camada de regularização – rubrica 14.03.3.3.1		
Categoria G _A 90		
Série base mais série 2		Percentagem de passados, em massa (%)
Abertura dos peneiros (mm)		
2D	40	100
1.4D	31,5	98 - 100
D	20	90 - 99
requisito adicional	12,5	65 - 90
requisito adicional	10	55 - 75
requisito adicional	4	38 - 55
requisito adicional	2	25 - 40
requisito adicional	0,5	12 - 22
requisito adicional	0,125	6 - 14
requisito adicional	0,063	4 - 9
Referência normativa: NP EN 13043 e NP EN 933 – 2		
Atendendo a que o fuso granulométrico de referência não se inscreve integralmente nas séries definidas na NP EN 13043 foram adicionadas aberturas de peneiros, identificadas no Quadro como requisitos adicionais, consideradas na NP EN 933 – 2.		

Quadro 14.03.3c – Mistura Aberta a frio – Fuso granulométrico			
Fuso granulométrico			
Mistura aberta a frio			
Abertura dos peneiros (mm)	camada de base rubrica 14.03.3.1.1	camada de ligação rubrica 14.03.3.2.1	camada de regularização rubrica 14.03.3.3.1
	Percentagem de passados, em massa (%)		
	Trabalhos de conservação corrente e espessuras inferiores a 4 cm	Espessuras entre 4 e 6 cm	Espessuras superiores a 6 cm
31,5	-	-	100
20	-	100	70 - 90
12,5	100	60 - 80	50 - 70
10	70 - 90	45 - 65	35 - 55
4	10 - 35	10 - 25	5 - 25
2	0 - 5	0 - 5	0 - 5
0,063	0 - 2	0 - 2	0 - 2
Referência normativa: Foi adoptada a série base mais série 2 da NP EN 13043 contudo não são cumpridos os requisitos do Quadro 2 do ponto 4.1.3 atendendo à especificidade da mistura.			

Quadro 14.03.3d - Agregado britado de granulometria extensa tratado com emulsão - Requisitos/Propriedades da mistura

Designação do ensaio	Referência normativa	Requisitos/Propriedades	Unidade	Limites
Ensaio de imersão – compressão ^(a)	ASTM D 1074 e D 1075 (NLT 161 e 162)	Resistência à compressão simples, a seco (R_{seco}) ^(b)	KN	≥ 10
		Índice de resistência conservada ($R_{im. \text{ água}}/R_{seco} \times 100$)	%	≥ 80
		Percentagem de betume residual mínima	%	≥ 3

(a) - Provetes com 100 mm (± 1) de diâmetro, moldados com compressão estática de duplo efeito, curados 2h no molde à temperatura ambiente, 1 dia ao ar à temperatura ambiente e 3 dias em estufa a 60° .
Condicionamento dos provetes – sem imersão: 4 dias ao ar a 25°, 2h em água a 25°; com imersão: 4 dias em água a 49° e 2h ao ar à temperatura ambiente, sujeitos a 2h em água a 25°.

(b) - Ensaio de rotura – compressão simples $v = 5,08$ mm/min.

Quadro 14.03.3e - Mistura aberta a frio – Requisitos/Propriedades da mistura

Requisitos/Propriedades	Metodologia	Unidade	Mistura aberta a frio		
			Camada de base	Camada de ligação	Camada de regularização
			rubrica 14.03.3.1.2	rubrica 14.03.3.2.2	rubrica 14.03.3.3.2
Módulo de riqueza K ^(b)	Método de Duriez ^(a)	%	3 a 3,5	3,3 a 3,8	
Percentagem de ligante residual mínima		%	3,5		

(a) - Método de cálculo em função da superfície específica dos agregados
(b) - O módulo de riqueza, K, é adoptado para a determinação da percentagem de betume P_b de acordo com as seguintes fórmulas:

P_b = K α (Σ) ^(1/5)

sendo:

P_b – a percentagem de betume residual;

K – é o módulo de riqueza em ligante com os valores limites especificados no Quadro, em função da camada de aplicação -

$a = \frac{2,65}{\rho_a}$, sendo ρ_a, a massa volúmica em g/cm³, da mistura de agregados;

$\Sigma = \frac{1}{100} \quad (0,25 G + 2,3 S + 12 s + 135 f)$

Σ -superfície específica;

G – proporção ponderal de elementos superiores a 6,3 mm;

S – proporção ponderal de elementos compreendidos entre 6,3 e 0,315 mm

s – proporção ponderal de elementos compreendidos entre 6,3 e 0,315 mm

f – proporção ponderal de elementos inferiores a 0.063 mm

Quadro 14.03.3f – Mistura aberta a frio – Avaliação da coesão da mistura – Ensaio Cântabro				
Requisitos Propriedades	Referência normativa	Unidade	Especificações de ensaio	Limites
Perda por desgaste (Ensaio Cântabro)	NLT 362	%	Proveres curados em estufa durante 2 dias a 75°C e 5 dias a 90°C	≤25

14.03.4 – Materiais para tratamentos superficiais

Os tratamentos superficiais são utilizados fundamentalmente na reabilitação funcional dos pavimentos no sentido de lhes conferir melhores características superficiais e para a colmatção de fissuras/impermeabilização de superfícies degradadas.

1. Materiais

Os Quadros 14.03.4a, 14.03.4b e 14.03.4d especificam as propriedades e respectivos requisitos granulométricos para os agregados a utilizar em tratamentos superficiais. Os requisitos são definidos de acordo com:

- As disposições constantes da NP EN 13043 Agregados para misturas betuminosas e tratamentos superficiais para estradas, aeroportos e outras áreas de circulação;
- A percentagem de material passado numa série de peneiros de acordo com a NP EN 933-2 Distribuição granulométrica. Peneiros de ensaio, dimensão nominal das aberturas, quando os requisitos granulométricos aplicáveis à mistura não se integram na Norma acima referida.

O fíler deve cumprir os requisitos especificados no item 14.03.0-3.

O ligante deve cumprir os requisitos especificados no item 14.03.0-4, em função do domínio de utilização.

NOTA: O ligante a utilizar na execução do microaglomerado a frio deverá ser uma emulsão modificada, conforme requisitos especificados no Quadro 14.03.0-4i;

O ligante a utilizar no slurry seal será uma emulsão especialmente formulada, (tendo em conta, entre outros factores, os agregados a utilizar).

Os aditivos devem cumprir os requisitos especificados no item 14.03-5.

A água deve cumprir os requisitos especificados no item 14.03-9.

2. Misturas betuminosas

2.1 Microaglomerado a frio e slurry seal

Os métodos de ensaio para a determinação das propriedades/requisitos do slurry seal e microaglomerado a frio constam da série de normas EN 12274 partes 1 a 7, designadamente:

- EN 12274, *Slurry surfacing – Test methods – Part 1: Sampling for binder extraction.*
- EN 12274, *Slurry surfacing – Test methods – Part 2: Determination of residual binder content.*
- EN 12274, *Slurry surfacing – Test methods – Part 3: Consistency.*
- EN 12274, *Slurry surfacing – Test methods – Part 4: Determination of cohesion of the mix.*
- EN 12274, *Slurry surfacing – Test methods – Part 5: Determination of wearing.*
- EN 12274, *Slurry surfacing – Test methods – Part 6: Rate of application.*
- EN 12274, *Slurry surfacing – Test methods – Part 7: Shaking abrasion test in suitability of mineral aggregates to slurry mixes.*

2.2 Revestimento superficial

De acordo com a definição da EN 12271 *Surface Dressing – Product Standard*, consiste na execução, no mínimo, de uma camada de ligante seguida da aplicação de uma camada de agregado.

Os revestimentos superficiais, em função do número de camadas e da sua disposição, podem ser designadamente:

- Revestimento superficial simples – consiste na execução de rega com ligante, seguida de aplicação de agregado;
- Revestimento superficial simples com duas aplicações de agregado – consiste na aplicação prévia de agregado seguida da execução de rega com ligante e posterior aplicação de agregado;

- Revestimento superficial duplo – consiste na execução de duas aplicações sucessivas de ligante e agregado.

O tipo de revestimento a utilizar é função das características e estado de conservação da superfície do pavimento ou da plataforma de apoio e do âmbito da intervenção/reabilitação a executar.

Sempre que se justifique poder-se-á utilizar ligantes modificados e/ou proceder-se ao pré-envolvimento dos agregados em ligante.

Os tratamentos superficiais, indicados em função do tipo e aplicação (simples ou dupla), abrangem as seguintes rubricas:

14.03.4.1 – Na plataforma

14.03.4.1.1 – Em microaglomerado betuminoso a frio

14.03.4.1.1.1 - Simples

14.03.4.1.1.2 - Duplo

14.03.4.1.2 – Em slurry seal

14.03.4.1.2.1 - Simples

14.03.4.1.2.2 - Duplo

14.03.4.1.3 – Em revestimento superficial

14.03.4.1.3.1 - Simples

14.03.4.1.3.2 - Simples com duas aplicações de agregado

14.03.4.1.3.3 - Duplo

O Quadro 14.03.4a especifica os requisitos aplicáveis aos agregados para tratamentos superficiais.

O Quadro 14.03.4b especifica os fusos granulométricos para o microaglomerado a frio e slurry seal.

O Quadro 14.03.4c especifica os fusos granulométricos para revestimentos superficiais.

O Quadro 14.03.4d especifica as propriedades e respectivos requisitos aplicáveis ao microaglomerado a frio e slurry seal.

O Quadro 14.03.4e especifica a taxa de aplicação de materiais para os revestimentos superficiais simples.

O Quadro 14.03.4f especifica a taxa de aplicação de materiais para os revestimentos superficiais simples com duas aplicações de agregado.

O Quadro 14.03.4g especifica a taxa de aplicação de materiais para os revestimentos superficiais duplos.

Quadro14.03.4a – Tratamentos superficiais								
Requisitos/Propriedades dos agregados (NP EN 13043)								
Requisitos/ Propriedades	Ref. ^a normativa	Unid.	Microaglomerado betuminoso a frio			Slurry Seal		
			Simple	Duplo 1 ^a aplicação	Duplo 2 ^a aplicação	Simple	Duplo 1 ^a aplicação	Duplo 2 ^a aplicação
			rubrica 14.03.4.1.1.1	rubrica 14.03.4.1.1.2		rubrica 14.03.4.1.2.1	rubrica 14.03.4.1.2.2	
Qualidade dos finos	NP EN 933-9	g/Kg	MB _F 10					
Forma do agregado grosso – Índice de achatamento	NP EN 933-3	-	NA		FI ₁₅	NA		
Percentagens de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos	NP EN 933-5	%			C _{100/0}			
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles	NP EN 1097-2 secção 5	%			LA ₂₀ ^(a)			
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro- Deval	NP EN 1097-1	%			M _{DE} 25			
Massa volúmica das partículas	NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar					
Absorção de água	NP EN 1097-6	%	≤ 1					
Baridade	NP EN 1097-3	Mg/m ³	A declarar					
Resistência ao gelo e ao degelo [valor de absorção de água (wa) como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio (MS)]	NP EN 1097-6 NP EN 1367-2	%	Wcm0,5 ^(b)		WA ₂₄ 2 ^(b)	Wcm0,5 ^(b)		
Resistência ao choque térmico	NP EN 1367-5 NP EN 1097-2 secção 5	%	NA		A declarar	NA		
Afinidade dos agregados grossos aos ligantes betuminosos	EN 12697-11	–	A declarar					
NA - Não Aplicável (a) - Para granitóides (de acordo com nomenclatura indicada na descrição petrográfica simplificada): LA ₃₀ . (b) - Se Wcm >0,5 ou WA ₂₄ >2 o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅ NOTA: Não será permitida a utilização de seixo nos tratamentos superficiais.								

Continuação do Quadro14.03.4a - Tratamentos superficiais						
Requisitos/Propriedades dos agregados (NP EN 13043)						
Requisitos/ Propriedades	Ref. ^a normativa	Unid.	Revestimento Superficial			
			Simplex (frações mais grossas)	Duplo 1ª aplicação	Duplo 2ª aplicação	Simplex 2 aplicações agregados (1ª aplicação)
			rubrica 14.03.4.1.3.1	rubrica 14.03.4.1.3.3		rubrica 14.03.4.1.3.2
Qualidade dos finos	NP EN 933-9	g/Kg	MB _F 10			
Forma do agregado grosso - Índice de achatamento	NP EN 933-3	-	FI ₁₅	FI ₁₆	NA	FI ₁₈
Percentagens de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos	NP EN 933-5	%	C _{100/0}			C _{100/0}
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles	NP EN 1097-2, secção 5	%	LA ₂₀ ^(a)			LA ₂₀ ^(a)
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro- Deval	NP EN 1097-1	%	M _{DE} 25			M _{DE} 25
Massa volúmica das partículas	NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar			
Absorção de água	NP EN 1097-6	%	≤ 1			
Baridade	NP EN 1097-3	Mg/m ³	A declarar			
Resistência ao gelo e ao degelo [valor de absorção de água (wa) como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio (MS)]	NP EN 1097-6 e NP EN 1367-2	%	WA ₂₄₂ ^(b)		Wcm0,5 ^(b)	WA ₂₄₂ ^(b)
Resistência ao choque térmico	NP EN 1367-5, NP EN 1097-2 (secção 5)	%	A declarar		NA	A declarar
Afinidade dos agregados grossos aos ligantes betuminosos	EN 12697-11	—				
NA - Não Aplicável (a) - Para granitóides (de acordo com nomenclatura indicada na descrição petrográfica simplificada): LA ₃₀ . (b) - Se Wcm >0,5 ou WA ₂₄₂ >2 o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅ NOTA: Não será permitida a utilização de seixo nos tratamentos superficiais.						

