



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

ESPECIFICAÇÃO LNEC

Documentação normativa

Handwritten signatures: Henrique, António

Handwritten: E 485CE

CI/SR
Silherme d'Oliveira Martins
Secretário de Estado das Infraestruturas

CDU 691.004.8-625.733(083.74)

ISSN 0870-8592

SETEMBRO DE 2016

GUIA PARA A UTILIZAÇÃO DE MATERIAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM PREENCHIMENTO DE VALAS

ÂMBITO

A presente Especificação LNEC fornece recomendações e estabelece requisitos mínimos para a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) em preenchimento de valas. Estes resíduos resultam de obras de construção, de reabilitação e de demolição de edifícios, de infraestruturas de transporte ou de outras estruturas de engenharia civil.

As aplicações destes materiais com ligantes hidráulicos ou outros ficam excluídas desta Especificação.

GUIDE FOR THE USE OF MATERIALS RESULTING FROM CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE IN BACKFILL OF TRENCHES

SCOPE

The present LNEC Specification provides recommendations and defines minimum requirements for the use of materials coming from construction and demolition waste in backfill of trenches. This construction and demolition waste come from construction works, rehabilitation and demolition of buildings, transport infrastructures or other civil engineering works.

The applications of these materials with hydraulic binders or other are excluded from this Specification.

GUIDE POUR L'UTILISATION DE MATÉRIAUX PROVENANT DE DÉCHETS DE CONSTRUCTION ET DE DÉMOLITION EN REMBLAYAGE DES TRANCHÉES

OBJET

Cette Spécification LNEC présente des recommandations et établit les exigences minimales pour l'utilisation des matériaux provenant de déchets de construction et de démolition en remblayage des tranchées. Ces déchets de construction et de démolition procèdent de travaux de construction, de réhabilitation et de démolition de bâtiments, d'infrastructures de transport ou d'autres structures de génie civil.

Les applications de ces matériaux avec des liants hydrauliques ou d'autres sont exclues de cette Spécification.

ÍNDICE

1	Introdução	2	5	Classificação dos materiais processados	3
2	Referências normativas	2	6	Propriedades e requisitos mínimos	3
3	Processamento e armazenamento	2	7	Condições de aplicação	3
4	Aspetos ambientais	2	8	Controlo da qualidade	5
			9	Bibliografia	5

1 INTRODUÇÃO

A presente Especificação faz parte do conjunto de Especificações LNEC (E 471, E 472, E 473, E 474, E 483 e E 484) que estabelece as condições de utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) em obras de engenharia civil, permitindo assim minimizar o recurso a matérias-primas primárias e contribuir para a sustentabilidade na construção.

Esta Especificação fornece recomendações e estabelece requisitos mínimos para a utilização de materiais provenientes de RCD em preenchimento de valas, neles se incluindo os solos e as rochas, ainda que provenham de obras distintas daquela em que irão ser usados.

Nesta Especificação, após se referirem as boas práticas de processamento e armazenamento dos RCD e os aspetos ambientais relevantes, procede-se à classificação dos materiais provenientes de RCD com base na sua constituição. Tendo em vista as condições de aplicação, é depois estabelecida a respetiva categoria, para a qual se indicam as propriedades a serem avaliadas, os correspondentes requisitos mínimos e a frequência da sua verificação.

2 REFERÊNCIAS NORMATIVAS

Nesta Especificação é feita referência aos seguintes documentos normativos:

NP EN 933-1:2014-pt – Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 1: Análise granulométrica – Método da peneiração.

NP EN 933-11:2011-pt – Ensaio das propriedades geométricas dos agregados. Parte 11: Ensaio para classificação dos constituintes de agregados grossos reciclados.

NP EN 1097-1:2011-pt – Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 1: Determinação da resistência ao desgaste (micro-Deval).

NP EN 1097-2:2011-pt – Ensaio das propriedades mecânicas e físicas dos agregados. Parte 2: Métodos para a determinação da resistência à fragmentação.

EN 933-9:2009+A1:2013-en – Tests for geometrical properties of aggregates. Part 9: Assessment of fines - Methylene blue test.

