



# ESPECIFICAÇÃO LNEC

Documentação normativa

## GUIA PARA A RECICLAGEM DE MISTURAS BETUMINOSAS A QUENTE EM CENTRAL

E 472 - 2009

CI/SfB

S9 (Ajr)

CDU 625.8.061.004.8(083.74)

ISSN 0870-8592

DEZEMBRO DE 2009

Esta Especificação anula e substitui a Especificação LNEC E 472-2006.

### GUIDE POUR LA RECYCLAGE DES MÉLANGES BITUMINEUSES À CHAUD EN USINE

#### OBJET

Ce document classifie les agrégats d'enrobés d'après la EN 13108-8 et présente une orientation pour son utilisation dans la production d'enrobés recyclés.

### GUIDE FOR THE PRODUCTION OF RECYCLED HOT MIX ASPHALT

#### SCOPE

This document classifies reclaimed asphalt materials covered by EN 13108-8 and provides guidelines for their use in hot mix recycled asphalt.

ÍNDICE	Pág.
1 OBJECTO .....	1
2 REFERÊNCIAS NORMATIVAS .....	1
3 ENQUADRAMENTO GERAL .....	2
4 CONDIÇÕES GERAIS DE UTILIZAÇÃO .....	2
4.1 Aspectos ambientais .....	2
4.2 Manuseamento e armazenamento das misturas betuminosas recuperadas .....	2
4.3 Centrais de fabrico .....	2
5 IDENTIFICAÇÃO DAS MISTURAS BETUMINOSAS RECUPERADAS .....	3
6 REGRAS DE APLICAÇÃO, PROPRIEDADES E REQUISITOS MÍNIMOS .....	3
7 FORMULAÇÃO DA MISTURA RECICLADA .....	4
8 CONTROLO DA QUALIDADE .....	4
9 BIBLIOGRAFIA .....	4

## 1 OBJECTO

A presente Especificação fornece recomendações e estabelece requisitos mínimos para o fabrico e aplicação de misturas betuminosas recicladas a quente em central, utilizando misturas betuminosas recuperadas.

As misturas betuminosas recuperadas a que se refere esta Especificação estão abrangidas pela EN 13108-8 e provêm de obras de construção, reabilitação, conservação e demolição de pavimentos rodoviários e aeroportuários, adiante designados por resíduos de construção e demolição. Estas misturas podem ser constituídas por misturas betuminosas fresadas, por placas retiradas de camadas de pavimentos posteriormente desagregadas e/ou britadas, ou por materiais excedentários da produção de misturas betuminosas.

Esta Especificação faz parte de um conjunto de especificações LNEC – E 471, E 472, E 473 e E 474 – que estabelece as condições de utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição em obras de engenharia civil.

## 2 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Nesta Especificação é feita referência aos seguintes documentos normativos:

EN 933-1:1997+A1:2005 – Tests for geometrical properties of aggregates. Part 1: Determination of particle size distribution. Sieving method.

EN 1426:2007 – Bitumen and bituminous binders. Determination of needle penetration.

EN 1427:2007 – Bitumen and bituminous binders. Determination of softening point. Ring and ball method.

EN 12597:2000 – Bitumen and bituminous binders. Terminology.

EN 12697-1:2005 – Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 1: Soluble binder content.

EN 12697-3:2005 – Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 3: Bitumen recovery: Rotary evaporator.

EN 12697-4:2005 – Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 4: Bitumen recovery: Fractionating column.

EN 12697-14:2000+AC:2001 – Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 14: Water content.

EN 12697-42:2005 – Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 42: Amount of coarse foreign matter in reclaimed asphalt.

EN 13043:2002+AC:2004 – Aggregates for bituminous mixtures and surface treatments for roads, airfields and other trafficked areas.

EN 13108-1:2006+AC:2008 – Bituminous mixtures. Material specifications. Part 1: Asphalt concrete.

EN 13108-7:2006+AC:2008 – Bituminous mixtures. Material specifications. Part 7: Porous asphalt.

EN 13108-8:2005 – Bituminous mixtures. Material specifications. Part 8: Reclaimed asphalt.

LNEC E 471-2009 – Guia para a Utilização de Agregados Reciclados Grossos em Betões de Ligantes Hidráulicos.



LNEC E 473-2009 – Guia para a Utilização de Agregados Reciclados em Camadas não Ligadas de Pavimentos.