Quadro 14.03.4b - Tratamentos superficiais - Fuso granulométrico

Abertura dos peneiros (mm)	Fuso granulométrico					
	Microaglomerado a frio			Slurry seal		
	Simples	Duplo		Simples	Duplo	
		1ª aplicação	2ª aplicação		1ª aplicação	2ª aplicação
	Categoria G _A 85	Categoria G _F 85	Categoria G _A 85	Categoria G _A 85	Categoria G _F 85	Categoria G _A 85
	Série base mais série 1	Série base mais série 2	Série base mais série 2	Série base mais série 1	Série base mais série 2	Série base mais série 1
	rubrica 14.03.4.1.1.1	Rubrica 14.03.4.1.1.2		Rubrica 14.03.4.1.2.1	Rubrica 14.03.4.1.2.2	
	Percentagem de passados, em massa (%)					
12,5	—	—	100 (2D)	-	-	-
8	100 (2D)	—	98 – 100 (1.4D)	100 (2D)	—	100 (2D)
6,3	—	—	85 - 99 (D)	-	-	-
5,6	98 – 100 (1.4D)	—	—	98 - 100 (1.4D)	—	98 - 100 (1.4D)
4	85 - 99 (D)	100 (2D)	65 - 85 ^(a)	85 – 99 (D)	100 (2D)	85 - 99 (D)
2	60 - 85 ^(a)	85 – 99 (D)	40 - 65 ^(a)	60 - 85 ^(a)	85 – 99 (D)	60 - 85 ^(a)
1	40 - 65 ^(a)	55 - 80 ^(a)	25 - 45 ^(a)	40 - 65 ^(a)	55 - 80 ^(a)	40 - 65 ^(a)
0,5	27 - 45 ^(a)	35 - 55 ^(a)	16 - 30 ^(a)	27 - 45 ^(a)	35 - 55 ^(a)	27 - 45 ^(a)
0,25	15 - 30 ^(a)	22 - 40 ^(a)	10 - 22 ^(a)	15 - 30 ^(a)	22 - 40 ^(a)	15 - 30 ^(a)
0,125	9 - 20 ^(a)	15 - 25 ^(a)	5 - 15 ^(a)	9 - 20 ^(a)	15 - 25 ^(a)	9 - 20 ^(a)
0,063	7 - 15 ^(a)	10 - 20 ^(a)	5 - 10 ^(a)	7 - 15 ^(a)	10 - 20 ^(a)	7 - 15 ^(a)
Referência normativa: NP EN 13043 e NP EN 933 – 2						
(a) - Requisito adicional						
Atendendo a que os fusos granulométricos de referência não se inscrevem integralmente nas séries definidas na NP EN 13043 foram adicionadas aberturas de peneiros, identificadas no Quadro como requisitos adicionais (a) consideradas na NP EN 933-2.						

Quadro 14.03.4c - Tratamentos superficiais
Revestimento superficial simples - fracções granulométricas

	Referência normativa	Unidade	Tipo de revestimento superficial			
			Simples	Simples com duas aplicações de agregado		Duplo
				1ª aplicação	2ª aplicação	
			rubrica 14.03.4.1.3.1	rubrica 14.03.4.1.3.2		rubrica 14.03.4.1.3.3
Abertura dos peneiros	NP EN 13043	mm	4 / 6	-	2 / 4	-
			6 / 10	6 / 10	4 / 6	6 / 10
			10 / 14	10 / 14	-	10 / 14
Percentagem de passados em massa no peneiro 1,0 mm	NP EN 933-2	%	≤ 1			
Percentagem de passados em massa no peneiro 0,063 mm		%	≤ 0,5			

Quadro 14.03.4d - Tratamentos superficiais
Requisitos/Propriedades da mistura

Requisitos/ Propriedades	Referência normativa	Condições específicas de ensaio/ designação do ensaio	Unid.	Tipo de mistura					
				Microaglomerado betuminoso a frio			Slurry seal		
				Simplex	Duplo 1ª aplicação	Duplo 2ª aplicação	Simplex	Duplo 1ª aplicação	Duplo 2ª aplicação
				rubrica 14.03.4.1.1.1	rubrica 14.04.4.1.1.2		rubrica 14.03.4.1.2.1	rubrica 14.03.4.1.2.2	
Percentagem Ligante residual	EN 12274-1 ^(a) EN 12274-2	Extracção do ligante de acordo com a EN 12697-1	%	≥ 7	≥ 8	≥ 6	≥ 7	≥ 8	≥ 7
Determinação do desgaste - perda máxima	EN12274-5	Ensaio abrasivo com roda molhada (WTAT)	g/m²	≤ 600			≤ 800		
Taxa média de aplicação	EN12274-6	-	kg/m²	8 a 11	5 a 8	11 a 14	8 a 11	5 a 8	8 a 11
Percentagem de água em relação ao agregado	EN12274-3	Ensaio de consistência	%	10 a 15	10 a 20	10 a 15		10 a 20	10 a 15
Adesividade da mistura	EN2274-1 ^(a) EN12274-7	Ensaio de abrasão com agitação; determinação da baridade de acordo com a EN12697-6	%	A declarar					
Para situações de rápida abertura ao tráfego é ainda exigida a observância:									
Coesão agregado/ligante aos 30 min	EN12274-4	Ensaio de coesão	MPa	≥ 12					
Coesão agregado/ligante aos 60 min	EN12274-4	Ensaio de coesão	MPa	≥ 20					
(a) - Amostragem									

Quadro 14.03.4e - Tratamentos superficiais
Revestimento superficial simples - Taxas de aplicação dos materiais

Revestimento superficial simples		
rubrica 14.03.4.1.3.1		
dimensão do agregado (mm)	Taxa de aplicação ^(a)	
	agregado (l/m ²)	ligante residual (kg/m ²)
4 / 6,3	6 - 7	0,9
6,3 / 10	8 - 9	1,2
10 / 14	11 - 13	1,5
(a) - As taxas de aplicação variam conforme o estado da superfície de aplicação, as dimensões do agregado e tipo de ligante, são indicados valores de referência para superfícies homogêneas de textura uniforme/regular		

Quadro 14.03.4f - Tratamentos superficiais				
Revestimento superficial simples com duas aplicações de agregado - Taxas de aplicação dos materiais				
Revestimento superficial simples com duas aplicações de agregado				
rubrica 14.03.4.1.3.2				
1ª aplicação		2ª aplicação		
dimensão do agregado (mm)	Taxa de aplicação ^(a)	dimensão do agregado (mm)	Taxa de aplicação ^(a)	
	Agregado (l/m ²)		agregado (l/m ²)	ligante residual (kg/m ²)
6,3 / 10	6 - 7	2 / 4	3 - 4	1,2
10 / 14	8 - 9	4 / 6,3	4 - 5	1,5
(a) - As taxas de aplicação variam conforme o estado da superfície de aplicação, as dimensões do agregado e tipo de ligante, são indicados valores de referência para superfícies homogêneas de textura uniforme/regular				

Quadro 14.03.4g - Tratamentos superficiais - Revestimentos superficial duplo - Taxas de aplicação dos materiais					
Revestimento superficial duplo					
rubrica 14.03.4.1.3.3					
1ª aplicação			2ª aplicação		
dimensão do agregado (mm)	Taxa de aplicação ^(a)		dimensão do agregado (mm)	Taxa de aplicação ^(a)	
	agregado (l/m ²)	ligante residual (kg/m ²)		agregado (l/m ²)	ligante residual (kg/m ²)
6,3 / 10	7 - 8	0,7	2 / 4	4 - 5	0,9
10 / 14	10 - 11	0,9	4 / 6,3	6 - 7	1,0
(a) - As taxas de aplicação variam conforme o estado da superfície de aplicação, as dimensões do agregado e tipo de ligante, são indicados valores de referência para superfícies homogêneas de textura uniforme/regular					

Nota: A EN 12272-3 *Surface dressing – Test method – Part3: Determination of binder aggregate adhesivity by the Vialit plate shock test method* especifica a determinação da adesividade agregado/ligante através do ensaio de choque da placa Vialit, designadamente:

- Adesão mecânica entre o ligante e a superfície do agregado
- Adesividade activa entre o ligante e a camada de agregados

Deverão ser declarados os valores correspondentes aos requisitos/propriedades supra referidos quando a realização dos ensaios for solicitada pela Fiscalização.

14.03.5 - Materiais para Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos

Os materiais constituintes das misturas tratadas com ligantes hidráulicos previstos neste Caderno de Encargos são:

- Solos
- Agregados;
- Ligantes hidráulicos (cimento e cal);
- Adições;
- Adjuvantes;
- Água.

As misturas tratadas com ligantes hidráulicos devem obedecer aos requisitos das seguintes Normas Europeias:

- EN 14227-1 *Hydraulically bound mixtures – Specifications – Part 1: Cement bound granular mixtures;*
- EN 14227-10 *Hydraulically bound mixtures – Specifications – Part 10: Soil treated by cement;*
- EN 14227-11 *Hydraulically bound mixtures – Specifications – Part 11: Soil treated by lime.*

Os materiais para camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos abrangem as seguintes rubricas:

14.03.5.1 - Camada de sub-base

14.03.5.1.1 – Em solo-cimento fabricado em central

14.03.5.1.2 – Em solo-cimento fabricado “in situ”

14.03.5.1.3 – Em solo-cal fabricado em central

14.03.5.1.4 – Em solo-cal fabricado “in situ”

14.03.5.1.5 – Em agregado britado de granulometria extensa, tratado com cimento

14.03.5.2 - Camada de base

14.03.5.2.1 – Em agregado britado de granulometria extensa, tratado com cimento

14.03.5.3 - Camada de regularização no enchimento de bermas

14.03.5.3.1 – Em agregado britado de granulometria extensa, tratado com cimento

Os agregados britados de granulometria extensa (ABGE) a tratar com ligantes hidráulicos devem respeitar o fuso granulométrico indicado no Quadro 14.03.5a:

Quadro 14.03.5a – ABGE 0/31,5 (d/D) – Fuso Granulométrico			
Categoria G _A 80 (NP EN 13242)			
Requisitos	Peneiro	Abertura (mm)	% passados em massa
NP EN 13242	2D	63	100
	1,4D	40	100
	D	31,5	80 - 99
Requisitos Adicionais	-	16	63 - 77
	-	8	43 - 60
	-	4	30 - 52
	-	2	23 - 40
	-	1	14 - 35
	-	0,5	10 - 30
	-	0,0063	2 - 7

Nas rubricas 14.03.5.1.5, 14.03.5.2.1 e 14.03.5.3.1 são utilizadas emulsões betuminosas e gravilhas para protecção superficial dos agregados britados de granulometria extensa tratado com cimento. As emulsões a aplicar têm como função a protecção contra a evaporação superficial da água necessária à cura da mistura, enquanto que as gravilhas têm como função a protecção contra as acções mecânicas, na eventualidade de a camada ser sujeita ao tráfego de obra.

A emulsão betuminosa a utilizar deve ser do tipo C57 B4, como definido em 14.03.0-4.

A gravilha deve respeitar o fuso granulométrico indicado no Quadro 14.03.5b:

Quadro 14.03.5b – Gravilha de Protecção 4/6 (d/D) – Fuso Granulométrico			
Categoria G_c 85-15 (NP EN 13242)			
Requisitos	Peneiro	Abertura (mm)	% passados em massa
NP EN 13242	2D	12	100
	1,4D	8	98 - 100
	D	6	85 - 99
	d	4	0 – 15
	d/2	2	0 - 5
Requisito Adicional	-	0,0063	0 - 1

O Quadro 14.03.5c especifica os requisitos dos solos para camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos com características de sub-base.

O Quadro 14.03.5d especifica os requisitos do agregado britado de granulometria extensa a tratar com cimento para camadas de sub-base, de base e de regularização no enchimento de bermas.

O Quadro 14.03.5e especifica os requisitos da gravilha de protecção das camadas de sub-base, de base e de regularização no enchimento de bermas em agregado britado de granulometria extensa tratado com cimento.

O Quadro 14.03.5f especifica os requisitos das misturas de solos tratados com cimento (solo-cimento) com características de sub-base.

O Quadro 14.03.5g especifica os requisitos das misturas de solos tratados com cal (solo-cal) com características de sub-base.

O Quadro 14.03.5h especifica os requisitos da mistura de agregado britado de granulometria extensa tratado com cimento com características de sub-base, base e regularização no enchimento de bermas.

No Capítulo 15 deste Caderno de Encargos serão descritas as especificações construtivas para a aplicação dos materiais descritos neste capítulo.

Quadro 14.03.5c - Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos					
Requisitos/Propriedades dos solos a tratar com ligantes hidráulicos com características de sub-base - EN 14227-10					
Requisitos / Propriedades	Referência normativa	Unidade	Condições específicas de ensaio	Sub-base	
				Solo-Cimento	Solo-Cal
				rubricas 14.03.5.1.1 e 14.03.5.1.2	rubricas 14.03.5.1.3 e 14.03.5.1.4
Percentagem de material que passa no peneiro de 63 mm, mínima	NP EN 933-1	%	Peneiração por via húmida	95	
Percentagem de material que passa no peneiro de 0,063 mm, máxima		%		30	
Limite liquidez (LL), máximo	NP 143	%	Aplicável a solos com cerca de 30%, ou mais, em massa, de partículas de dimensões inferiores a 0,05 mm	35	
Índice de plasticidade (IP), máximo		%	IP = LL-LP, em que LP é o limite de plasticidade determinado pela NP 143	15	
Nota 1: Solo-Cimento - Mistura de solo e cimento fabricada em central ou "in situ".					
Nota 2: Solo-Cal - Mistura de solo e cal fabricada em central ou "in situ".					
Nota 3: Os solos devem apresentar-se isentos de matéria orgânica, detritos, materiais expansivos e de quaisquer outros produtos prejudiciais que possam afectar a ligação com o cimento e influenciar os tempos de presa e o desenvolvimento da resistência da mistura.					

Quadro 14.03.05d - Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos - Requisitos/Propriedades do agregado britado de granulometria extensa a tratar com cimento com características de sub-base, base e regularização no enchimento de bermas (NP EN 13242)					
Requisitos/Propriedades	Referência normativa	Unidade	Sub-base	Base	Regularização no enchimento de bermas
			ABGE		
			rubrica 14.03.5.1.5	rubrica 14.03.2.2.1	rubrica 14.03.2.3.1
Descrição petrográfica simplificada	NP EN 932-3	-	Exame petrográfico dos agregados para classificação geral		
Qualidade dos finos, Teor de finos	NP EN 933-1	%	Se o teor total de finos for superior a 3 % (em massa) então $SE \geq 40$. Caso $SE < 40$ então $MB \leq 2,5^{(a)}$	Se o teor total de finos for superior a 3 % (em massa), então $SE \geq 50$. Caso $SE < 50$, então $MB \leq 2,0^{(a)}$	
Qualidade dos finos, Equivalente de Areia	NP EN 933-8	%			
Qualidade dos finos, Azul de metileno	NP EN 933-9	g/kg			
Forma do agregado grosso - Índice de achatamento	NP EN 933-3	-	F_{b5}	F_{b0}	
Finura dos agregados finos, módulo de finura	NP EN 933-1 NP EN 12620 Anexo B	-	NR		
Percentagens de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos	NP EN 933-5	%	$C_{90/3}$		
Teor de conchas	NP EN 933-7	%	NR		
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles	NP EN 1097-2 secção 5	-	$45^{(b)}$	LA_{40}	
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro-Deval	NP EN 1097-1	-	M_{DE35}	M_{DE25}	
Massa volúmica das partículas	NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar ^(c)		
Absorção de água	NP EN 1097-6	%			
Resistência ao gelo e ao degelo, valor de absorção de água como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio	NP EN 1097-6 NP EN 1367-2	%	Se $WA > 2$ (absorção de água) então o valor de sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS35 ^(d)		
Afinidade dos agregados grossos aos ligantes betuminosos	EN 12697-11	-	NR		
"Sonnenbrand" do basalto	NP EN 1367-3 NP EN 1097-1 secção 5	%	Perda de massa após a ebulição ≤ 1 e $SB_{LA} \leq 8^{(e)}$		
Teor de iões cloro solúveis em água	NP EN 1744-1 secção 12	%	$\leq 0,01\ \%^{(f)}$		
Teor de sulfatos solúveis em ácido	NP EN 1744-1 secção 12	%	$AS_{0,2}$		
Enxofre total	NP EN 1744-1 secção 11	%	$S \leq 1^{(g)}$		
Constituintes que alteram o tempo de presa e a resistência da mistura/betão	NP EN 1744-1 secção 15.1 ou secção 15.2 ou secção 15.3	-	Não devem conter matéria orgânica ^(h)		
Reactividade álcalis-sílica	LNEC E 467	-	NR		

Notas do Quadro 14.03.05d - Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos
Requisitos/Propriedades do agregado britado de granulometria extensa a tratar com cimento com características de sub-base, base e regularização no enchimento de bermas (NP EN 13242)

Nota 1: Os agregados naturais devem apresentar-se homogêneos e não devem conter matéria orgânica ou quaisquer substâncias estranhas tais como madeira, vidro e plástico que afetem a mistura. Devem ser pouco susceptíveis à meteorização e apresentarem-se são ou pouco alterados (de acordo com a classificação ISMR).

