



ESPECIFICAÇÃO LNEC

Documentação normativa

GUIA PARA A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS RECICLADOS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM ATERRO E CAMADA DE LEITO DE INFRA-ESTRUTURAS DE TRANSPORTE

E 474 - 2009

CI/SfB

p/s (Ajr)

CDU 691.322.004.8(083.74)

ISSN 0870-8592

DEZEMBRO DE 2009

Esta Especificação anula e substitui a Especificação LNEC E 474-2006.

GUIDE POUR L'UTILISATION DE MATÉRIAUX RECYCLÉS PROVENANT DE RÉSIDUS DE CONSTRUCTION ET DE DÉMOLITION EN REMBLAI ET EN COUCHE DE FORME D'INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT

OBJET

Ce document établit les exigences minimales que les résidus de construction et de démolition doivent satisfaire pour leur utilisation en remblai et en couche de forme d'infrastructures de transport.

GUIDE FOR THE USE OF RECYCLED MATERIALS COMING FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN EMBANKMENT AND CAPPING LAYER OF TRANSPORT INFRASTRUCTURES

SCOPE

This document establishes the minimum requirements that construction and demolition waste must comply with in order to be used in embankment and capping layer of transport infrastructures.

ÍNDICE	Pág.
1 OBJECTO	1
2 REFERÊNCIAS NORMATIVAS	1
3 ENQUADRAMENTO GERAL	2
3.1 Processamento e armazenamento dos resíduos de construção e demolição	2
3.2 Condições gerais de utilização	2
3.3 Aspectos ambientais	2
4 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS RECICLADOS	2
5 PROPRIEDADES E REQUISITOS MÍNIMOS	3
6 REGRAS DE APLICAÇÃO	4
6.1 Materiais do tipo MAT1	4
6.2 Materiais do tipo MAT2	4
7 CONTROLO DA QUALIDADE	4
8 BIBLIOGRAFIA	4

1 OBJECTO

A presente Especificação fornece recomendações e estabelece requisitos mínimos para a utilização de materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição em aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte, nomeadamente rodoviárias, aeroportuárias e ferroviárias.

Os materiais reciclados a que se refere esta Especificação provêm de resíduos de obras de construção, reabilitação e demolição de edifícios, infra-estruturas de transporte ou outras estruturas de engenharia civil, adiante designados por resíduos de construção e demolição.

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 933-9:2009 – Tests for geometrical properties of aggregates. Part 9: Assessment of fines. Methylene blue test

EN 933-11:2009+AC:2009 – Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate.

EN 1097-1:1996+A1:2003 – Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part 1: Determination of the resistance to wear (micro-Deval).

EN 1097-2:1998+A1:2006 – Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Part. 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation.

EN 1744-1:2009 – Tests for chemical properties of aggregates. Part 1: Chemical analysis.

EN 12457-2:2002 – Characterisation of waste. Leaching. Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges. Part 2: One stage batch test at liquid to solid ratio of 10 l/kg for materials with particle size below 4 mm (without or with size reduction).

EN 12457-4:2002 – Characterisation of waste. Leaching. Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges. Part 4: One stage batch test at liquid to solid ratio of 10 l/kg for materials with particle size below 10 mm (without or with size reduction).

LNEC E 196-1966 – Solos. Análise granulométrica.

LNEC E 471-2009 – Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos.

LNEC E 472-2009 – Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central.

LNEC E 473-2009 – Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos.



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

Caso não se verifiquem alterações significativas, as emendas, as revisões ou as 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 vigor políticas específicas relativas à gestão dos resíduos de construção e demolição, Decreto-Lei nº 46/2008, importa definir os requisitos a exigir para a aplicação destes resíduos na construção, em particular em aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte.

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 diversos 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 do aterro e da camada de leito de infra-estruturas de transporte. No caso particular de resíduos de misturas betuminosas, estes não podem conter alcatrão.

3.1 Processamento e armazenamento dos resíduos de construção e demolição

O processamento dos resíduos de construção e demolição deve permitir a obtenção de materiais que satisfaçam tanto as exigências técnicas como as ambientais para a aplicação prevista. Como norma geral, o aproveitamento destes materiais, ou fracção dos mesmos, é tanto maior quanto menor for a presença dos poluentes e das matérias indesejáveis. Assim, uma demolição selectiva e criteriosa tem um papel decisivo e deverá ser incentivada. Embora se trate, comparativamente com a demolição tradicional, de um processo mais moroso, as vantagens resultantes são significativas.