LNEC E 474:2009 – Guia para a Utilização de Resíduos de Construção e Demolição em Aterro e Camada de Leito de Infra-Estruturas de Transporte.

NOTA: A presente Especificação refere versões datadas de normas europeias, portuguesas e especificações LNEC.

Caso não se verifiquem alterações significativas, as emendas, revisões ou reedições das normas e das especificações deverão ser adoptadas, após ocorrer a sua publicação pelos organismos competentes.

Caso contrário, o LNEC procederá à revisão da presente Especificação.

### 3 ENQUADRAMENTO GERAL

De forma a poder contribuir para uma construção sustentável, a reutilização e a reciclagem de resíduos surgem cada vez mais como um imperativo nacional. Neste sentido e tendo em consideração que em Portugal se encontram em implementação políticas específicas relativas à gestão dos resíduos de construção e demolição, Decreto-lei nº 46/2008, importa definir os requisitos exigidos para aplicação de misturas betuminosas recuperadas na construção, em particular no fabrico de misturas betuminosas “recicladas” a quente em central.

Actualmente, estão disponíveis no mercado diversas técnicas para a reciclagem de misturas betuminosas, que são classificadas de acordo com o local de fabrico da mistura reciclada (*in situ* ou em central) e com a temperatura empregue neste processo (a quente, semitemperada ou a frio), a qual é função do tipo de ligante utilizado (betume, emulsão betuminosa, cimento, etc.). A presente Especificação contempla o primeiro caso enunciado, ou seja, a reciclagem a quente em central.

Os resíduos de construção e demolição, catalogados no Capítulo 17 da Lista Europeia de Resíduos, LER (Portaria nº 209/2004), apresentam composição muito variável devido a factores tais como a sua origem e as práticas locais de construção. Esta variabilidade condiciona a valorização destes resíduos pelo que uma triagem apropriada e uma adequada selecção do processo de preparação são requisitos básicos na produção de materiais reciclados de qualidade. De contrário a variação das propriedades pode tornar impraticável a utilização dos resíduos de construção e demolição e obrigar a frequências de amostragem muito elevadas para o controlo da produção.

Por outro lado, deve evitar-se a presença de materiais que pela sua natureza sejam prejudiciais para o ambiente ou comprometam o desempenho das misturas betuminosas recicladas a quente em central.

## 4 CONDIÇÕES GERAIS DE UTILIZAÇÃO

### 4.1 Aspectos ambientais

Os resíduos de construção e demolição podem conter constituintes poluentes pelo que o seu poder contaminante necessita de ser avaliado. Assim, apenas podem ser recicladas as misturas betuminosas recuperadas que não contenham alcatrão. Sempre que, nas misturas betuminosas recuperadas, haja suspeita da existência de alcatrão, deverá proceder-se à realização de ensaios com vista à despistagem deste produto antes da sua incorporação em misturas betuminosas recicladas.

### 4.2 Manuseamento e armazenamento das misturas betuminosas recuperadas

As misturas betuminosas recuperadas devem ser armazenadas separadamente consoante a sua origem. Por exemplo, misturas betuminosas fresadas de diferentes camadas de pavimentos, assim como excedentes de diversas produções de misturas betuminosas, devem ser colocados em pilhas distintas. A dimensão das pilhas assim formadas deve estar limitada a valores máximos, em geral com altura não superior a 3 m, de forma a prevenir quer a segregação do material, quer a aglomeração das partículas da mistura betuminosa desagregada.

Devem ainda ter-se cuidados acrescidos no acondicionamento destes materiais, protegendo-os devidamente de acções atmosféricas adversas (chuvas, ventos fortes, temperaturas elevadas), por forma a prevenir a contaminação e a escorrência de material (por exemplo, de ligante), e a mantê-los tão secos quanto possível, uma vez que teores de água mais elevados conduzem a um aumento do consumo de energia. A minimização do teor de água presente na mistura é ainda mais importante quando se utiliza uma central descontínua em que o resíduo é directamente introduzido no misturador (ver secção 4.3 da presente Especificação). Neste caso, a utilização de misturas betuminosas recuperadas com excesso de teor de água conduz à necessidade de aquecer os agregados virgens a temperaturas superiores, por forma a que no final o teor de água e a temperatura de todo o material granular sejam adequados ao fabrico da mistura.

As pilhas de misturas betuminosas recuperadas deverão, assim, ser preferencialmente colocadas em locais cobertos (protecção em relação à água das chuvas e a temperaturas excessivas) e arejados (para evitar a retenção de água).