Nota 2: Para agregados susceptíveis de degradação pela acção do gelo-degelo, expostos a ambientes sujeitos ao gelo e ao degelo, a situações de humidade elevada ou à água do mar, o ensaio de absorção de água deve ser utilizado como ensaio de triagem.

NR - Não Requerido

(a) - Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais.

(b) - Como a Norma NP EN 13242 não possui a categoria LA₄₅ é indicado o valor requerido.

(c) - Ensaio de realização obrigatória; Quando o valor do requisito/propriedade não é definido em projecto deverá ser declarado pelo Adjudicatário.

(d) - Se a absorção de água ≤ 2 (WA₂₄₂) o agregado deve ser considerado como resistente ao gelo-degelo.

(e) - Em caso de dúvida, onde existam indícios de "Sonnenbrand".

(f) - Em agregados de origem marinha.

(g) - Se se verificar a existência de pirrotite o teor total máximo de enxofre deve ser reduzido para 0,1 %.

(h) - Se os resultados revelarem um teor elevado de húmus, deve ser determinada a presença de ácido fúlvico. Se nestes ensaios a cor do líquido que sobrenada for mais clara que as cores-padrão, pode considerar-se que os agregados não contêm matéria orgânica. Caso contrário, deve ser realizado o ensaio com provete de argamassa e as proporções devem ser tais que não provoquem: a) aumento do tempo de presa nos provetes de ensaio superior a 120 min; b) diminuição da resistência à compressão nos provetes de ensaio superior a 20 % aos 28 dias.

Quadro 14.03.05e - Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos -
Requisitos/Propriedades das gravilhas de protecção para camadas de agregado britado de granulometria extensa tratado com cimento com características de sub-base, base e regularização no enchimento de bermas (NP EN 13043)

Requisitos/Propriedades	Referência normativa	Unidade	Sub-base, Base e Regularização no enchimento de bermas
			Gravilha de protecção superficial
			rubricas 14.03.5.1.5, 14.03.5.2.1 e 1403.5.3.1
Descrição petrográfica simplificada	NP EN 932-3	-	Exame petrográfico dos agregados para classificação geral
Qualidade dos finos, Teor de finos	NP EN 933-1	%	MBF10 ou os finos devem cumprir os requisitos aplicáveis aos fileres, de acordo com o especificado no Quadro 14.03.0-3b ^(a)
Qualidade dos finos, Equivalente de Areia	NP EN 933-8	%	
Qualidade dos finos, Azul de metileno	NP EN 933-9	g/kg	
Forma do agregado grosso - Índice de achatamento	NP EN 933-3	-	F_{L25}
Finura dos agregados finos, módulo de finura	NP EN 933-1 NP EN 12620 (Anexo B)	-	NR
Percentagens de superfícies esmagadas e partidas nos agregados grossos	NP EN 933-5	%	$C_{100/0}$
Teor de conchas	NP EN 933-7	%	NR
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles	NP EN 1097-2 secção 5	-	LA_{40}
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro-Deval	NP EN 1097-1	-	M_{DE25}
Massa volúmica das partículas	NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar ^(b)
Absorção de água	NP EN 1097-6	%	
Resistência ao gelo e ao degelo, valor de absorção de água como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio	NP EN 1097-6 NP EN 1367-2	%	Se WA > 0,5 (absorção de água) então o valor de sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS ₃₅ ^(c)
Afinidade dos agregados grossos aos ligantes betuminosos	EN 12697-11	-	A declarar ^(c)
"Sonnenbrand" do basalto	NP EN 1367-3 NP EN 1097-1 secção 5	%	Perda de massa após a ebulição ≤ 1 e $SB_{LA} \leq 8$ ^(d)
Teor de iões cloreto solúveis em água	NP EN 1744-1 secção 12	%	NR
Teor de sulfatos solúveis em ácido	NP EN 1744-1, secção 12	%	

Continuação do Quadro 14.03.05e - Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos - Requisitos/Propriedades das gravilhas de protecção para camadas de agregado britado de granulometria extensa tratado com cimento com características de sub-base, base e regularização no enchimento de bermas (NP EN 13043)

Requisitos/Propriedades	Referência normativa	Unidade	Sub-base, Base e Regularização no enchimento de bermas
			Gravilha de protecção superficial
			rubricas 14.03.5.1.5, 14.03.5.2.1 e 1403.5.3.1
Enxofre total	NP EN 1744-1 secção 11	%	NR
Constituintes que alteram o tempo de presa e a resistência da mistura/betão	NP EN 1744-1 secção 15.1 ou secção 15.2 ou secção 15.3	-	
Reactividade álcalis-sílica	LNEC E 467	-	

Nota 1: Os agregados naturais devem apresentar-se homogéneos e não devem conter matéria orgânica ou quaisquer substâncias estranhas tais como madeira, vidro e plástico que afectem a mistura. Devem ser pouco susceptíveis à meteorização e apresentarem-se são ou pouco alterados (de acordo com a classificação ISMR).

Nota 2: Para agregados susceptíveis de degradação pela acção do gelo-degelo, expostos a ambientes sujeitos ao gelo e ao degelo, a situações de humidade elevada ou à água do mar, o ensaio de absorção de água deve ser utilizado como ensaio de triagem.

NR - Não Requerido

(a) - Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for superior a 3 % (em massa), deve ser avaliada a nocividade dos finos da fracção 0/0,125 mm e o valor do ensaio de azul de metileno deve estar enquadrado na categoria MB_F10. Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for superior a 10 % (em massa), os finos devem cumprir os requisitos aplicáveis aos fileres, de acordo com o especificado no Quadro 4.03.0-3a.

(b) - Ensaio de realização obrigatória; Quando o valor do requisito/propriedade não é definido em projecto deverá ser declarado pelo Adjudicatário.

(c) - Se a absorção de água $\leq 0,5$ (WA₂₄0,5) o agregado deve ser considerado como resistente ao gelo-degelo.

(e) - Em caso de dúvida, onde existam indícios de "Sonnenbrand".

Quadro 14.03.5f - Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos Requisitos/Propriedades dos solos tratados com cimento (Solo-Cimento) com características de sub-base (EN 14227-10)

Requisitos / Propriedades		Referência normativa	Uni.	Condições específicas de ensaio	Sub-base	
					Solo-Cimento fabricado em central	Solo-Cimento fabricado "in situ"
					rubrica 14.03.5.1.1	rubrica 14.03.5.1.2
Mistura	% de ligante, mínima	NA	%	% de ligante em massa do total da massa da mistura	3 ^(a)	
	% dos restantes materiais constituintes		%	As dosagens dos materiais constituintes da mistura (% em massa do total da massa da mistura), a granulometria da mistura e a sua baridade seca deverão ser declaradas; As proporções declaradas deverão basear-se no estudo da composição em laboratório	A declarar ^(b)	
	Granulometria	NP EN 933-1	NA			
	Baridade seca	EN 13286-2	Mg/m ³			
Requisitos da Mistura Fresca	Teor de água, mínimo	EN 13286-2	%	O teor de água mínimo da mistura não deve ser inferior a 95% do teor de água óptimo obtido no ensaio de compactação Proctor	W _{0,95}	
	Grau de pulverização (P)	EN 13286-48	%	Razão entre a massa passada e a massa retida da mistura no peneiro de 5,6 mm	A declarar ^(b)	
	CBR Imediato (CBRI)	EN 13286-47	%	Após a realização da mistura esta deve ser armazenada em sacos que devem estar selados entre 30 a 60 minutos; De seguida os provetes devem ser preparados e determinado o CBRI no máximo até 90 minutos após a realização da mistura	Valor de projecto ^(c)	

Continuação do Quadro 14.03.5f - Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos Requisitos/Propriedades dos solos tratados com cimento (Solo-Cimento) com características de sub-base (EN 14227-10)					
Requisitos / Propriedades		Referência normativa	Uni.	Condições específicas de ensaio	Sub-base
					Solo-Cimento fabricado em central
					rubrica 14.03.5.1.1
Requisitos da Mistura Fresca	Valor parâmetro de humidade (MCV)	EN13286-46	-	Valor que descreve o estado de humidade da mistura relativamente à sua compactabilidade	NR
Comportamento mecânico em laboratório	Resistência à compressão (R_c), mínima	EN13286-41	MPa	R_c é a média dos valores obtidos a partir de ensaios a três provetes; Se um dos valores diferir mais de 20% da média, será excluído e considerada a média dos restantes dois valores	$C_{0,8/1}$
Resistência à água	Expansibilidade linear após imersão em água (LS)	EN 13286-47	mm	A expansibilidade deverá ser medida pelo menos durante 28 dias ou até o seu valor ser inferior a 0,05 mm em 48 horas; A água a utilizar no ensaio deve ser continuamente arejada	A declarar ^(b)
NA - Não Aplicável NR - Não Requerido (a) - Poderá ser considerado um valor inferior se definido em projecto ou o estudo de composição da mistura o demonstrar. (b) - Ensaio de realização obrigatória; Quando o valor do requisito/propriedade não é definido em projecto deverá ser declarado pelo Adjudicatário. (c) - Valor definido em projecto.					

Quadro 14.03.5g - Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos Requisitos/Propriedades dos solos tratados com cal (Solo-Cal) com características de sub-base (EN 14227-11)					
Requisitos / Propriedades		Referência normativa	Unidade	Condições específicas de ensaio	Sub-base
					Solo-Cal fabricado em central
					rubrica 14.03.5.1.3
Mistura	% de ligante, mínima	NA	%	% de ligante em massa do total da massa da mistura	3 ^(a)
	% dos restantes materiais constituintes		%	As dosagens dos materiais constituintes da mistura (% em massa do total da massa da mistura), a granulometria da mistura e a sua baridade seca deverão ser declaradas; As proporções declaradas deverão basear-se no estudo da composição em laboratório	A declarar ^(b)
	Granulometria	NP EN 933-1	NA		
	Baridade seca	EN 13286-2	Mg/m ³		
Comportamento da mistura em laboratório	Grau de pulverização (P)	EN 13286-48	%	Razão entre a massa passada e a massa retida da mistura no peneiro de 5,6 mm	
	Teor de água, mínimo	EN 13286-2	%	O teor de água mínimo da mistura não deve ser inferior a 90% do teor de água óptimo obtido no ensaio de compactação Proctor	$W_{0,90}$
	CBR Imediato (CBRi)	EN 13286-47	%	Após a realização da mistura esta deve ser armazenada em sacos que devem estar selados entre 30 a 60 minutos; De seguida os provetes devem ser preparados e determinado o CBRi no máximo até 90 minutos após a realização da mistura	Valor de projecto ^(c)

Continuação do Quadro 14.03.5g - Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos
Requisitos/Propriedades dos solos tratados com cal (Solo-Cal) com características de sub-base
(EN 14227-11)

Requisitos / Propriedades		Referência normativa	Unidade	Condições específicas de ensaio	Sub-base	
					Solo-Cal fabricado em central	Solo-Cal fabricado "in situ"
					rubrica 14.03.5.1.3	rubrica 14.03.5.1.4
Comportamento da mistura em laboratório	Valor parâmetro de humidade (MCV)	EN 13286-46	-	Valor que descreve o estado de humidade da mistura relativamente à sua compactabilidade	NR	
	Resistência à compressão (R_c), mínima	EN 13286-41	MPa	R_c é a média dos valores obtidos a partir de ensaios a três provetes; Se um dos valores diferir mais de 20% da média, será excluído e considerada a média dos restantes dois valores	$R_{C1,0}$	
	Expansibilidade linear após imersão em água (LS)	EN 13286-47	mm	A expansibilidade deverá ser medida pelo menos durante 28 dias ou até o seu valor ser inferior a 0,05 mm em 48 horas; A água a utilizar no ensaio deve ser continuamente arejada	A declarar ^(b)	
	Resistência ao congelamento	-	-	-	NR	
NA - Não Aplicável NR - Não Requerido (a) - Poderá ser considerado um valor inferior se definido em projecto ou o estudo de composição da mistura o demonstrar. (b) - Ensaio de realização obrigatória; Quando o valor do requisito/propriedade não é definido em projecto deverá ser declarado pelo Adjudicatário. (c) - Valor definido em projecto.						

Quadro 14.03.5h - Camadas de misturas tratadas com ligantes hidráulicos
Requisitos/Propriedades do agregado britado de granulometria extensa tratado com cimento com
características de sub-base, base e regularização no enchimento de bermas (EN 14227-1)

Requisitos / Propriedades		Refª normativa	Unidade	Condições específicas de ensaio	Sub-base	Base	Regularização no enchimento de bermas
					ABGE		
					rubrica 14.03.5.1.5	rubrica 14.03.5.2.1	rubrica 14.03.5.3.1
% de ligante, mínimo		EN 14227-1	%	A % de ligante (% em massa do total da massa da mistura) deverá ser determinada através de estudo da composição da mistura em laboratório; O estudo da composição deverá determinar a adequada dosagem de ligante necessária ao cumprimento das características mecânicas e das baridades exigidas	3 ^(a)		
Teor de água, mínimo		EN 13286-2	%	O teor de água, adequado à compactação da mistura, deverá ser determinado através de estudo da composição em laboratório	A declarar ^(b)		
Granulometria da mistura		NP EN 933-1	NA	A granulometria da mistura deverá ter em conta a granulometria definida para os agregados e a % de ligante, incluindo adições (quando existirem)			
Classificação da mistura por classe de resistência	Resistência à compressão característica (R _{ck})	EN 13286-41	MPa	A resistência característica da mistura, em conformidade com o estudo da composição, deverá ser determinada para 28 dias de cura	Valor de projecto ^(c)		
NA – Não Aplicável NR – Não Requerido (a) - Poderá ser considerado um valor inferior se definido em projecto ou o estudo de composição da mistura o demonstrar. (b) - Ensaio de realização obrigatória; Quando o valor do requisito/propriedade não é definido em projecto deverá ser declarado pelo Adjudicatário. (c) - Valor definido em projecto.							