EN 1744-1:2009+A1:2012-en – Tests for chemical properties of aggregates. Part 1: Chemical analysis.

EN 12457-4:2002-en – Characterisation of waste. Leaching – Compliance test for leaching of granular waste materials and sludges. Part 4: 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 10 mm (without or with size reduction).

EN 13382-2:2002-en – Armoustone. Part 2: Test methods.

FprEN 1610:2015-en – Construction and testing of drains and sewers.

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

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

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 materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição em aterro e em camada de leito de infraestruturas de transporte.

LNEC E 483-2016 – Guia para a utilização de agregados reciclados

provenientes de misturas betuminosas recuperadas para camadas não ligadas de pavimentos rodoviários.

LNEC E 484-2016 – Guia para a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição em caminhos rurais e florestais.

NOTA: As versões finais, as emendas, as revisões ou as reedições das normas e das especificações, que não contemplem alterações relevantes relativamente às versões aqui referenciadas, consideram-se aplicáveis à presente Especificação; caso contrário, proceder-se-á à revisão desta Especificação.

3 PROCESSAMENTO E ARMAZENAMENTO

O processamento dos resíduos de construção e demolição (RCD) deve permitir a obtenção de materiais que satisfaçam quer as exigências técnicas quer as ambientais para a aplicação prevista. Como regra geral, o aproveitamento dos RCD, ou de fração dos mesmos, é tanto maior quanto menor for a presença de substâncias perigosas e de materiais indesejáveis que comprometam o desempenho das valas em que são aplicados. Assim, uma demolição seletiva e criteriosa tem um papel decisivo e deverá ser incentivada.

Poderão, eventualmente, utilizar-se combinações de resíduos de diferentes origens, desde que a mistura se efetue adequadamente e em condições controladas, de modo a assegurar a homogeneidade do material.

O processamento dos RCD pode ter lugar em centrais fixas ou móveis e compreende, geralmente, quatro operações principais: triagem, redução primária, britagem e peneiração. A operação de triagem destina-se a segregar os materiais indesejáveis, que prejudicam as características técnicas e ambientais do material processado. Os RCD com amianto devem ser segregados e identificados de acordo com a respetiva marcação regulamentada. Na operação seguinte, a redução primária, os resíduos sofrem uma redução das suas dimensões e procede-se de novo à remoção dos materiais indesejáveis. 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 resultantes do processamento de RCD devem ser armazenados em função da sua origem e dos seus constituintes principais, bem como da dimensão das partículas (d/D). No caso específico de pilhas constituídas por misturas betuminosas recuperadas, deve-se ter em conta que pode ocorrer a aglutinação das partículas, especialmente quando a temperatura ambiente é elevada ou quando o armazenamento é prolongado.

4 ASPETOS AMBIENTAIS

De um modo geral, os RCD podem conter substâncias perigosas, pelo que o seu poder contaminante necessita de ser avaliado.

De entre os constituintes potencialmente poluentes dos RCD enumeram-se os metais pesados, os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAP) e o amianto.

De modo a garantir a proteção do ambiente e da saúde pública, considera-se necessária a realização de ensaios de lixiviação, exigindo-se a respetiva classificação como resíduos para deposição em aterro para resíduos inertes de modo a poderem ser usados em valas [1].

No caso particular das misturas betuminosas recuperadas, sempre que haja suspeita da existência de alcatrão, deve proceder-se à realização de ensaios com vista à despistagem da presença deste produto, dado conter elevados teores de HAP.

No que respeita ao amianto, quando houver suspeição da sua

ocorrência, deve igualmente proceder-se à realização de ensaios com vista à despistagem da presença desta substância perigosa.

Caso seja confirmada a presença de alcatrão ou de amianto nos RCD, estes não podem ser utilizados, por serem classificados como resíduos perigosos.