O processamento dos resíduos de construção e demolição pode ter lugar em centrais fixas ou em centrais móveis e inclui habitualmente quatro operações principais: triagem, redução primária, britagem e peneiração. A fase de triagem destina-se a eliminar os componentes indesejáveis (por ex.: gesso, plásticos, borrachas, madeiras, cartão, papel, metais e matéria orgânica), que prejudicam as características técnicas e ambientais do produto reciclado. Na operação seguinte, redução primária, os escombros sofrem uma redução das suas dimensões e procede-se à remoção dos materiais metálicos ou outros indesejáveis ainda existentes. A britagem pode desenvolver-se em duas fases, com redução progressiva das dimensões dos resíduos. Finalmente, com a peneiração obtém-se um material classificado

em diferentes granulometrias, de modo a contemplar as diversas necessidades de aplicação.

Os materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição deverão ser armazenados separadamente em função da sua origem e dos seus constituintes principais.

Poderão eventualmente utilizar-se combinações de materiais reciclados de resíduos de construção e demolição de diferentes origens, desde que a mistura se efectue adequadamente e em condições controladas que assegurem a sua homogeneidade.

3.2 Condições gerais de utilização

A utilização de materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição como materiais para aterro e camada de leito não deverá ser permitida em zonas onde possa ocorrer o contacto directo com as águas subterrâneas ou na realização de sistemas drenantes, bem como em locais frequentemente inundados.

Pelo facto de os resíduos de construção e demolição de estruturas de betão e alvenaria apresentarem, regra geral, alcalinidade elevada, não devem ser utilizados na proximidade de materiais (por ex.: tubagens em alumínio e galvanizadas) susceptíveis à corrosão neste tipo de ambiente.

3.3 Aspectos ambientais

Os resíduos de construção e demolição podem conter constituintes poluentes pelo que o seu poder contaminante necessita de ser avaliado.

De entre os constituintes poluentes dos resíduos de construção e demolição enumeram-se o amianto e outras fibras minerais, os metais pesados, alguns solventes e tintas e os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs). Dada a possibilidade de estes contaminantes existirem nos resíduos de construção e demolição, a sua presença deve ser minimizada através de uma adequada gestão, como indicado em 3.1.

De modo a garantir a protecção do meio ambiente e da saúde pública, foi prevista para já a realização de ensaios de lixiviação, tendo como referência o disposto na legislação portuguesa ou da Comunidade Europeia, exigindo-se a classificação destes materiais como resíduos para deposição em aterro para resíduos inertes para poderem ser usados em aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte.

Sempre que, nos resíduos de misturas betuminosas, haja suspeita da existência de alcatrão, deverá proceder-se à realização de ensaios com vista à despistagem deste produto.

4 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS REICLADOS

A constituição dos resíduos de construção e demolição deve ser avaliada de acordo com o procedimento preconizado na EN 933-11. No entanto, atendendo ao tipo de utilização contemplado pela presente Especificação, devem aplicar-se as seguintes alterações: a) a massa sobre a qual se procede à determinação das proporções relativas dos constituintes corresponde a todo o material com partículas de dimensão inferior ou igual às dimensões máximas (80 mm e 150 mm) previstas nesta Especificação (ver Quadro 2); b) a massa de

material a tomar para ensaio será no mínimo de 80 kg (material com diâmetro máximo das partículas inferior ou igual a 80 mm) ou de 350 kg (material com diâmetro máximo das partículas inferior ou igual a 150 mm); c) a massa do constituinte solo ("clay and soil" separado do resto da amostra durante o procedimento de ensaio estabelecido na EN 933-11) será determinada e designar-se-á por M_s . Esta massa não será adicionada à massa dos restantes materiais incluídos na massa M_x referida na EN 933-11, mas fará parte do conjunto designado por massa M_z .

A percentagem de solo na amostra deverá determinar-se através da expressão:

$RS (\%) = 100 \times (M_s/M_1)$, na qual M_s é a massa total de solo contido na amostra para ensaio com massa M_1 .