14.03.6 - Materiais para camadas de betão hidráulico

Neste item são definidos requisitos para os seguintes materiais:

- Agregados;
- Betão hidráulico;
- Armaduras para betão;
- Blocos de betão.

As condições a que deve obedecer a colocação em obra dos betões hidráulicos (betões de ligantes hidráulicos), assim como as disposições relativas à execução de estruturas de betão constam do Decreto-Lei n.º 301/2007 de 23 de Agosto. A Norma Europeia que define os requisitos aplicáveis aos betões é a NP EN 206-1 Betão – Parte 1: Especificação, desempenho, produção e conformidade.

A utilização em Portugal dos aços para armaduras de betão armado é regulada pelo REBAP – Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado, Decreto-Lei n.º 349-c/83, de 30 de Julho. Este Regulamento especifica os tipos de armaduras e as suas principais características, estipulando no artigo 23º a obrigatoriedade da sua prévia classificação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC.

Os documentos de Classificação elaborados pelo LNEC ao abrigo do REBAP especificam os requisitos necessários que os diversos tipos de armaduras devem satisfazer com vista à sua classificação.

Os requisitos dos aços classificados são os que constam nas seguintes Especificações do LNEC:

- E 449 - Varões de Aço A400 NR para Armaduras de Betão Armado. Características, Ensaios e Marcação.
- E 450 - Varões de Aço A500 NR para Armaduras de Betão Armado. Características, Ensaios e Marcação.
- E 455 - Varões de Aço A400 NR de Ductilidade Especial para Armaduras de Betão Armado. Características, Ensaios e Marcação.
- E 456 - Varões de Aço A500 ER para Armaduras de Betão Armado. Características, Ensaios e Marcação.

- E 458 - Redes Electrossoldadas para Armaduras de Betão Armado. Características, Ensaios e Marcação.
- E 460 - Varões de Aço A500 NR de Ductilidade Especial para Armaduras de Betão Armado. Características, Ensaios e Marcação.
- E 478 - Fios Lisos de Aço A500 EL. Características e Ensaios.
- E 479 - Redes Electrossoldadas de Pequeno Diâmetro. Características e Ensaios.
- E 480 – Treliças Electrossoldadas para Armaduras de Betão. Características e Ensaios.

A utilização de outros tipos de armaduras não correntes, que não se enquadrem nas Especificações LNEC antes referidas, deve ser obrigatoriamente precedida pela sua homologação pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), em cumprimento do artigo 23º do Regulamento de Estruturas de Betão Armado e Pré-esforçado (REBAP), Decreto-Lei nº 349-C/83, de 30 de Julho

Adicionalmente, de acordo com o Decreto-Lei nº 390/2007, de 10 de Dezembro, todos os aços para armaduras ordinárias, sob a forma de varões, barras, rolos ou bobinas, redes electrossoldadas, treliças e fitas ou bandas denteadas, independentemente do processo tecnológico utilizado na sua obtenção, só podem ser colocados no mercado ou importados, e consequentemente aplicados nas obras, após terem sido certificados por um organismo acreditado por uma entidade competente no domínio da acreditação em conformidade com as metodologias do Sistema Português da Qualidade.

O cumprimento do disposto no parágrafo anterior é assegurado pelos aços certificados pela Certif – Associação para a Certificação de Produtos, podendo ser consultada em <http://www.certif.pt/> a lista dos aços certificados.

Dando cumprimento ao nº 3 do Artigo 6º do Decreto-Lei nº 301/2007 de 23 de Agosto, a aceitação em obra das armaduras ordinárias, pelo utilizador, deve obrigatoriamente ser feita através da inspecção e dos ensaios de recepção previstos na NP ENV 13670-1- Execução de estruturas em betão – Parte 1:Regras gerais, feitos em laboratórios acreditados.

Para além do constante na NP EN 206-1, os requisitos a respeitar relativamente aos materiais a utilizar em camadas de betão hidráulico, nomeadamente em pavimentos em betão hidráulico (pavimentos rígidos), são definidos pelas Normas Europeias:

- NP EN 13877-1 Pavimentos em betão – Parte 1: Materiais;
- NP EN 13877-2 Pavimentos em betão – Parte 2: Requisitos funcionais para pavimentos em betão.

A NP EN 13877-1 define os requisitos para os materiais constituintes do betão e os requisitos fundamentais para o betão, de acordo com a NP EN 206-1. Define também os requisitos fundamentais de outros materiais para pavimentos em betão (Quadro 14.03.6ª):

Quadro 14.03.6a – Camadas de betão hidráulico – Referências Normativas para outros materiais cujos requisitos são definidos na NP EN 13877-1	
Materiais	Referência Normativa
Produtos de cura	EN 14754-1
Retardadores de presa superficiais	-
Produtos de selagem de juntas	EN 14188-1, EN 14188-2 e EN 14188-3
Varões de ligação	EN 10080
Varões de transferência ou passadores	NP EN 13877-3
Armadura de reforço	EN 10080

As normas NP EN 13877-1 e 2 apresentam as seguintes definições, relevantes para este Caderno de Encargos:

- Betão pobre – betão com uma dosagem de cimento mais baixa do que o betão a utilizar na camada de desgaste;
- Camada de base em betão armado contínuo (CBBAC) – camada de betão armado longitudinalmente de forma contínua, sem juntas intermédias, com uma percentagem de aço inferior à de um betão armado contínuo (BAC), coberta por uma camada betuminosa de desgaste;
- Pavimento em betão não armado, com juntas – pavimento em betão com juntas transversais com um afastamento, em geral, de 3,5 a 7,5 m, em que as lajes não

são armadas e a transferência de cargas nas juntas é assegurada por varões de transferência ou pela interligação dos agregados (sem varões de transferência);

- Pavimento em betão armado, com juntas – pavimento em betão com juntas transversais (podem ser de retracção ou de dilatação) com um afastamento, em geral, de 8 a 25 m, em que as lajes contêm armaduras de reforço longitudinais e transversais; as armaduras de reforço longitudinais não atravessam as juntas transversais, as quais possuem habitualmente varões de transferência;
- Pavimento em betão armado contínuo (BAC) – pavimento em betão armado longitudinalmente de forma contínua, sem juntas transversais intermédias de retracção ou de dilatação.

Os materiais para camadas de betão hidráulico abrangem as seguintes rubricas:

14.03.6.1 – Camada de sub-base

14.03.6.1.1 – Em betão pobre vibrado

14.03.6.2 – Camada de base

14.03.6.2.1 - Em betão pobre vibrado

14.03.6.2.2 - Em betão armado contínuo (CBBAC)

14.03.6.3 – Camada de regularização, no enchimento de bermas

14.03.6.3.1 - Em betão pobre vibrado

14.03.6.4 - Camada de desgaste

14.03.6.4.1 - Em betão não armado, com juntas

14.03.6.4.2 - Em betão armado, com juntas

14.03.6.4.3 - Em betão armado contínuo (BAC)

14.03.6.4.4 - Em blocos de betão

O Quadro 14.03.6b especifica os requisitos dos agregados para betões para camadas de betão hidráulico com características de sub-base, base, regularização no enchimento de bermas e desgaste.

O Quadro 14.03.6c especifica os requisitos dos betões para camadas de betão hidráulico com características de sub-base, base, regularização no enchimento de bermas e desgaste.

O Quadro 14.03.6d especifica os requisitos dos blocos de betão para camadas de betão hidráulico com características de desgaste.

No Capítulo 15 deste Caderno de Encargos serão descritas as especificações construtivas para a aplicação dos materiais descritos neste item.

Quadro 14.03.6b – Camadas de betão hidráulico – Requisitos/Propriedades dos agregados para betão com características de sub-base, base, regularização no enchimento de bermas e desgaste (NP EN 12620)									
Requisitos/Propriedades	Referências normativas	Unid.	Sub-base	Base		Regular. no enchimento de bermas	Desgaste		
			Em betão pobre vibrado	Em betão pobre vibrado	Em betão armado contínuo (CBBAC)	Em betão pobre vibrado	Em betão não armado, com juntas	Em betão armado, com juntas	Em betão armado contínuo (BAC)
			rubrica 14.03.6.1.1	rubrica 14.03.6.2.1	rubrica 14.03.6.2.2	rubrica 14.03.6.4.1	rubrica 14.03.6.3.1	rubrica 14.03.6.3.2	rubrica 14.03.6.3.3
Descrição petrográfica simplificada	NP EN 932-3	-	Exame petrográfico dos agregados para classificação geral						
Qualidade dos finos, Teor de finos	NP EN 933-1	%	Se o teor total de finos for superior a 3 % (em massa), então SE ≥ 60. Caso SE < 60, então MB ≤ 1,5 ^(a)						
Qualidade dos finos, Equivalente de Areia	NP EN 933-8	-							
Qualidade dos finos, Azul de metileno	NP EN 933-9	g/kg							
Forma do agregado grosso – Índice de achatamento	NP EN 933-3	-	F_{L20}						
Finura dos agregados finos, módulo de finura	NP EN 933-1	-	Agregado fino de granulometria grossa – CF de 4,0 a 2,4; Agregado fino de granulometria média – MF de 2,8 a 1,5; Agregado fino de granulometria fina – FF de 2,1 a 0,6						
Teor de conchas	NP EN 933-7	%	SC_{10}						
Resistência à fragmentação do agregado grosso, coeficiente Los Angeles	NP EN 1097-2 secção 5	-	LA_{20}						
Resistência ao desgaste por atrito do agregado grosso, coeficiente micro-Deval	NP EN 1097-1	-	M_{DE25}						
Resistência ao polimento, coeficiente de polimento acelerado	NP EN 1097-8	-	PSV_{50}						
Massa volúmica das partículas	NP EN 1097-6	Mg/m ³	A declarar ^(b)						
Absorção de água	NP EN 1097-6	%							
Resistência ao gelo e ao degelo, valor de absorção de água como ensaio de triagem e valor do sulfato de magnésio	NP EN 1097-6 NP EN 1367-2	%	Se WA > 2 (absorção de água), então o valor do sulfato de magnésio deve estar enquadrado em MS_{35} ^(c)						
Teor de carbonato dos agregados finos	EN 196-21 secção 5	%	A declarar ^(b)						
Teor de iões cloro solúveis em água	NP EN 1744-1 secção 12	%	≤ 0,01 %						
Teor de sulfatos solúveis em ácido	NP EN 1744-1 secção 12	%	$AS_{0,2}$						
Enxofre total	NP EN 1744-1 secção 11	%	$S \leq 1$ ^(d)						
Contaminantes orgânicos leves	NP EN 1744-1 secção 14.2	%	0,5 % em massa do agregado fino ou 0,1 % em massa do agregado grosso						
Constituintes que alteram o tempo de presa e a resistência da mistura/betão	NP EN 1744-1 secção 15.1 ou secção 15.2 ou secção 15.3	-	Não devem conter matéria orgânica ^(e)						
Reactividade álcalis-silica	LNEC E 467	-	Classe I, agregados não reactivos						

Notas do Quadro 14.03.6b - Camadas de betão hidráulico - Requisitos/Propriedades dos agregados para betão com características de sub-base, base, regularização no enchimento de bermas e desgaste (NP EN 12620)

Nota 1: Os agregados naturais devem apresentar-se homogêneos e não devem conter matéria orgânica ou quaisquer substâncias estranhas tais como madeira, vidro e plástico que afectem a mistura. Devem ser pouco susceptíveis à meteorização e apresentarem-se são ou pouco alterados (de acordo com a classificação ISMR).

Nota 2: Para agregados susceptíveis de degradação pela acção do gelo-degelo, expostos a ambientes sujeitos ao gelo e ao degelo, a situações de humidade elevada ou à água do mar, o ensaio de absorção de água deve ser utilizado como ensaio de triagem.

(a) - Se a percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm for inferior a 3 % os finos podem ser considerados não prejudiciais.

(b) - Ensaio de realização obrigatória; Quando o valor do requisito/propriedade não é definido em projecto deverá ser declarado pelo Adjudicatário.

(c) - Se a absorção de água ≤ 2 (WA₂₄₂) o agregado deve ser considerado como resistente ao gelo-degelo.

(d) - Se se verificar a existência de pirrotite o teor total máximo de enxofre deve ser reduzido para 0,1 %.

(e) - Se os resultados revelarem um teor elevado de húmus, deve ser determinada a presença de ácido fúlvico. Se nestes ensaios a cor do líquido que sobrenada for mais clara que as cores-padrão, pode considerar-se que os agregados não contêm matéria orgânica. Caso contrário, deve ser realizado o ensaio com provete de argamassa e as proporções devem ser tais que não provoquem: a) aumento do tempo de presa nos provetes de ensaio superior a 120 min; b) diminuição da resistência à compressão nos provetes de ensaio superior a 20 % aos 28 dias.