5 CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS PROCESSADOS

A classificação dos constituintes dos materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) é avaliada de acordo com o procedimento preconizado na NP EN 933-11, aplicando as seguintes alterações:

- a) A massa M_1 , usada na determinação das proporções relativas dos constituintes, corresponde a todo o material com partículas de dimensão superior a 4 mm e inferior ou igual às dimensões máximas (D_{max}) indicadas no Quadro 2 da presente Especificação.
- b) A massa mínima M_1 , a tomar para ensaio é de 80 kg se $63 \text{ mm} < D_{max} \leq 80 \text{ mm}$ ou de 120 kg se $80 \text{ mm} < D_{max} \leq 180 \text{ mm}$.
- c) A massa do constituinte solo ("argila e solo"), separada do resto da amostra durante o procedimento de ensaio estabelecido na NP EN 933-11, será determinada e designar-se-á por M_s . Esta massa não será adicionada à dos restantes materiais incluídos na massa M_x referida na NP EN 933-11.

A proporção do solo na amostra é calculada a partir da equação:

$$R_s (\%) = 100 \times (M_s / M_1)$$

Com base no conhecimento da proporção relativa de cada constituinte, os materiais provenientes de RCD são classificados numa das três classes MR apresentadas no Quadro 1.

A identificação dos MR deve conter, no mínimo, a indicação do produtor e do local de produção, a classe (Quadro 1), a categoria a que pertence (Quadro 2) e a dimensão máxima das partículas (D_{max}).

QUADRO 1

Classificação dos materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD)

Classe	Proporção dos constituintes					
	$R_1 + R_2 + R_3$ (%)	R_4 (%)	R_5 (%)	$R_6 + R_7$ (%)	F_1 (cm^3/kg)	X (%)
MR1	≥ 70	≤ 25	≤ 30	≤ 30	≤ 5	≤ 1
MR2	Sem limite	≤ 25	Sem limite	Sem limite	≤ 5	≤ 1
MR3	Sem limite	≤ 5	≤ 10	Sem limite	≤ 5	≤ 1

Constituintes (NP EN 933-11):

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

6 PROPRIEDADES E REQUISITOS MÍNIMOS

As propriedades e os requisitos mínimos de cada categoria a que os materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) das classes MR1, MR2 e MR3 (Quadro 1) devem satisfazer para serem utilizados em preenchimento de valas são apresentados no Quadro 2, representando a Figura 1 a posição de cada categoria na vala. Os Cadernos de Encargos poderão especificar requisitos mais exigentes do que os indicados no Quadro 2.



Figura 1 – Representação das categorias na vala

7 CONDIÇÕES DE APLICAÇÃO

O preenchimento de valas aplica-se a obras destinadas à instalação de tubos enterrados (rígidos, semirrígidos ou flexíveis), principalmente, sob pavimentos de infraestruturas de transporte, sob passeios ou sob espaços verdes, destinados, por exemplo, ao abastecimento de água, à drenagem de águas residuais e ao fornecimento de gás. Para além destas funcionalidades, também são usados para a instalação de cabos de telecomunicações e de fornecimento de energia elétrica. Os campos de aplicação dos materiais classificados nos Quadros 1 e 2 são apresentados no Quadro 3, podendo a sua utilização exigir a mistura com materiais naturais, tendo em vista a sua correção granulométrica ou a obtenção de misturas obedecendo aos restantes requisitos mínimos exigidos.

O preenchimento de valas pode influenciar o desempenho estrutural do tubo e das estruturas de engenharia contíguas, ou onde se inserem, se os materiais e os procedimentos construtivos usados não forem os adequados. As instalações inadequadas afetam a distribuição da pressão dos materiais envolventes do tubo e, conseqüentemente, a resposta deste, propiciando a ocorrência de assentamentos durante a operação.

A colocação e a compactação do material junto ao tubo têm grande influência no seu desempenho estrutural e o grau de compactação do material durante o preenchimento da vala influencia a magnitude dos assentamentos.

Deve, por isso, proceder-se ao controlo da compactação à medida que os trabalhos avançam. As exigências referentes ao grau de compactação habitualmente usadas ([2] e [3]) são indicadas no Quadro 4.