Poderão eventualmente utilizar-se combinações de misturas betuminosas recuperadas de diferentes origens, desde que a mistura seja feita adequadamente e em condições controladas que assegurem a homogeneidade do material a reciclar.

### 4.3 Centrais de fabrico

Para a reciclagem a quente em central de misturas betuminosas recuperadas podem utilizar-se centrais de fabrico contínuas ou descontínuas, devidamente adaptadas para este efeito. Para tal, deverão ser munidas dos dispositivos necessários a uma adequada incorporação deste tipo de misturas, evitando a sua degradação durante o fabrico, em particular do betume presente no material a reciclar. A temperatura de aquecimento das misturas betuminosas recuperadas a reciclar não deverá ser superior à temperatura utilizada no aquecimento do betume virgem a adicionar à mistura.

No caso das centrais contínuas, estas deverão dispor de um sistema que permita a introdução das misturas betuminosas recuperadas numa zona do tambor secador-misturador onde estejam protegidas da chama do queimador, sendo o aquecimento e a desidratação destes materiais feitos quer pelos gases de combustão quentes, quer pelo contacto com os agregados virgens sobreaquecidos a incorporar na mistura betuminosa. Consoante o tipo de tambor secador-misturador da central e as adaptações efectuadas para adição das misturas betuminosas recuperadas, assim são permitidas diferentes taxas de incorporação deste tipo de materiais, numa gama que pode variar, em geral, entre 10 % e 50 %.

Nas centrais descontínuas, em que as misturas betuminosas recuperadas são introduzidas directamente no misturador,

o aquecimento e a desidratação deste material são feitos através do contacto com os agregados virgens sobreaquecidos, pelo que apenas é permitida a incorporação de cerca de 10 % a 30 % de misturas betuminosas recuperadas na mistura betuminosa reciclada.

Nas centrais descontínuas complementadas com a instalação de um segundo tambor secador destinado ao aquecimento, em separado, das misturas betuminosas recuperadas, é permitida a incorporação de maior quantidade deste material, em geral até percentagens da ordem de 70 %.

## 5 IDENTIFICAÇÃO DAS MISTURAS BETUMINOSAS RECUPERADAS

As misturas betuminosas recuperadas a empregar no fabrico de misturas recicladas devem ser identificadas, de acordo com o preconizado nas secções 3.2.3, 4.3 e 4.5 da EN 13108-8, através da dimensão máxima das partículas do material e da dimensão do agregado nele contido.

Devem também ser classificadas quanto à presença de matéria estranha, quanto às características do ligante recuperado e quanto ao conteúdo em ligante, de acordo com o preconizado nas secções 4.1, 4.2 e 4.4 da EN 13108-8, respectivamente.

Deve ainda ser indicada a proveniência dos materiais que constituem a pilha de misturas betuminosas recuperadas, em particular no que se refere à obra e ao(s) tipo(s) de camada(s) de onde foram extraídas.

## 6 REGRAS DE APLICAÇÃO, PROPRIEDADES E REQUISITOS MÍNIMOS

As misturas betuminosas recuperadas a utilizar em misturas recicladas não podem conter materiais que, pela sua natureza, forma, dimensão e teor, possam influenciar de forma negativa as propriedades da mistura betuminosa reciclada. Para além disso, as misturas betuminosas recuperadas não devem conter substâncias consideradas perigosas, de acordo com o exposto na secção 4.1 da presente Especificação.

No Quadro 1 estabelecem-se os requisitos mínimos que as misturas betuminosas recuperadas devem satisfazer para poderem ser usadas no fabrico de misturas betuminosas recicladas a quente em central.

No Quadro 2 indica-se o campo de aplicação de misturas betuminosas recuperadas no fabrico de misturas recicladas a quente em central, e apresentam-se recomendações relativas à taxa de incorporação de misturas betuminosas recuperadas em função das suas características e do tipo de aplicação.

No caso de se aplicarem taxas de incorporação deste tipo de material superiores a 20 %, os agregados presentes nas misturas betuminosas recuperadas devem obedecer ao estabelecido no Caderno de Encargos da obra, para o tipo de mistura betuminosa a que se destinam. As suas propriedades devem ser determinadas de acordo com o estabelecido na EN 13043.

Os Cadernos de Encargos poderão especificar requisitos mais exigentes do que os indicados no Quadro 1, ou limitar o campo de aplicação constante do Quadro 2.