Quadro 14.03.6c - Camadas de betão hidráulico - Requisitos/Propriedades do betão com características de sub-base, base, regularização no enchimento de bermas e desgaste (NP EN 206-1 e NP EN 13877-1)

Requisitos / Propriedades			Referência normativa	Unid.	Condições específicas de ensaio	Sub-base	Base		Regularização no enchimento de bermas
						Em betão pobre vibrado	Em betão pobre vibrado	Em betão armado contínuo (CBBAC)	Em betão pobre vibrado
						rubrica 14.03.6.1.1	rubrica 14.03.6.2.1	rubrica 14.03.6.2.2	rubrica 14.03.6.4.1
Exposição (acções ambientais)			NP EN 206-1	NA	Definição em projecto da classe de exposição do betão mediante o ambiente em que este vai ser aplicado	Valor de projecto ^(a)			
Betão fresco	Consistência	Abaixamento	NP EN 12350-2	mm	Determinação da consistência do betão fresco em que D _{máx} do agregado mais grosso ≤ 40 mm	NR			
		Vêbê	NP EN 12350-3	s	Determinação da consistência do betão fresco em que D _{máx} do agregado mais grosso ≤ 63 mm				
		Compactação	NP EN 12350-4	%					
		Espalhamento	NP EN 12350-5	mm					
	Massa volúmica		NP EN 12350-6	kg/m ³	-	A declarar ^(b)			
	Teor de ar		NP EN 12350-7	%	Determinação em obra	NR	A declarar ^(b)		NR
	Dosagem de Ligante, mínima		-	kg/m ³	Dosagem de ligante por m3 de betão	Valor de projecto ^(a)		300	Valor de projecto ^(a)
	% de partículas <0,25 mm		NP EN 933-1	%	-	NR			
	Teor de cloretos		NP EN 206-1	%	Quando houver aço não protegido contra a corrosão embebido no betão o teor total de iões cloreto não deve exceder 0,40% da massa do cimento	NR			

Continuação do Quadro 14.03.6c - Camadas de betão hidráulico - Requisitos/Propriedades do betão com características de sub-base, base, regularização no enchimento de bermas e desgaste (NP EN 206-1 e NP EN 13877-1)									
Requisitos / Propriedades			Referência normativa	Unid.	Condições específicas de ensaio	Sub-base	Base		Regularização no enchimento de bermas
						Em betão pobre vibrado	Em betão pobre vibrado	Em betão armado contínuo (CBBAC)	Em betão pobre vibrado
						rubrica 14.03.6.1.1	rubrica 14.03.6.2.1	rubrica 14.03.6.2.2	rubrica 14.03.6.4.1
Betão endurecido	Resistência aos efeitos do gelo-degelo e dos produtos descongelantes		NP EN 12390-9	-	-	NR			
	Resistência mecânica	Resistência à compressão	NP EN 12390-3	MPa	-	C16/20 ^(c)		Valor de projecto ^(a)	C16/20 ^(c)
		Resistência à flexão	NP EN 12390-5		-	NR	NR		NR
		Resistência à tracção por compressão	NP EN 12390-6		-				
NA - Não Aplicável; NR - Não Requerido; (a) - Valor definido em projecto. (b) - Ensaio de realização obrigatória; Quando o valor do requisito/propriedade não é definido em projecto deverá ser declarado pelo Adjudicatário. (c) - Poderá ser adoptada uma classe inferior de resistência à compressão, C8/10 ou C12/15, quando definido em projecto.									

Continuação do Quadro 14.03.6c - Camadas de betão hidráulico - Requisitos/Propriedades do betão com características de sub-base, base, regularização no enchimento de bermas e desgaste (NP EN 206-1 e NP EN 13877-1)								
Requisitos / Propriedades			Referência normativa	Unid.	Condições específicas de ensaio	Desgaste		
						Em betão não armado com juntas	Em betão armado com juntas	Em betão armado contínuo (BAC)
						rubrica 14.03.6.3.1	rubrica 14.03.6.3.2	rubrica 14.03.6.3.3
Exposição (acções ambientais)			NP EN 206-1	NA	Definição em projecto da classe de exposição do betão mediante o ambiente em que este vai ser aplicado	Valor de projecto ^(a)		
Betão fresco	Consistência	Abaixamento	NP EN 12350-2	mm	Determinação da consistência do betão fresco em que D _{máx} do agregado mais grosso ≤40 mm			
		Vêbê	NP EN 12350-3	s	Determinação da consistência do betão fresco em que D _{máx} do agregado mais grosso ≤63 mm			
		Compactação	NP EN 12350-4	%				
		Espalhamento	NP EN 12350-5	mm				
	Massa volúmica			NP EN 12350-6	kg/m ³	-	A declarar ^(b)	

Continuação do Quadro 14.03.6c - Camadas de betão hidráulico - Requisitos/Propriedades do betão com características de sub-base, base, regularização no enchimento de bermas e desgaste NP EN 206-1 e NP EN 13877-1

Requisitos / Propriedades			Referência normativa	Unid.	Condições específicas de ensaio	Desgaste		
						Em betão não armado com juntas	Em betão armado com juntas	Em betão armado contínuo (BAC)
						rubrica 14.03.6.3.1	rubrica 14.03.6.3.2	rubrica 14.03.6.3.3
Betão fresco	Teor de ar		NP EN 12350-7	%	Determinação em obra	A declarar ^(b)		
	Dosagem de Ligante, mínima		-	kg/m ³	Dosagem de ligante por m ³ de betão	300		
	% de partículas <0,25 mm		NP EN 933-1	%	-	NR		
	Teor de cloretos		NP EN 206-1	%	Quando houver aço não protegido contra a corrosão embebido no betão o teor total de iões cloreto não deve exceder 0,40% da massa do cimento	NR		
Betão endurecido	Resistência aos efeitos do gelo-degelo e dos produtos descongelantes		NP EN 12390-9	-	-	NR		
	Resistência mecânica	Resistência à compressão	NP EN 12390-3	MPa	-	Valor de projecto ^(a)		
		Resistência à flexão	NP EN 12390-5		-			
		Resistência à tracção por compressão	NP EN 12390-6		-			

NA - Não Aplicável;

NR - Não Requerido;

(a) - Valor definido em projecto.

(b) - Ensaio de realização obrigatória; Quando o valor do requisito/propriedade não é definido em projecto deverá ser declarado pelo Adjudicatário.

(c) - Poderá ser adoptada uma classe inferior de resistência à compressão, C8/10 ou C12/15, quando definido em projecto.

Quadro 14.03.6d - Camadas de betão hidráulico - Requisitos/Propriedades dos blocos de betão com características de desgaste

Requisitos / Propriedades	Referência normativa	Unidade	Condições específicas de ensaio	Desgaste
				Blocos de betão
				rubrica 14.03.6.3.4
Resistência à compressão	-	MPa	-	> 40
Resistência ao desgaste	ASTM C 936	mm	-	> 4
Absorção em água		%	-	> 5,5

14.03.7 - Trabalhos específicos dos pavimentos rígidos

Os trabalhos específicos dos pavimentos rígidos (pavimentos em camadas de betão hidráulico) abrangem as seguintes rubricas:

14.03.7.1 - Acabamento da superfície

14.03.7.1.1 - Por ranhuração

14.03.7.1.2 - Por escovagem

14.03.7.1.3 - Por denudagem química

14.03.7.1.4 - Por incrustação de gravilhas

14.03.7.2 - Varões de aço em juntas

14.03.7.2.1 - Varão de transferência em juntas transversais de retracção, incluindo tratamento

14.03.7.2.2 - Varão de transferência em juntas transversais de dilatação, incluindo acessórios

14.03.7.2.3 - Varão de ligação em juntas longitudinais

14.03.7.3 - Execução de juntas

14.03.7.3.1 - Por serragem

14.03.7.3.1.1 - Transversais

14.03.7.3.1.2 – Longitudinais

14.03.7.3.2 - Utilizando outras técnicas

14.03.7.3.2.1 - Transversais

14.03.7.3.2.2 - Longitudinais

14.03.7.3.2.3 - Longitudinais, junto à caleira ou valeta da drenagem do separador

14.03.7.4 - Selagem de juntas

14.03.7.4.1 - Selantes aplicados a quente

14.03.7.4.2 - Selantes aplicados a frio

14.03.7.4.3 - Perfis de selagem pré-moldados

14.03.7.5 - Separação entre a laje da camada de desgaste e a base

- 14.03.7.5.1 - Com folha de polietileno
- 14.03.7.5.2 - Com emulsão sobre cinzas ou areias
- 14.03.7.5.3 - Com revestimento superficial simples
- 14.03.7.5.4 - Com outras técnicas

14.03.7.6 - Aplicação de produto filmogénico de cura

14.03.7.7 - Betão poroso na interface entre a laje e a berma

14.03.7.8 - Betão poroso na interface entre a laje e a berma, incluindo dreno

14.03.7.9 - Camada drenante em berma com 0,10 m de espessura

- 14.03.7.9.1 - Em betão poroso
- 14.03.7.9.2 - Em material granular de granulometria extensa com redução de 50% na fracção 0/6

14.03.7.10 - Impermeabilização da fundação da berma

- 14.03.7.10.1 - Com geotêxtil impregnado com emulsão
- 14.03.7.10.2 - Com outras técnicas

14.03.7.11 - Vigas de ancoragem em pavimento de betão armado contínuo

No Capítulo 15 deste Caderno de Encargos serão descritas as especificações construtivas para a execução dos trabalhos discriminados neste capítulo relativos aos pavimentos rígidos (pavimentos em camadas de betão hidráulico – rubricas 14.03.7.1 a 14.03.7.11).

14.03.7.1 - Acabamento da superfície

- 14.03.7.1.1 - Por ranhuragem
- 14.03.7.1.2 - Por escovagem

14.03.7.1.3 - Por denudagem química

14.03.7.1.4 - Por incrustação de gravilhas

14.03.7.2 - Varões de aço em juntas

As condições a que deve obedecer a colocação em obra dos varões de aço para utilização em juntas de pavimentos rígidos constam do Decreto-Lei n.º 390/2007 de 10 de Dezembro.

O aço deve ser de textura homogénea, de grão fino, não quebradiço e isento de zincagem, pintura, argila, óleo ou ferrugem solta, e deve obedecer ao indicado no item anterior.

As Normas Europeias que definem os requisitos para os varões de aço (varões de transferência e varões de ligação) para pavimentos em betão hidráulico são as seguintes:

- NP EN 13877-1 Pavimentos em betão – Parte 1: Materiais;
- NP EN 13877-2 Pavimentos em betão – Parte 2: Requisitos funcionais para pavimentos em betão;
- NP EN 13877-3 Pavimentos em betão – Parte 3: Especificações relativas aos passadores utilizados nos pavimentos em betão.

14.03.7.2.1 - Varão de transferência em juntas transversais de retracção, incluindo tratamento

14.03.7.2.2 - Varão de transferência em juntas transversais de dilatação, incluindo acessórios

O varão de transferência (passador) é um varão de aço liso que se prolonga através de uma junta de pavimentos em betão hidráulico para o interior de uma laje contígua, de forma a melhorar a transferência de carga e a evitar desalinhamentos.

A junta de retracção é uma ranhura moldada ou cortada num pavimento para criar uma secção enfraquecida e para controlar a localização das fissuras resultantes da variação dimensional da estrutura.

A junta de dilatação é uma separação entre lajes do pavimento preenchida com um material compressível.

Os varões de transferência devem ser de aço macio, rectilíneos, desprovidos de nervuras ou de outras irregularidades e ter uma resistência mínima de 250 MPa. As extremidades deslizantes devem ser serradas de modo a evitar saliências em relação ao diâmetro normal do varão.

Os varões serão tratados em dois terços do seu comprimento com um filme betuminoso fino ou uma folha plástica fina para impedir a sua aderência ao betão, permitindo o seu livre deslocamento no interior da laje. A espessura média do tratamento não deverá ser superior a 1,25 mm.

Quando os varões forem instalados em juntas de dilatação a extremidade correspondente à parte tratada será protegida por uma cápsula de comprimento entre 50 e 100 mm e o espaço livre, preenchido por material compressível, terá um comprimento nunca inferior à do material de preenchimento da junta.

14.03.7.2.3 - Varão de ligação em juntas longitudinais

O Varão de ligação é um varão de aço utilizado para manter as juntas longitudinais de pavimentos em betão hidráulico fechadas.

Os varões de ligação a utilizar devem respeitar, no mínimo, as classes indicadas no Quadro 14.03.7a:

Quadro 14.03.7a – Varão de ligação – Classe mínima	
Tipo de Varão	Classe, mínima
Liso	B250
Alta aderência	B500

Devem, para todas as aplicações, ser tomadas medidas de protecção contra a corrosão dos aços.

14.03.7.3 - Execução de juntas

14.03.7.3.1 - Por serragem

14.03.7.3.1.1 - Transversais

14.03.7.3.1.2 – Longitudinais

14.03.7.3.2 - Utilizando outras técnicas

14.03.7.3.2.1 - Transversais

14.03.7.3.2.2 - Longitudinais

14.03.7.3.2.3 - Longitudinais, junto à caleira ou valeta da drenagem do separador

14.03.7.4 - Selagem de juntas

As Normas Europeias que definem os requisitos dos produtos de selagem para juntas para pavimentos em betão hidráulico são as seguintes:

- NP EN 13877-1 Pavimentos em betão – Parte 1: Materiais;
- NP EN 14188-1 Produtos de selagem para juntas – Parte 1: Requisitos para selantes aplicados a quente;
- NP EN 14188-2 Produtos de selagem para juntas – Parte 2: Requisitos para selantes aplicados a frio;
- NP EN 14188-3 Produtos de selagem para juntas – Parte 3: Requisitos para perfis de selagem pré-moldados.

Junta é uma descontinuidade vertical entre lajes adjacentes do pavimento em betão hidráulico ou entre o pavimento e uma camada betuminosa adjacente, criada para conferir alguma capacidade de movimento.

Produtos de selagem de juntas (selantes) são materiais que, quando aplicados num estado uniforme, selam as juntas por aderência à sua superfície interior de modo a prevenir o acesso de água ou de substâncias prejudiciais.

14.03.7.4.1 - Selantes aplicados a quente

14.03.7.4.2 - Selantes aplicados a frio

14.03.7.4.3 - Perfis de selagem pré-moldados

O selante aplicado a quente é um material termoplástico ou termofixo que é aquecido até à temperatura adequada de aplicação, previamente à sua colocação na junta.

O perfil de selagem pré-moldado é um perfil em borracha extrudida e vulcanizada que é aplicado mecanicamente na junta, selando-a por compressão.

Os selantes devem ser suficientemente compressíveis de modo a permitir a dilatação das lajes, sem contudo fluírem para o exterior. Os selantes devem apresentar a elasticidade necessária para recuperar a maior parte do volume inicial após compressão e serem ainda suficientemente impermeáveis para impedir a penetração da água exterior.

14.03.7.5 - Separação entre a laje da camada de desgaste e a base

14.03.7.5.1 - Com folha de polietileno

A folha de plástico a aplicar como separação entre a camada de betão pobre e a laje de betão hidráulico terá que possuir resistência que permita a circulação do equipamento sem se romper.

14.03.7.5.2 - Com emulsão sobre cinzas ou areias

14.03.7.5.3 - Com revestimento superficial simples

14.03.7.5.4 - Com outras técnicas

14.03.7.6 - Aplicação de produto filmogénico de cura

Os produtos filmogénicos de cura são produtos aplicáveis na superfície do betão acabado de colocar com o objectivo de minimizar a perda de humidade durante a presa e endurecimento do betão e, no caso de produtos pigmentados, para minimizar o aumento de temperatura do betão por exposição aos raios solares.

Os produtos de cura devem cumprir os requisitos presentes nas seguintes Normas Europeias:

- NP EN 13877-1 Pavimentos em betão – Parte 1: Materiais;
- EN 14754-1 Curing compounds – Test methods – Part 1: Determination of water retention efficiency of common curing compounds.