Para efeitos de utilização em aterro e em camada de leito de infra-estruturas de transporte, os materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição abrangidos por esta Especificação são agrupados em três classes (B, MB ou C), definidas com base nas proporções relativas de cada um dos constituintes indicados no Quadro 1, as quais foram determinadas de acordo com o método estabelecido na EN 933-11, considerando as alterações referidas anteriormente.

No que se refere às características geotécnicas, estes materiais classificam-se em duas categorias (MAT1 e MAT2), conforme indicado no Quadro 2.

A identificação destes materiais reciclados deverá conter no mínimo a indicação do produtor e do local de produção, as siglas da classe e categoria a que pertencem e a dimensão máxima das partículas (D_{max}).

QUADRO 1

Classificação dos materiais reciclados

Classe	Proporção dos constituintes					
	$R_c + R_u + R_g$ (%)	R_g (%)	R_a (%)	$R_b + R_s$ (%)	FL (cm ³ /kg)	X (%)
B	≥ 90	≤ 10	≤ 5	≤ 10	≤ 5	≤ 1
MB	≤ 70	≤ 25	≥ 30	≤ 70	≤ 5	≤ 1
C	sem limite	≤ 25	≤ 30	Sem limite	≤ 5	≤ 1

CONSTITUINTES (EN 933-11)

- R_c – betão, produtos de betão e argamassas
- R_u – agregados não ligados, pedra natural e agregados tratados com ligantes hidráulicos
- R_s – solos
- R_a – materiais betuminosos
- R_b – elementos de alvenaria de materiais argilosos (tijolos, ladrilhos e telhas), elementos de alvenaria de silicatos de cálcio e betão celular não flutuante
- R_g – vidro
- FL – material flutuante
- X – outros: plásticos, borrachas, metais (ferrosos e não ferrosos), madeira não flutuante e estuque

5 PROPRIEDADES E REQUISITOS MÍNIMOS

Estabelecem-se no Quadro 2 as propriedades, as respectivas normas de ensaio e os correspondentes limites que os materiais reciclados das categorias MAT1 e MAT2 devem satisfazer, para serem aplicados em aterro e camada de leito.

Os materiais que não satisfaçam os requisitos previstos na presente Especificação poderão vir a ser utilizados, desde que o seu adequado desempenho seja comprovado através da realização de estudos específicos.

QUADRO 2

Propriedades e requisitos mínimos de conformidade dos materiais reciclados para aplicação em aterro e camada de leito

Requisitos de conformidade			Categoria		
			MAT1		MAT2
Parâmetros	Propriedade	Norma de ensaio	B, MB e C	B e C	MB
Geométricos e de natureza	Dimensão máxima das partículas (D_{max})	–	$D_{max} \leq 150$ mm	$D_{max} \leq 80$ mm	
	Conteúdo máximo em finos (passado no peneiro 80 μ m)	LNCE E 196	10 %	10 %	
	Qualidade dos finos*	EN 933-9	MB0/D < 2	MB0/D < 1	
Comportamento mecânico	Resistência à fragmentação	EN 1097-2+A1	–	LA ≤ 45	–
	Resistência ao desgaste	EN 1097-1+A1		MDE ≤ 45	
Químicos	Teor de sulfatos solúveis em água**	EN 1744-1	0,7 %	0,7 %	
	Libertação de substâncias perigosas***	EN 12457-4	Classificação como resíduos para deposição em aterro para resíduos inertes		

* MB0/D é o valor de azul de metileno (MB) expresso em g/kg segundo a norma de ensaio EN 933-9, multiplicado pela percentagem da fracção passada no peneiro 2 mm.

** Para teores de sulfatos superiores a 0,2 %, estes materiais deverão ser colocados a uma distância não inferior a 0,50 m de elementos estruturais de betão.

*** 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.

Os Cadernos de Encargos poderão especificar requisitos mais exigentes do que os indicados no Quadro 2, ou limitar o campo de aplicação constante do Quadro 3.

6 REGRAS DE APLICAÇÃO

A aplicação dos materiais reciclados em aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte pode exigir a sua mistura com materiais naturais tendo em vista a sua correcção granulométrica, ou a obtenção de misturas obedecendo aos restantes requisitos mínimos exigidos.

Ficam excluídas da presente Especificação as aplicações destes materiais com ligantes hidráulicos ou outros. Este tipo de utilização deve estar sujeita a estudos específicos que permitam demonstrar a sua adequação aos objectivos perseguidos em cada caso.