QUADRO 1

Propriedades e requisitos mínimos de conformidade das misturas betuminosas recuperadas

Requisitos de conformidade (EN 13108-8)		Misturas betuminosas recuperadas			
Propriedade <sup>(1)</sup>		Norma de ensaio	MBR1	MBR2	MBR3
Presença de matéria estranha na mistura betuminosa recuperada		EN 12697-42	F1	F5	F5
Ligante presente na mistura betuminosa recuperada	Tipo de ligante <sup>(1)</sup>	–	Betume (tradicional) ou Betume Modificado	Betume (tradicional) ou Betume Modificado	Betume (tradicional), Betume Modificado ou Betume Duro
	Características do ligante recuperado	EN 12697-3 ou EN 12697-4 EN 1426 ou EN 1427	P15 ou S70 <sup>(2)</sup> ou P ≥ 15 × 10 <sup>-1</sup> mm ou S ≤ 70 °C <sup>(3)</sup>	P15 ou S70 <sup>(2)</sup> ou P ≥ 15 × 10 <sup>-1</sup> mm ou S ≤ 70 °C <sup>(3)</sup>	Pdec ou Sdec <sup>(4)</sup> ou Declarar a natureza e as propriedades do ligante <sup>(3)</sup>
Dimensão máxima das partículas da mistura betuminosa recuperada		EN 933-1+A1:2005	32 mm	32 mm	32 mm
Agregado da mistura betuminosa recuperada	Granulometria média	EN 933-1+A1:2005	Valores a declarar	Valores a declarar	Valores a declarar
	Dimensão máxima, D	EN 933-1+A1:2005	Valor a declarar	Valor a declarar	Valor a declarar
Percentagem média de ligante na mistura betuminosa recuperada		EN 12697-1	Valor a declarar	Valor a declarar	Valor a declarar
Teor de água máximo da mistura betuminosa recuperada		EN 12697-14	5 %	5 %	5 %

P Penetração a 25 °C do ligante presente na mistura betuminosa recuperada.

S Temperatura de amolecimento pelo método de anel e bola do ligante presente na mistura betuminosa recuperada.

(1) Ver EN 12597.

(2) Requisito a aplicar no caso de o tipo de ligante presente na mistura betuminosa recuperada ser um betume de pavimentação (tradicional).

(3) Requisito a aplicar no caso de o tipo de ligante presente na mistura betuminosa recuperada ser um betume modificado de pavimentação.

(4) Requisito a aplicar no caso de o tipo de ligante presente na mistura betuminosa recuperada ser um betume de pavimentação (tradicional) ou um betume duro de pavimentação.

## QUADRO 2

Campo de aplicação e taxas máximas de incorporação de misturas betuminosas recuperadas no fabrico de misturas recicladas a quente

Classificação das misturas betuminosas recuperadas (EN 13108-8)	Campo de aplicação	Taxa máxima de incorporação <sup>(1)</sup>
MBR1	Camadas de desgaste	10 % <sup>(2)</sup>
	Camadas de regularização, de ligação e de base	50 % <sup>(2)</sup>
MBR2	Camadas de regularização, de ligação e de base	25 % <sup>(2)</sup>
MBR3	Camadas de regularização, de ligação e de base	10 % <sup>(2)</sup>

(1) Admitem-se taxas de incorporação superiores, recorrendo eventualmente a produtos rejuvenescedores, desde que o estudo de formulação seja complementado com ensaios para avaliação das características do ligante recuperado na mistura final e do desempenho desta mistura, nomeadamente no que se refere à resistência à fadiga, às deformações permanentes e ao envelhecimento.

(2) Para além de obedecer a este critério, a taxa de incorporação de misturas betuminosas recuperadas é condicionada pelo processo de fabrico (ver secção 4.2), pelos resultados do estudo de formulação da mistura e pelas características do ligante recuperado da mistura final.

## 7 FORMULAÇÃO DA MISTURA RECICLADA

Sem prejuízo de obedecerem ao estabelecido no Quadro 2, as taxas de incorporação a adoptar deverão ser seleccionadas de acordo com os resultados dos estudos de formulação das misturas betuminosas, tendo em atenção os critérios estabelecidos no Caderno de Encargos da obra, para cada tipo de mistura.