Estes produtos devem ter a consistência adequada para que possam ser facilmente aplicados por pulverizador numa camada uniforme a uma temperatura superior a 4°C. Deverão ainda aderir ao betão fresco de tal modo que não se deteriore durante a sua aplicação devendo formar uma película contínua quando aplicado na dose especificada.

Uma vez seca, a película formada deverá ser contínua, flexível, e sem roturas ou fendas visíveis e deverá permanecer intacta pelo menos 7 dias após a sua aplicação.

O produto líquido filmogénico pigmentado, não deverá entrar em reacção com o betão, em particular com a água e os iões de cálcio.

A composição e componentes destes produtos devem ser tal que se verifiquem as seguintes condições:

- A fracção volátil do produto será um material não tóxico não facilmente inflamável;
- O produto deve ter uma perda de água inferior a 0,055 g/cm² às 72 horas;
- O produto deve ter um poder reflector da luz natural de 60% relativamente ao dióxido de magnésio;
- A taxa de aplicação do produto será superior a 200 ml por m².

14.03.7.7 - Betão poroso na interface entre a laje e a berma

Os agregados para betão devem seguir os requisitos definidos no Quadro 14.03.6b.

Devem ainda ser respeitados os seguintes requisitos constantes do Quadro 14.03.7b:

Quadro 14.03.7b – Betão poroso – Características dos materiais e da mistura				
Requisitos / Propriedades		Referência normativa	Unidade	Betão poroso
Agregado	Los Angeles, max	NP EN 1097-2	%	40
Ligante	Quantidade de ligante, mínima	-	kg/m ³	180
Mistura	Resistência à compressão, mínima (7 dias)	NP EN 12390-3	MPa	3
	Porosidade, mínima	-	%	22

14.03.7.8 - Betão poroso na interface entre a laje e a berma, incluindo berma

Ver o especificado na rubrica 14.03.7.7.

14.03.7.9 - Camada drenante em berma com 0,10 m de espessura

14.03.7.9.1 - Em betão poroso

Ver o especificado na rubrica 14.03.7.7.

14.03.7.9.2 - Em material granular de granulometria extensa com redução de 50% na fracção 0/6

Ver o especificado em 14.03.1.

14.03.7.10 - Impermeabilização da fundação da berma

14.03.7.10.1 - Com geotêxtil impregnado com emulsão

14.03.7.10.2 - Com outras técnicas

14.03.7.11 - Vigas de ancoragem em pavimento de betão armado contínuo

14.03.8 - Regas betuminosas de impregnação, colagem ou cura

14.03.8.1 - Rega de impregnação betuminosa

14.03.8.1.1 - Com emulsão betuminosa

Especificações mencionadas no Quadro 14.03.0-4h.

14.03.8.2 - Rega de colagem

14.03.8.2.1 - Com emulsão betuminosa

Especificações mencionadas no Quadro 14.03.0-4h.

14.03.8.2.2 - Com emulsão modificada

Especificações mencionadas no Quadro 14.03.0-4i.

14.03.8.3 - Rega de cura

14.03.8.3.1 - Com emulsão betuminosa

Especificações mencionadas no Quadro 14.03.0-4h.

14.03.9 - Trabalhos especiais de pavimentação

O material fornecido, dando cumprimento às disposições regulamentares, Decreto - Lei 4/2007 de 8 de Janeiro, quando aplicável, deve exibir a marcação CE, ser acompanhado de documentação comprovativa de conformidade da mesma designadamente declaração de conformidade CE emitida pelo fabricante e certificado de conformidade

CE emitido por organismo notificado, atestando a observância do sistema de conformidade estabelecido e dos requisitos técnicos aplicáveis. Deve ainda ser apresentada ficha técnica de produto e boletim de ensaios que caracterize o lote de fabrico.

Na execução dos trabalhos a seguir discriminados, envolvendo a remoção, o transporte a vazadouro e eventual depósito de produtos, designadamente rubricas **14.03.9.1, 14.03.9.2 e 14.03.9.8**, quando aplicável, deve ser cumprido o disposto nos Decreto – Lei 46/2008 de 12 de Março, (aprova o regime de gestão de resíduos de construção e demolição) e Decreto – Lei 152/2002 de 23 de Maio, (aplicado a aterros destinados à deposição de resíduos) e demais legislação vigente aplicável.

14.03.9.1 - Fresagem de camadas de pavimentos existentes remoção e transporte a vazadouro dos produtos escavados ou reutilização, conforme definido em projecto

A metodologia de execução dos trabalhos é descrita no Capítulo 15.03.

14.03.9.2 - Saneamentos em pavimentos existentes, incluindo escavação, remoção e transporte a vazadouro dos produtos escavados, eventual indemnização por depósito e o preenchimento de acordo com o definido em projecto

A metodologia de execução dos trabalhos é descrita no Capítulo 15.03.

14.03.9.3 - Escarificação/demolição e recompactação de pavimentos existentes, de acordo com a espessura definida em projecto

A metodologia de execução dos trabalhos é descrita no Capítulo 15.03.

14.03.9.4 - Enchimento em agregado britado de granulometria extensa, para regularização e/ou reperfilamento de pavimentos existentes

Os requisitos/propriedades aplicáveis aos agregados são estipulados no Quadro 14.03.1b para camadas em agregado britado de granulometria extensa com características de base.

14.03.9.5 - Selagem e/ou elemento retardador da propagação de fissuras em pavimentos

14.03.9.5.1 - Com misturas betuminosas

Os requisitos/propriedades aplicáveis são especificados em 14.03.2, conforme definido em projecto.

14.03.9.5.2 - Com slurry-seal

Os requisitos/propriedades aplicáveis são especificados em 14.03.4 – Materiais para Tratamentos Superficiais.

14.03.9.5.3 - Com microaglomerado a frio

Os requisitos/propriedades aplicáveis são especificados em 14.03.4 – Materiais para Tratamentos Superficiais.

14.03.9.5.4 - Com revestimentos superficiais

Os requisitos/propriedades aplicáveis são especificados em 14.03.4 – Materiais para Tratamentos Superficiais.

14.03.9.5.5 - Geotêxtil impregnado

1. Geotêxtil para interface retardadora da propagação de fissuras

Os requisitos/propriedades aplicáveis a geotêxteis com funções de interface retardadora da propagação de fissuras são especificados na prEN 15381 *Geotextiles and geotextiles-related products – Characteristics required for use in pavements and asphalt overlays*.

A Norma supramencionada encontra-se em fase final de aprovação, pelo que após entrada em vigor, o material fornecido deverá cumprir os requisitos/propriedades definidos neste documento normativo e disposições inerentes à marcação CE.

A prEN 15381 inclui por referência, disposições relativas a outras normas. São a seguir enunciadas algumas das referências normativas constantes do documento:

- EN 12224 Geotextiles and geotextiles-related products – Determination of the resistance to the weathering;
- NP EN ISO 10319 Geotexteis - Ensaio de tracção em tiras largas;
- EN ISO 3146 Plastics – Determination of melting behaviour (melting temperature or melting range) of semi-crystalline polymers by capillary tube and polarizing-microscope methods;

- EN ISO 10318 Geosynthetics – Terms and definitions
- EN ISO 12236 Geosynthetics – Static puncture test (CBR Test)

A etiquetagem do geotêxtil deverá especificar por unidade fornecida, de acordo com a NP EN ISO 1032 Geotêxteis e produtos relacionados – Identificação em Obra, a seguinte informação:

- o fabricante e o fornecedor;
- o nome do produto;
- a designação comercial;
- a identificação da unidade;
- a massa nominal bruta da unidade, em quilogramas (kg);
- as dimensões nominais da unidade (do material não do produto embalado):
 - rolo: comprimento x largura (ambos em m);
 - outros elementos: número de telas x comprimento x largura (ambos em m) ou área coberta pelo produto;
- a massa nominal por unidade de área em gramas por metro quadrado, determinada de acordo com a EN 965;
- o(s) tipo(s) de polímero(s) (matéria prima) utilizados em maior percentagem (para cada componente);
- a classificação do produto utilizando os termos definidos na ISO 10318.

Adicionalmente, deve haver meios de identificação inequívoca do produto na fase de instalação, se o mesmo não estiver contido na embalagem original.

O nome e o tipo do geotêxtil deve ser marcado de forma visível e indelével no produto, por exemplo, através de impressão ao longo do bordo. A marcação deve ser facilmente legível e suficientemente durável para permitir a sua identificação na fase de instalação e deverá repetir-se a intervalos regulares de no mínimo 5 metros.

O geotêxtil a utilizar como base impregnável na constituição de interfaces retardadoras do processo de propagação de fissuras, deverá estar de acordo com

as características definidas em projecto, ser submetido à aprovação prévia da fiscalização e em caso de omissão deverá cumprir os seguintes requisitos:

- Ser insensível à acção de ácidos ou bases e inatacável por micro-organismos.
- Conter estabilizadores e/ou inibidores adicionados à sua base 14 para melhorar a resistência dos seus filamentos à deterioração por exposição à radiação solar e calor.
- Massa por unidade de área100 a 150 g/m²
EN ISO 9864 *Geosynthetics – Test method for the determination of mass per unit of area of Geotextiles and geotextiles-related products*
- Resistência à tracção, mínima (EN ISO 10319)8 kN/m
- Alongamento, mínimo (EN ISO 10139).....50%
- Espessura, a 2 KN/m², mínima (EN 964/1).....1 mm
- Retenção de betume (TASK FORCE 25 (US FHWA)) ^(a) 0,9 a 1,3 l/m²
- Ponto de fusão, mínimo (ASTM D 276) ^(b)150 °C

^(a) Após aprovação da prEN 15381 a metodologia de cálculo deverá ser acordo com o Anexo C

^(b) Após aprovação da prEN 15381 a metodologia de cálculo deverá ser acordo com a EN ISO 3146

- As condições de armazenamento devem assegurar a conformidade dos produtos. Não são permitidos locais com possível formação de gelo ou embebição em água. Os geotêxteis deverão estar protegidos da exposição solar, sais minerais e poeiras. Até à sua utilização, os rolos deverão permanecer embalados em plástico opaco;
- No caso de ter havido deficiências no transporte, armazenamento ou manuseamento, com rotura do plástico protector, será necessário eliminar as primeiras espiras do rolo afectado.
- Deverão aplicar-se geotêxteis não tecidos, agulhados e de filamento contínuo.
- A utilização de geotêxteis termoligados não é permitida no presente domínio específico, a menos que se trate de material já impregnado, com ligante betuminoso adequado, em fase de fabrico; neste caso, deverá o Adjudicatário solicitar do fabricante uma listagem de aplicações realizadas com sucesso, que possibilite à Fiscalização uma tomada de decisão melhor fundamentada.

2. Ligante

O Quadro 14.03.0-4i especifica os requisitos/propriedades aplicáveis ao ligante a utilizar.

14.03.9.5.6 - Argamassa com betumes modificados

Os Quadros 14.03.2g e 14.03.2j especificam os requisitos/propriedades da mistura.

14.03.9.5.7 - Membrana de betume modificado com borracha

Na execução deste elemento retardador da propagação de fissuras poderá ser utilizado um ligante com alta ou média percentagem de borracha (BBA ou BBM) que deverá ser definida em projecto em função da especificidade da obra e do estado da superfície do pavimento.

Ligantes – betume base e betume modificado com de borracha

O Quadro 14.03.0-4a especifica os requisitos/propriedades aplicáveis ao betume base a modificar, de penetração nominal 50/70, de acordo com a NP EN 12591.

Os Quadros 14.03.0-4e e 14.03.0-4g especificam os requisitos/propriedades aplicáveis ao betume modificado com borracha respectivamente com média e alta percentagem de borracha na modificação do betume.

Granulado de borracha

Os requisitos/propriedades aplicáveis ao granulado com borracha estão especificados em 14.03.0-4.4.2 e no Quadro 14.03.0-4f.

Agregados

Os requisitos/propriedades aplicáveis aos agregados são estipulados em 14.03.1.

O Quadro 14.03.9a especifica o fuso granulométrico de referência.

Quadro 14.03.9a – Membrana BB (A/M) - Fuso granulométrico	
Dimensão nominal da abertura dos peneiros (mm)	Percentagem de passados, em massa (%)
12,5	100
10	85 - 100
4	0 - 5
0,500	≤ 0,5
0,063	≤ 0,5
Referência normativa: NP EN 13043 e NP EN 933-2	

Taxas de aplicação de referência

As taxas de aplicação do ligante modificado deverão ser definidas em projecto em função das condições da superfície de aplicação e especificidade da obra. A aferição em obra da adequabilidade das taxas às condições existentes poderá implicar a alteração desses valores. São indicadas taxas de aplicação de referência para ligante com média e alta percentagem de borracha.

Quadro 14.03.9b - Membrana BB (A/M) - Taxas de aplicação de referência do ligante	
Média percentagem de borracha (kg/m²)	Alta percentagem de borracha (kg/m²)
1,8 – 2,5	≥ 2,5

14.03.9.5.8 - Produtos de selagem a quente de fissuras

Os produtos selantes a utilizar em trabalhos de pavimentação, designadamente selagem de fissuras, deverão ser resistentes a condições atmosféricas adversas, à erosão química de óleos, combustíveis e tintas de sinalização horizontal, mantendo as suas características de elasticidade e funções de impermeabilização.

O desempenho funcional dos produtos deverá manter-se inalterável para toda a gama de temperaturas expectável para a superfície do pavimento.

Os requisitos/propriedades aplicáveis aos produtos selantes a quente são especificados na Norma Europeia:

- EN 14188-1 *Joint fillers and sealants - Part 1: Specification for hot applied sealants*

Esta norma classifica os produtos selantes de acordo com a elasticidade e resistência aos combustíveis.

O Quadro 14.03.9c especifica um conjunto de requisitos/propriedades para produtos selantes a quente de elevada elasticidade e resistência a combustíveis (tipo F1), constantes da EN 14188-1:

Quadro 14.03.9c - Produtos Selantes			
Requisitos/Propriedades	Referência normativa	unidade	valor
Temperatura de amolecimento anel e bola	EN 1427	Cº	> 85
Penetração a 25º C, 5s, 150g	EN 13880-2	0,1mm	40 a 130
Resiliência a 25º C	EN 13880-3	%	≥ 60
Fluência a 60º	EN 13880-4	mm	≤ 4

14.03.9.6 - Reposição de pavimentos, designadamente em zonas de abertura de valas para instalação de redes de serviços públicos ou outros

Os requisitos/propriedades aplicáveis são os definidos para os materiais constituintes das camadas a repor.