QUADRO 2

Propriedades e requisitos mínimos dos materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) para preenchimento de valas

Requisitos de conformidade			Categoria		
			CE/LA	PSA2/PIA	PSA1
Parâmetros	Propriedade	Norma de ensaio	MR3	MR1, MR2 e MR3	MR1
Geométricos e de natureza	Dimensão máxima das partículas (D_{max}) ¹	NP EN 933-1	≤ 20 mm, se DN ⁶ ≤ 200 ≤ 40 mm, se $200 \leq DN \leq 600$ ≤ 63 mm, se $DN > 600$ ⁷	≤ 180 mm	≤ 80 mm
	Teor de finos ($\leq 0,063$ mm)	NP EN 933-1	$\leq 12\%$	–	$\leq 12\%$
	Qualidade dos finos ($MB_{0,075}$) ^{2,3}	EN 933-9	–	–	$< 2,0$
Comportamento mecânico	Resistência ao desgaste (MDE)	NP EN 1097-1	–	–	≤ 45
	Resistência à fragmentação (LA)	NP EN 1097-2	–	–	≤ 45
Químicos	Teor de sulfatos solúveis em água (SS) ⁴	NP EN 1744-1	$\leq 0,7\%$	$\leq 0,7\%$	$\leq 0,7\%$
	Libertação de substâncias perigosas ⁵	EN 12457-4	Classificação como resíduos para deposição em aterro para resíduos inertes		

- Nos casos em que a dimensão nominal das partículas é superior a 90 mm, a sua dimensão máxima deve ser determinada de acordo com o estabelecido na norma EN 13383-2
- $MB_{0,075}$ é o valor de azul de metileno (MB) expresso em g/kg segundo a norma de ensaio EN 933-9, multiplicado pela percentagem da fração passada no peneiro de 2 mm
- Esta avaliação apenas deve ser realizada se o teor em finos for superior a 3%
- Estes materiais não devem ser usados conjuntamente com tubos em betão, nem em valas situadas a menos de 0,50 m de distância de elementos estruturais de betão, se $SS > 0,2\%$
- A classificação baseia-se apenas nos resultados do ensaio de lixiviação para $L/S = 10$ l/kg – Tabela n.º 2 da Parte B do Anexo IV do Decreto-Lei n.º 183/2009 (Secção 2.1.2.1, da Decisão do Conselho 2003/33/CE). De referir que, caso seja possível verificar que os materiais provenientes de RCD cumprem as condições relativas a RCD selecionados constantes da nota à Tabela n.º 1, da Parte B, do Anexo IV, do Decreto-Lei n.º 183/2009, não é necessário avaliar a libertação de substâncias perigosas
- Diâmetro Nominal do tubo
- Os valores de D e de DN foram adaptados de FprEN 1610

QUADRO 3

Campo de aplicação dos materiais PSA1, PSA2, PIA e CE/LA em preenchimento de valas

Categoria	Classe	Aplicação		
		Sob pavimentos de infraestruturas de transporte ¹	Sob passeios	Sob espaços verdes
PSA1	MR1	✓	✓	✓
PSA2	MR1, MR2 e MR3	✗	✓	✓
PIA		✓	✓	✓
CE/LA	MR3	✓	✓	✓

¹ Ou sob outras estruturas de engenharia que pelas suas características e exigências de operação não possam ser condicionadas pela instalação da vala

QUADRO 4

Exigências de compactação dos materiais
no preenchimento de valas

Parâmetro	Categoria		
	CE/LA	PIA/PSA2	PSA1
q3	x	x	✓
q4	✓	✓	x
q5 ¹	✓	x	x

1 O domínio de aplicação de q5 está limitado à camada envolvente do tubo em valas cuja altura de recobrimento é igual ou superior a 1,30 m, em caso de grande densidade de tubagens ou em caso de dificuldades de execução particulares, desde que q4 não seja exigido