Na formulação das misturas betuminosas recicladas, a selecção dos vários materiais (agregados, betume, etc.) deve ser feita tendo em linha de conta as características das misturas betuminosas recuperadas e a sua taxa de incorporação. Assim, os agregados virgens a adicionar à mistura devem ser seleccionados por forma a que, em conjunto com os agregados presentes nas misturas betuminosas recuperadas, se obtenha uma composição da mistura de agregados que cumpra as especificações do Caderno de Encargos da obra, para o tipo de aplicação a que se destinam, nomeadamente em termos de granulometria. Do mesmo modo, deve seleccionar-se o tipo de betume virgem e eventuais aditivos a adicionar à mistura por forma a que, em conjunto com o betume mais ou menos envelhecido, presente na mistura betuminosa recuperada, se obtenha um ligante final com as características desejadas, por exemplo, em termos da temperatura de amolecimento (método de anel e bola), da penetração ou da viscosidade. Para o efeito, pode recorrer-se a fórmulas e gráficos que permitem estimar as características do ligante da mistura reciclada a partir das características dos betumes utilizados no seu fabrico, em função da sua proporção no ligante final. Na EN 13108-1 (Anexo A) e na EN 13108-7 (Anexo A) apresentam-se algumas destas relações.

Se o betume presente nas misturas betuminosas recuperadas se encontrar muito envelhecido, e se a taxa de incorporação o justificar, dever-se-á considerar a hipótese de utilizar agentes rejuvenescedores que permitam reduzir a sua viscosidade.

## 8 CONTROLO DA QUALIDADE

Para assegurar a qualidade da produção de misturas recicladas é necessário proceder ao controlo sistemático das propriedades das misturas betuminosas recuperadas, nomeadamente em relação ao seu teor de água, à granulometria dos agregados recuperados e à percentagem e propriedades do betume recuperado, conforme indicado no Quadro 1 da secção 6 da presente Especificação. As propriedades que constam do referido Quadro devem ser verificadas pelo produtor com as frequências mínimas indicadas na secção 5.4 da EN 13108-8.

Descritores: Mistura betuminosa a quente / Reciclagem de materiais

Descriptors: Hot mix asphalt / Recycled materials

Estas características devem ser monitorizadas para comparação com os valores considerados no estabelecimento da fórmula de trabalho, permitindo assim que se realizem eventuais ajustamentos a essa fórmula ou ao processo de fabrico.

Em relação ao controlo da qualidade da mistura reciclada (mistura final), os ensaios a efectuar são semelhantes aos efectuados para as misturas betuminosas tradicionais, devendo a frequência dos mesmos e as tolerâncias de fabrico ser as indicadas no Caderno de Encargos da obra.

## 9 BIBLIOGRAFIA

- [1] Asphalt Institute MS-2 – “Mix Design Methods for Asphalt Concrete and Other Hot Mix Types”. Manual Series No. 2. Sixth Edition, Asphalt Institute, E.U.A., 1993.
- [2] Asphalt Institute MS-20 – “Asphalt Hot-Mix Recycling”, Manual Series No. 20, Second Edition, Lexington, Kentucky, E.U.A., 1986.
- [3] Batista, F. A. – “Novas Técnicas de Reabilitação de Pavimentos – Misturas Betuminosas Densas a Frio”, Dissertação de Doutoramento, Laboratório Nacional de Engenharia Civil e Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Junho de 2004.
- [4] Batista, F.A.; Antunes, M.L.; Marques, J.A. – “Reutilização de materiais betuminosos fresados na reabilitação de pavimentos”, Actas do 1º Congresso Rodoviário Português, “Estrada 2000”, LNEC, Lisboa, Portugal, 28 a 30 de Novembro de 2000, pp. 689-702.
- [5] Decker, D.S.; Young, T.J. – “Handling RAP in HMA Facility.” Actas da Canadian Technical Asphalt Association, Edmont, Alberta, E.U.A., 1996.
- [6] EAPA – “Directivas ambientais sobre as melhores técnicas disponíveis para a produção de misturas betuminosas”, Breukelen, Holanda, 1998 (tradução APORBET).
- [7] Jiménez, F.; Recasens, R.; Martinez, A. – “Characterization and Design of Hot-Recycled Bituminous Mixtures”. Actas da PRO 40: International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures, Barcelona, Espanha, 2004.
- [8] Ministerio de Fomento – “Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Conservación de Carreteras (PG-4). Artículo 22 – Reciclado en central en caliente de capas bituminosas”, Dirección General de Carreteras, Orden Circular 8/01, Madrid, Espanha, 2001.