14.03.9.7 - Pavimentação de passeios, separadores ou ilhas direccionais, incluindo fundação

14.03.9.7.1 - Em betonilha

Os requisitos/propriedades aplicáveis aos materiais constituintes (ligante hidráulico, agregados, água e aditivos ou adições) são especificados em 14.03.1 e 14.03.5.

A metodologia de execução dos trabalhos é descrita no Capítulo 15.03.

14.03.9.7.2 - Em lajetas ou blocos de betão

Os blocos de betão deverão cumprir os requisitos constantes da Norma Europeia:

- EN 1338 *Concrete paving blocks - Requirements and test methods*

As lajetas deverão cumprir os requisitos constantes da Norma Europeia:

- EN 1339 *Concrete paving flags - Requirements and test methods*

Os requisitos/propriedades aplicáveis aos materiais constituintes do assentamento/fundação (ligante hidráulico, agregados e água....) são especificados em 14.03.1 e 14.03.5.

A metodologia de execução dos trabalhos é descrita no Capítulo 15.03.

14.03.9.7.3 - Em calçada

O material fornecido deverá estar de acordo com a Norma Europeia:

- EN 1342 - *Slabs of natural stone for external paving – Requirements and test methods*

Os requisitos granulométricos aplicáveis ao agregado fino e areia para assentamento são especificados no Quadro 14.03.1c.

A metodologia de execução dos trabalhos é descrita no Capítulo 15.03.

14.03.9.8 - Remoção de pavimentos existentes, incluindo fundação e lancis, carga, transporte e colocação em vazadouro dos produtos sobrantes e eventual indemnização por depósito

A metodologia de execução dos trabalhos é descrita no Capítulo 15.03.

14.03.9.9 - Enchimento e regularização de bermas em solos seleccionados

O Quadro 14.03.1a especifica os requisitos/propriedades aplicáveis aos solos com características de sub-base.

14.03.9.10 - Ranhuragem transversal para melhoramento das condições de drenagem superficial, com profundidade média de 1 a 3 cm e 0,8 cm de largura.

14.03.10 – Misturas recicladas

Na execução dos trabalhos de reciclagem e reutilização enunciados neste documento deve ser cumprido o disposto nos Decreto – Lei 46/2008 de 12 de Março, (aprova o regime de gestão de resíduos de construção e demolição) e Decreto – Lei 152/2002 de 23 de Maio (aplicado a aterros destinados à deposição de resíduos) e demais legislação vigente aplicável.

As metodologias de reciclagem consideradas neste Caderno de Encargos são as a seguir discriminadas:

14.03.10.1 – Mistura reciclada “in situ” a frio, na espessura definida no projecto:

14.03.10.1.1 – Mistura reciclada “in situ” com cimento

14.03.10.1.2 – Mistura reciclada “in situ” com emulsão

14.03.10.2 – Mistura reciclada a quente em central

14.03.10.3 – Mistura reciclada semi-quente em central

Poderão ainda ser adoptados outros métodos, em função da especificidade da obra e equipamentos disponíveis, definidos em projecto ou propostos em fase de obra, devendo neste caso ser objecto de aprovação pela fiscalização.

Os materiais a incorporar nas misturas recicladas, dando cumprimento às disposições regulamentares (Decreto - Lei 4/2007 de 8 de Janeiro) devem exhibir, quando aplicável, a marcação CE, ser acompanhados de documentação comprovativa de conformidade da mesma designadamente declaração de conformidade CE emitida pelo fabricante e certificado de conformidade CE emitido por organismo notificado. Considera-se ainda necessária a apresentação da ficha técnica de produto e boletim de ensaios que caracterize o lote de fabrico.

No sentido da optimização da gestão dos materiais, prolongando o seu ciclo de vida e criando condições de sustentabilidade devem as soluções de reabilitação de pavimentos privilegiar o recurso a metodologias de reciclagem e/ou reutilização dos materiais.

Para áreas superiores a 70 000m² devem ser objecto de estudo (viabilidade técnica e financeira), com carácter de obrigatoriedade, soluções de reabilitação preconizando a reutilização e/ou reciclagem dos materiais existentes.

14.03.10.1.1 – Mistura reciclada “in situ” com cimento

A reciclagem *in situ* com cimento de um pavimento é um processo de rejuvenescimento/reforço de pavimento no qual se preconiza a reutilização parcial ou integral dos materiais constituintes do pavimento, misturas betuminosas e materiais granulares, que após submetidos a um processo de desagregação por fresagem são misturados e homogeneizados com cimento, água e eventualmente com aditivos e agregado, que por sua vez são convenientemente espalhados e compactados. É contudo mais habitual o tratamento de materiais granulares visto que a presença de materiais reciclados de misturas betuminosas provoca uma ligeira diminuição a resistência da mistura.

A espessura recomendada das camadas tratadas com esta técnica é da ordem dos 20 a 30cm, aceitando espessuras inferiores desde que devidamente justificadas tecnicamente.

É obrigatório ser definido em projecto a espessura a reciclar.

1. Materiais

Os materiais a incorporar na mistura deverão cumprir os requisitos preconizado no ponto 14.03.0, bem como os requisitos adicionais abaixo indicados:

Cimento

O tipo de cimento e classe de resistência do cimento deverá ser definida em projecto tendo em conta as características do material fresado e dos parâmetros a obter. Quando não definido, recomenda-se o uso de cimentos de classe de resistência baixos, com de menor calor de hidratação por forma a minimizar a ocorrência de fendas de retracção. Como tal é usual a utilização de cimentos de classe de resistência 32,5, com início de presa superior a duas horas.

Aditivos

Será obrigatório a utilização de aditivos retardadores de presa sempre que a temperatura ambiente seja superior a 30 °C. Poderão ser utilizados outros tipos de aditivos com vista

à obtenção de uma melhor trabalhabilidade e características da mistura desde que autorizado pela fiscalização.

Agregado

Quando previsto a utilização de agregado para a correcção granulométrica este deve possuir características idênticas aos dos materiais granulares utilizados em camadas similares, devendo ser previamente aprovado pela fiscalização.

Material fresado

O material fresado deve estar isento de matéria orgânica e de outros produtos que possam afectar a presa do cimento, bem como os seus agregados não devem apresentar reactividade potencial dos alcalis com o cimento. Deve cumprir ainda os seguintes requisitos do Quadro 14.03.10.1.1a.

Quadro 14.03.10.1.1a - Requisitos/propriedades do material fresado	
Propriedades	Valores
Limite de liquidez	< 35
Índice de Plasticidade	≤ 15
Dimensão máxima	< 80mm
Percentagem de material passada no peneiro 4mm.	> 30%

Nota: Poder-se-á contudo utilizar material que não cumpra os parâmetros preconizados para os limites de consistência desde que se proceda a um tratamento prévio da mistura com cal, situação que deverá ser devidamente fundamentada e comprovada com estudos laboratoriais. Para além disso, caso a dimensão máxima do material fresado seja superior a 80mm, deverão ser adoptados procedimentos que garantam a eliminação dos elementos de maior dimensão. No caso da quantidade de material passada no peneiro 4mm ser inferior a 30% deverá ser incorporado um agregado para melhoramento da granulometria do material.

2. Mistura

Uma vez que as características da mistura estarão directamente relacionadas com as dos materiais constituintes das camadas a reciclar, estas deverão ser definidas em projecto nas cláusulas técnicas especiais, devendo por sua vez a dosagem de cimento ser ajustada em função da resistência pretendida. São indicados de seguida no Quadro 14.03.10.1.1b os valores mínimos a respeitar na formulação da mistura.

Quadro 14.03.10.1.1b – Requisitos mínimos da mistura reciclada com cimento

Requisitos	Resultados
Dosagem de ligante	> 3%
Resistência à compressão simples aos 7 dias	> 2,5 MPa

Nota: A moldagem dos provetes deverá executada de acordo com a NLT 310 e ensaio de compressão simples de acordo NLT 305. Os provetes deverão ser sempre moldados para 97% de compactação em relação ao ensaio Proctor modificado uma vez que será este o nível de compactação mínimo a atingir em obra.

O período de trabalhabilidade da mistura deverá ser ajustado em função do tipo de intervenção e método construtivo, devendo este ser determinado de acordo com a norma EN 41240. Este período não deve ser inferior a duas horas em condições normais de execução, devendo passar a três horas quando o trabalho seja executado por faixas ou quando haja outro tipo de condicionalismos.

14.03.10.1.2 – Mistura reciclada “in situ” com emulsão

Trata-se de um processo similar ao anterior onde é utilizada a emulsão betuminosa como aglutinante em alternativa ao cimento bem outros componentes como água e eventualmente aditivos. Uma outra diferença relativamente à reciclagem com cimento são as espessuras das camadas a tratar que são menores, sendo 90% desta espessura constituída por misturas betuminosas. Devem ser preferencialmente recicladas camadas betuminosas completas, podendo penetrar 1cm na camada inferior se tratar de camada em mistura betuminosa. Caso não seja possível deverá ser evitado que fiquem sem tratar misturas betuminosas com espessuras inferiores a 3cm.

A espessura recomendada das camadas tratadas com esta técnica é da ordem dos 6 a 12cm, aceitando-se espessuras superiores desde que devidamente justificadas tecnicamente.

É obrigatório ser definido em projecto a espessura a reciclar.

Onde sejam identificadas zonas com deformações plásticas não será permitida a reciclagem do pavimento. Nestes locais o material poderá ser substituído por material fresado de outra proveniência desde que previamente autorizado pela fiscalização.

1. Materiais

Os materiais a incorporar na mistura, nomeadamente emulsão betuminosa, água e aditivos, deverão cumprir os requisitos preconizado no ponto 14.03.0, bem como os requisitos adicionais abaixo indicados:

Emulsão betuminosa

O tipo de emulsão a utilizar deverá ser definida em projecto, tendo em conta as características do material fresado, no entanto é usual a utilização de emulsões de rotura lenta.

Material fresado

A granulometria do material fresado deve ser definida no projecto, devendo contudo enquadrar-se num dos fusos do Quadro 14.03.10.1.2a.

Quadro 14.03.10.1.2a - Material Betuminoso Recuperado - Fusos granulométricos		
Dimensão dos peneiros (mm)	Percentagem de material passado (%)	
	Fuso I	Fuso II
40	100	-
32	90 - 100	100
20	69 - 95	80 - 100
12,5	52 - 82	62 - 89
8	40 - 70	49 - 77
4	25 - 53	31 - 58
2	15 - 40	19 - 42
0,500	2 - 20	2 - 20
0,250	0 - 10	0 - 10
0,063	0 - 3	0 - 3

Em princípio o Fuso I será recomendável para camadas com espessuras superiores a 10cm e o Fuso II para camadas com espessuras inferiores, da ordem dos 6 a 10cm.

Aditivos

Será permitida a utilização de aditivos, particularmente aqueles que permitam controlar a rotura da emulsão ou melhorar as características da mistura. Isto desde que o

comportamento seja garantido pelo fabricante e mereça a aprovação da fiscalização. Quando utilizados devem ser referidos no estudo de formulação, com a indicação da dosagem utilizada e disponibilizada a respectiva ficha técnica.

2. Mistura

As características da mistura reciclada com emulsão deverão ser definidas em projecto tendo em conta a especificidade da obra. No entanto no Quadro 14.03.10.1.2b são indicados alguns requisitos mínimos.

Quadro 14.03.10.1.2b – Requisitos mínimos para a mistura reciclada com emulsão	
Requisitos	Resultados
Granulometria	Enquadrada no Fuso I ou Fuso II
Percentagem de betume residual	< 1,5%
Resistência à compressão simples a seco	> 2,5 ou >3 MPa
Resistência à compressão simples após imersão	> 2 ou > 2,5 Mpa
Resistência Conservada	> 70% ou > 75%

Ou seja, em termos granulométricos, a mistura deve enquadrar-se num dos fusos atrás mencionados tendo em conta a espessura da camada a reciclar. Para além disso, a dimensão máxima da mistura (dimensão do peneiro que retém mais de dez por cento em massa) deve ser inferior a 1/3 da espessura da camada a tratar. A percentagem de betume residual a adicionar à mistura deverá ser resultante de um estudo de formulação, por forma a que sejam obtidas as características de resistência desejadas. Os valores dos ensaios de imersão-compressão, conduzidos segundo a norma NLT – 162, deverão ter em conta o tipo de tráfego, preconizando-se a adopção dos valores mais elevados para as situações de tráfego mais exigente (T1/T0). Do mesmo modo, para a resistência conservada e para situações de tráfego mais exigente, deverá ser adoptado o valor mais alto apresentado no quadro.

Na moldagem dos provetes deverá ser seguida a norma NLT-161 com uma cura de três dias a cinquenta graus (50° C). Para melhoramento da resistência conservada poderão ser adicionados produtos tais como cal ou cimento, desde que a dosagem utilizada não seja superior a 1%.

Existem contudo outras situações em que há necessidade de adição de material correctivo, tal como, cal ou cimento. Esta adição é particularmente importante para reduzir a sensibilidade à água da camada reciclada quando esta é formada não só por

misturas betuminosas como também por material proveniente de camadas granulares subjacentes. Nestas situações, por norma as espessuras das camadas a tratar poderão ser ligeiramente superiores, bem como a dosagem de cimento também poderá ser superior, da ordem dos 2%.

14.03.10.2 – Mistura reciclada a quente em central

A técnica de reciclagem a quente em central consiste na incorporação de resíduos de misturas betuminosas (RA – *reclaimed asphalt*) para fabricação de misturas betuminosas a quente. A Norma Europeia aplicável a estes resíduos é a EN 13108-8 *Bituminous mixtures – Material specifications – Part 8: Reclaimed asphalt*.

As misturas betuminosas recuperadas (RA) podem ser provenientes da desagregação de pavimentos betuminosos-por fresagem e/ou demolição (extração de placas de pavimento posteriormente britadas) ou materiais excedentários da produção de misturas betuminosas.

Não devem ser utilizados materiais provenientes de pavimentos com patologias muito graves designadamente com deformações plásticas.

É obrigatório ser definido em projecto a espessura da camada reciclada a quente em central.

Nota: Não é permitida a utilização de resíduos com materiais/componentes que possam constituir algum perigo para o ambiente sendo designadamente interdita, conforme legislação em vigor, a utilização de resíduos de misturas betuminosas que contenham alcatrão. A suspeita da existência deste material implica a realização de ensaios para despistagem do produto.

1. Materiais

1.1 Misturas betuminosas recuperadas - RA

A identificação e classificação do RA, como constituinte das misturas betuminosas fabricadas a quente, deve ser realizada de acordo com os requisitos especificados na Norma 13108-8 *Bituminous mixtures – Material specifications – Part 8: Reclaimed asphalt*.

As especificações/propriedades definidas e a declarar quando requeridas, para a caracterização dos stocks de misturas betuminosa recuperadas., referem-se fundamentalmente ao ligante, aos agregados e à matéria estranha.