q3 $p_{20} \geq 98,5\%$, $p_{10} \geq 96\%$

q4 $p_{20} \geq 95\%$, $p_{10} \geq 92\%$

q5 $p_{20} \geq 90\%$, $p_{10} \geq 87\%$

p_{20} massa volúmica seca média da camada

p_{10} massa volúmica seca da camada de base

p_{max} massa volúmica seca máxima do ensaio Proctor normal

O material colocado diretamente acima do tubo deve ser, preferencialmente, compactado por meios manuais. A espessura da camada de recobrimento acima da geratriz superior do tubo, necessária para se poder iniciar a compactação com meios mecânicos, depende do equipamento usado, mas nunca deve ser inferior a 300 mm. A escolha do equipamento de compactação, o número de passagens e a espessura das camadas de compactação devem ter em linha de conta o material a compactar e o tubo a instalar.

Antes de se iniciar o preenchimento da vala deverá proceder-se, sempre que possível, à execução de um trecho experimental para otimizar os procedimentos de colocação e de compactação dos materiais.

O material do fundo da vala não deve ser, por regra, remexido, exceto se tiver fraca capacidade resistente para suportar o material da camada de apoio do tubo. Se for remexido, a sua capacidade resistente original deve ser restabelecida por qualquer método adequado.

Durante os trabalhos, as valas devem ser mantidas isentas de água, nomeadamente águas pluviais ou subterrâneas, e os meios empregues na extração da água não devem afetar o tubo nem a camada que o envolve.

A entivação que seja necessário usar para garantir a estabilidade da vala deve ser retirada de modo a que o tubo não seja deslocado nem danificado.

8 CONTROLO DA QUALIDADE

As propriedades dos materiais provenientes de resíduos de construção e demolição (RCD) apresentadas nos Quadros 1 e 2 devem ser verificadas pelo produtor ou utilizador por ensaios com a periodicidade mínima indicada no Quadro 5.

NOTA: A presente Especificação resulta de um estudo desenvolvido pelo LNEC, no âmbito de um contrato com a Agência Portuguesa do Ambiente, I.P.

A frequência mínima de ensaio poderá ser reduzida, nomeadamente se os cuidados colocados na triagem dos RCD o permitirem e se esta for evidenciada. Deve, no entanto, ser aumentada se a variação da composição dos RCD o justificar ou se os valores obtidos para as propriedades se encontrarem próximos dos limites fixados.

Deve-se proceder à realização de ensaios sobre os materiais e ao controlo do grau de compactação das camadas colocadas com a periodicidade mínima especificada nos Cadernos de Encargos ou em Planos de Garantia de Qualidade da Obra. Estas frequências de realização dos ensaios podem ser ajustadas por indicação da fiscalização ou do dono da obra, dependendo da variabilidade das características dos materiais aplicados.

QUADRO 5

Frequência mínima dos ensaios

Propriedade	Frequência ¹
Granulometria	1/2000 m ³
Constituintes	1/5000 m ³
Teor de finos	1/2000 m ³
Resistência à fragmentação	1/5000 m ³
Resistência ao desgaste	1/5000 m ³
Teor de sulfatos solúveis em água	1/2000 m ³
Libertação de substâncias perigosas	1/lote ²

- 1 Se o volume for inferior ao volume indicado, deve realizar-se pelo menos um ensaio.
2 Um lote corresponde a uma pilha de material homogéneo com as características de cada uma das categorias indicadas no Quadro 2

9 BIBLIOGRAFIA

- [1] Böhmer, S. *et al.* – "Aggregates case study". In: Umweltbundesamt (Ed.) Final Report referring to Contract n° 150787-2007 F1SC-AT "Aggregates Case Study – Data Gathering", UK, 2008.
- [2] SETRA/LCPC – "Remblayage des tranchées et réfection des chaussées", Guide technique, 1994.
- [3] SETRA – "Remblayage des tranchées et réfection des chaussées. Compléments au guide Sétra-LCPC de mai 1994". Note d'information, 2007.

Descritores: Valetas / Reutilização de materiais de construção / Detritos de obras / Demolição de obras / Reciclagem de materiais / Guia / Especificação
Descriptors: Trenches / Construction materials reuse / Construction waste / Demolition waste / Recycled materials / Guide / Specification