6.1 Materiais do tipo MAT1

Os materiais do tipo MAT1 são utilizáveis em aterro de infra-estruturas de transporte (Quadro 3). Na prática, estes materiais podem ser estudados e aplicados em aterro de forma semelhante aos materiais naturais com características geotécnicas semelhantes.

6.2 Materiais do tipo MAT2

Os materiais do tipo MAT2, além de poderem ser utilizados em aterro, podem também ser aplicados em camada de leito de infra-estruturas de transporte (Quadro 3), à excepção dos da classe MB.

As condições de colocação e compactação dos materiais do tipo MAT2 em aterro e camada de leito de pavimento são semelhantes às preconizadas para os materiais naturais com características geotécnicas semelhantes.

QUADRO 3

Campo de aplicação dos materiais MAT1 e MAT2 em aterro e camada de leito

Categoria	MAT1			MAT2		
	B	MB	C	B	MB	C
Camada de leito	X	X	X	✓	X	✓
Aterro	✓	✓	✓	✓	✓	✓

As condições de colocação e compactação dos materiais do tipo MAT2 em aterro e camada de leito de pavimento são semelhantes às preconizadas para os materiais naturais com características geotécnicas semelhantes.

A aplicação destes materiais em camada de leito pode exigir a correcção granulométrica dos mesmos, nomeadamente a eliminação das partículas com dimensão superior a 50 mm, ou mesmo 31,5 mm, para evitar possíveis problemas de segregação e dificuldades de regularização da camada.

A espessura da camada de leito a construir com materiais do tipo MAT2 é determinada de acordo com as regras de dimensionamento válidas para os materiais naturais com características geotécnicas semelhantes.

Descritores: Agregados de detritos de obras / Reciclagem de materiais / Demolição de obras / Reutilização de materiais de construção / Infra-estruturas de transportes / Aterros

Descriptors: Construction waste aggregates / Recycled materials / Demolition works / Construction materials reutilization / Transport infrastructures / Embankments

7 CONTROLO DA QUALIDADE

As propriedades constantes dos Quadros 1 e 2 devem ser verificadas pelo produtor com as frequências mínimas indicadas no Quadro 4.

A frequência mínima de ensaio poderá ser inferior, nomeadamente se os cuidados colocados na triagem dos resíduos o permitirem, devendo, no entanto, ser aumentada se a variação da composição dos materiais reciclados o justificar ou se os valores obtidos para as propriedades se encontrarem próximos dos limites fixados.

QUADRO 4

Frequência mínima dos ensaios

Propriedade	Frequência
Granulometria	1 vez por semana
Constituintes	1 vez por mês
Qualidade dos finos	1 vez por semana
Resistência à fragmentação	2 vezes por ano
Resistência ao desgaste	2 vezes por ano
Teor de sulfatos solúveis em água	1 vez por mês
Libertação de substâncias perigosas	2 vezes por ano

No início da construção do aterro e da camada de leito, deverá proceder-se à execução de trechos experimentais, onde serão estabelecidos os procedimentos e determinados os valores de referência para a compactação. Para além dos ensaios tradicionais de controlo de compactação, recomenda-se ainda a realização de ensaios mecânicos *in situ*, após a colocação e compactação do material, nas condições de estado consideradas adequadas, com vista a uma avaliação global do desempenho do mesmo.

Deve-se proceder à realização de ensaios sobre os materiais e sobre a camada final com as frequências mínimas especificadas nos Cadernos de Encargos ou em Planos de Garantia de Qualidade da Construção. Estas frequências de realização dos ensaios deverão ter em conta o controlo efectuado pelo produtor e podem ser ajustadas por indicação da fiscalização ou do dono de obra, dependendo da variabilidade das características dos materiais aplicados.

8 BIBLIOGRAFIA

- [1] "Graves de recyclage – Graves recyclées de démolition et mâchefer", Guide d'utilisation en travaux publics, Version 2, 2005.
- [2] "Les bétons et produits de démolition recyclés", Guide technique pour utilisation des matériaux régionaux d'Île-de-France, Première Version, 2003.
- [3] "Monografía sobre residuos de construcción y demolición", IHOBE, 2004.
- [4] Decisão do Conselho 2003/33/CE – Jornal Oficial das Comunidades Europeias L11, de 16 de Janeiro de 2003.