1.1.1 Identificação granulométrica

A identificação das misturas betuminosas recuperadas é feita através da expressão:

U RA d/D

U – menor dimensão em mm do peneiro em que passam 100% das partículas das misturas betuminosas recuperadas

RA - designação para as misturas betuminosas recuperadas correspondente à terminologia em inglês *reclaimed asphalt*

d – menor dimensão do agregado em mm, da mistura betuminosas recuperada, sendo quase invariavelmente igual a 0

D - maior dimensão do agregado em mm, da mistura betuminosas recuperada

O diâmetro D será o maior valor obtido das seguintes condições:

- a) Peneiro M/1,4, sendo M a menor dimensão do peneiro em que a percentagem de material passado é de 100%
- b) Menor dimensão de peneiro em que a percentagem de material passado é de 85%

Exemplo: 40 RA 0/8mm – mistura betuminosa recuperada com dimensão máxima das partículas de 40mm e dimensão máxima do agregado de 8mm.

1.1.2 Matéria estranha

A presença, conteúdo e tipo de matéria estranha deve ser identificada e classificada em categorias.

A determinação do conteúdo em matéria estranha deve ser efectuada de acordo com a EN 12697 - 42 *Bituminous mixtures – Test methods for hot mix asphalt – Part 42: Amount of foreign matters in reclaimed asphalt*

Os materiais identificados como matéria estranha, de acordo com a EN 13108-8 *Bituminous mixtures – Material specifications – Part 8: Reclaimed asphalt*, dividem-se em

dois grupos conforme a tipologia. O Quadro 14.03.10.2a enuncia os diferentes materiais e respectivos grupos.

Quadro 14.03.10.2a – Matéria estranha – Grupos de materiais	
Grupo	Tipo de materiais
Grupo 1	Betão, incluindo produtos de betão Tijolos Material de sub-base (excluindo agregado natural) Metal
Grupo 2	Materiais sintéticos Madeira Plástico

As misturas betuminosas recuperadas (RA) devem ser classificadas, quanto à presença de matéria estranha, conforme as categorias definidas no Quadro 14.03.10.2b, em função da percentagem de conteúdo em materiais dos Grupos 1 e 2.

Quadro 14.03.10.2b – Presença de matéria estranha – Categorias		
	Conteúdo (%)	
Categorias	Grupo 1	Grupo 2
F1	≤ 1	$\leq 0,1$
F5	≤ 5	$\leq 0,1$
Fdec	Conteúdo e tipo de matéria estranha a declarar	
Referência normativa:	EN 13108-8 <i>Bituminous mixtures – Material specifications – Part 8: Reclaimed asphalt,</i>	

1.1.3 Ligante recuperado

A EN 13108-8 define especificações para misturas betuminosas recuperadas (RA) com os seguintes tipos de ligantes:

- Betumes de pavimentação de acordo com a Norma Europeia EN 12591 *Bitumen and bituminous binders – Specifications for paving grade bitumens*;
- Betumes modificados de acordo com a Norma Europeia EN 14023 *Bitumen and bituminous binders – Framework Specification for polymer modified bitumens*;
- Betumes duros de acordo com a Norma Europeia EN 13924 *Bitumes and bituminous binders, Specifications for hard paving grade bitumens*

A recuperação do ligante deve ser efectuada de acordo com a EN 12697-3 ou EN 12697-4.

A caracterização das misturas betuminosas recuperadas em termos de propriedades do ligante deve ser feita de acordo com as categorias constantes do Quadro 14.03.10.2c.

Quadro 14.03.10.2c – Características ligante recuperado - Categorias				
Categorias	Requisitos/propriedades			
	Penetração (0,1mm)		Temperatura de amolecimento anel e bola (°C)	
	Valor por amostra	Valor médio das amostras	Valor por amostra	Valor médio das amostras
P ₁₅	≥ 10	≥ 15		
S ₇₀			≤ 77	≤ 70
P _{dec} ou S _{dec}	Ligantes com valores, para as propriedades especificadas, não enquadráveis nos intervalos definidos (valores a declarar)			
Referência normativa:	<p>A amostragem deve ser realizada de acordo com a EN 932-1</p> <p>A penetração deve ser determinada de acordo com a EN 1426</p> <p>A temperatura de amolecimento anel e bola deve ser determinada de acordo com a EN 1427</p> <p>A viscosidade, quando requerida, deve ser determinada de acordo com a EN 12596.</p>			

Nota: A presença de aditivos deve igualmente ser registada e identificada.

1.1.4 Homogeneidade do material betuminoso a reciclar

O material recuperado a incorporar no processo de produção deverá ser homogéneo, isento de materiais contaminantes e estar totalmente caracterizado de acordo com os critérios supramencionados. No sentido da obtenção de características de homogeneidade o material deverá ser, quando necessário, objecto de tratamento prévio em central (trituração, crivagem, eliminação de contaminantes...)

As tolerâncias admissíveis para o cumprimento da homogeneidade das misturas betuminosa recuperadas (material betuminoso a recuperar) são as constantes do Quadro 14.03.10.2d para o ligante e agregado após extracção do ligante.

Quadro 14.03.10.2d – Tolerâncias sobre a fórmula de trabalho do material betuminosos a reciclar			
Características		Unidade	Tolerância
Material passado nos peneiros	> 2 mm	% sobre a massa total do material a reciclar seco	± 5
	> 0,063 mm e ≤ 2 mm		± 3
	0,063 mm		± 1,5
Percentagem de ligante			± 0,4
Penetração do ligante recuperado		0,1 mm	± 4

Exigências de conformidade das misturas betuminosas recuperadas:

- A dimensão máxima das partículas de resíduo (U), determinada de acordo com a EN 933 -1, deve ser inferior a 32 mm;
- O teor de humidade, determinado de acordo com a EN 12697 – 14, deve ser inferior a 5%

As misturas betuminosas que contenham na sua composição original adições modificadoras da reologia do ligante betuminoso ou do comportamento mecânico da mistura betuminosa (fibras ou outros componentes) deverão ser objecto de estudo especial.

1.2 Agregados

As características dos agregados a utilizar devem cumprir os requisitos exigidos neste Caderno de Encargos para as misturas betuminosa a quente atendendo aos diferentes domínios de utilização.

1.3 Ligante

As características do ligante a utilizar devem cumprir os requisitos exigidos neste Caderno de Encargos para as misturas betuminosa a quente atendendo ao definido em projecto e ao estudo de formulação.

1.4 Aditivos

Poderá verificar-se a necessidade de adição de agentes rejuvenescedores se o ligante das misturas recuperadas se encontrar muito envelhecido e se a taxa de incorporação o justificar ou de outro tipo de aditivos, com a finalidade de melhorar as características da mistura final.

2. Mistura betuminosa reciclada

Na formulação das misturas recicladas os agregados e ligante a utilizar são função das características das misturas recuperadas e das suas taxas de incorporação.

Os agregados a utilizar devem permitir, em conjunto com os agregados presentes nas misturas recuperadas, que a composição granulométrica da mistura final satisfaça o especificado neste Caderno de Encargos para as misturas betuminosas a quente, de acordo com a aplicabilidade definida em projecto.

O tipo de ligante a adicionar à mistura deverá ser seleccionado para que em conjunto com o ligante mais ou menos envelhecido presente nas misturas recuperadas permita obter um ligante final que cumpra os requisitos/características preconizadas no projecto.

A selecção do tipo de ligante a adicionar deve ser efectuada com recurso a fórmulas e /ou gráficos que permitam estimar as características do ligante da mistura reciclada.

A título exemplificativo refiram-se as fórmulas propostas na Especificação 472 – 2006 do LNEC, no Anexo 1 baseadas na formulação e gráficos do Asphalt Institute.

As taxas de incorporação de misturas recuperadas a adoptar serão condicionadas pelo processo de fabrico (equipamentos utilizados), pelos resultados do estudo de formulação e características das misturas recuperadas designadamente do ligante. São indicadas no Quadro 14.03.10.2e...as taxas máximas de incorporação em função do domínio de utilização, O quadro foi adaptado com base no proposto na Especificação 472 – 2006 do LNEC.

Quadro 14.03.10.2e – Taxas máximas de incorporação de resíduos nas misturas betuminosas				
Classificação do resíduo (EN 13108-8)			Domínio de utilização (tipo de camada)	Taxa máxima de incorporação (a) (b)
Presença de matéria estranha	Ligante presente no resíduo			
	Tipo de ligante	Características do ligante recuperado		
F1	Betume de pavimentação	P ₁₅ ou S ₇₀	- desgaste	10%
F5	Betume de pavimentação	P ₁₅ ou S ₇₀	- ligação - regularização - base	50%
F5	Betume de pavimentação	Pdec ou Sdec	- ligação - regularização - base	25%
F5	Betume Modificado de pavimentação ou betume duro de pavimentação	Natureza e propriedades declaradas	- ligação - regularização - base	10%
<p>(a) - A utilização de agentes rejuvenescedores poderá permitir a adopção de percentagens superiores de incorporação desde que fundamentadas pelo estudo de formulação.</p> <p>(b) - Em situações de tráfego elevado do tipo T0, a incorporação de material recuperado poderá estar condicionada.</p> <p>Nota: O material a incorporar nas camadas de desgaste deve ser proveniente de camadas de desgaste no sentido de garantir a uniformidade das características dos agregados da mistura final.</p>				

14.03.10.3 – Mistura reciclada semi-quente em central

A reciclagem semi-quente em central é uma metodologia que permite reciclar até 100 % das misturas betuminosas recuperadas (material fresado). Consiste no aquecimento das

misturas betuminosas recuperadas a 90°C no tambor de uma central a quente, contínua ou descontínua, para posteriormente as misturar com uma emulsão betuminosa adequada no misturador da central, no caso das descontínuas, ou no tambor secador misturador, no caso das centrais contínuas. O espalhamento deverá ser efectuado três horas após o fabrico. A mistura pode ser armazenada durante 24 horas sempre que a colocação em obra (espalhamento e compactação) seja efectuada à temperatura de 60°C ou superior. Devido ao aquecimento a que foram submetidas as misturas betuminosas recuperadas não se aplica o tempo de cura associado às misturas a frio, nomeadamente à reciclagem a frio.

É obrigatório ser definido em projecto a espessura a reciclar.

1. Materiais

Na reciclagem de misturas betuminosas por este processo, os componentes principais são o material betuminoso recuperado (RA) e o ligante betuminoso, podendo admitir-se aditivos retardadores de ruptura, de adesividade ou materiais granulares adicionais para correcção granulométrica.

1.1 Ligante betuminoso

O ligante a utilizar para esta tecnologia deverá ser uma emulsão betuminosa catiónica de ruptura lenta com betume aditivado, especifica para misturas fabricadas a temperaturas da ordem dos 90°C, com as características constantes do Quadro 14.03.10.3a. A emulsão betuminosa, deverá garantir um envolvimento sem escorrimentos, proporcionar uma coesão inicial e adesividade activa e passiva elevadas e uma trabalhabilidade que permita a aplicação com espalhadoras convencionais.

Quadro 14.03.10.3a – Características da emulsão betuminosa			
Características	Unidade	Referência normativa	Valores
Viscosidade SSF, 25°C	s	NLT - 138	< 50
Carga das partículas		NLT - 194	Positiva
Teor em água	%	NLT - 137	< 40
Teor em betume residual	%	NLT - 139	> 60
Peneiração	%	NLT - 142	< 0,1
Resíduo de destilação Penetração (25°C, 100g,5s)	0,1mm	NLT - 124	100 - 200

Quando requerida deverá ser verificada a compatibilidade da emulsão betuminosa com o material betuminoso recuperado, de acordo com norma EN 13614.

1.2 Material betuminoso recuperado

Entende-se por material betuminoso recuperado, o material procedente da desagregação, por fresagem ou trituração, de camadas de misturas betuminosas posteriormente tratadas e armazenadas em stocks homogéneos, tal como descrito para as misturas recicladas a quente (1.1.4 Homogeneidade do material betuminoso a reciclar).

A granulometria do material betuminoso recuperado deve ainda cumprir um dos fusos do Quadro 14.03.10.1.2a, propostos para as misturas recicladas a frio “in situ”. Antes da análise granulométrica o material fresado deve ser sujeito a: aquecimento em estufa a 90°C, passagem pela misturadora durante 60s e arrefecimento à temperatura ambiente.

O material betuminoso recuperado (RA) deve enquadrar-se na categoria F1 da norma EN 13108-8, em termos de presença de matéria estranha e na categoria P15 relativamente às características do ligante.

Nota: A penetração do betume recuperado das misturas betuminosas recicladas não pode apresentar um valor médio, em cinco determinações, inferior a 15×10^{-1} mm, e nenhum valor individual menor do que 10×10^{-1} mm.

Deverão ainda ser realizados, em termos de caracterização do ligante recuperado, os seguintes ensaios:

- Ponto de amolecimento anel e bola (°C)
- Solubilidade (%)
- Percentagem de asfaltenos (%)

2. MISTURA BETUMINOSA RECICLADA SEMI-QUENTE

A granulometria da mistura deverá respeitar um dos fusos do Quadro 14.03.10.1.2a tendo em conta a espessura da camada. A dimensão máxima (primeiro peneiro que retém mais de 10 % em massa) do material a reciclar deverá ser inferior a 1/3 da espessura da camada reciclada.

A percentagem de betume residual adicionado deverá ser no mínimo 1,5 % em relação à massa total em seco da mistura reciclada, devendo ser adoptada uma percentagem que resulte do estudo de formulação, garantindo o cumprimento dos valores estabelecidos para o ensaio de imersão-compressão.

O material betuminoso recuperado deverá ser aquecido a 90°C, a temperatura da emulsão deverá estar compreendida entre 20-40°C e a mistura de ambos deve processar-se durante 60 seg.

Os provetes moldados para o ensaio de imersão-compressão deverão ser compactados à compressão simples, a uma temperatura superior a 60°C, aplicando uma carga de 6 toneladas e os valores mínimos dos resultados do ensaio de imersão-compressão, segundo a norma NLT-162, deverão ser os constantes no Quadro 14.03.10.3b.

Quadro 14.03.10.3b – Características da mistura betuminosa reciclada

Características	Unidades	Valores
Resistência à compressão simples em seco	MPa	> 3
Resistência à compressão após imersão	MPa	> 2,5
Resistência conservada	%	> 75
Porosidade	%	4 - 10

Nota: Os provetes devem ser conservados nos moldes durante 18 horas a 20°C, após o que se procede à

imersão dos provetes destinados à via húmida numa banho de água destilada a 60 °C durante 24 horas. Em seguida todos os provetes são imersos em água destilada a 25 °C durante 2 horas para a realização do ensaio de compressão.