



LABORATÓRIO NACIONAL  
DE ENGENHARIA CIVIL

DEPARTAMENTO DE MATERIAIS  
Núcleo de Betões

Proc. 0202/11/17683

# **RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO**

## **Atividade desenvolvida no LNEC**

Plano de Investigação Programada do LNEC

Lisboa • setembro de 2012

**I&D MATERIAIS**

**RELATÓRIO 237/2012 – DM/NB**



# **RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO:**

## **ATIVIDADE DESENVOLVIDA NO LNEC**

### **RESUMO**

Este relatório sintetiza a atividade desenvolvida no LNEC visando contribuir para a aplicação dos materiais obtidos no processamento de resíduos de construção e demolição (RCD) no sector da construção, nomeadamente em betões e argamassas, em pavimentos rodoviários e em aterros e camadas de leito de infraestruturas de transporte.

Esta atividade abrange as áreas de investigação programada, de investigação por contrato e outras atividades científicas e técnicas das quais se destaca a preparação de especificações técnicas específicas para estes materiais, a difusão de conhecimentos através da realização de ações de formação, da elaboração de documentos e da participação em conferências e outras reuniões científicas e técnicas. Nesta atividade integra-se também a cooperação com entidades, nacionais e estrangeiras, designadamente com universidades e associações de carácter científico e técnico.

Sendo esta uma atividade transversal no LNEC o presente relatório integra o trabalho desenvolvido no Departamento de Materiais, no Departamento de Edifícios, no Departamento de Geotecnia e no Departamento de Transportes.



# **CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE**

## **ACTIVITY DEVELOPED IN LNEC**

### **ABSTRACT**

This report summarizes the activity developed in LNEC to contribute to the application of the materials obtained by processing of construction and demolition waste (C&DW) in the construction sector, particularly in concretes and mortars, road pavements and embankment and capping layers of transport infrastructures.

This activity covers the areas of planned research, research under contract and other scientific and technical activities amid which the preparation of technical specifications for the use of these materials, the dissemination of knowledge, through training activities, development of documents and participation in conferences and other scientific meetings. This activity also integrates cooperation with national and international organizations, including scientific associations and universities.

Since this is a transversal activity of LNEC the report presents the work developed in the Materials Department, Building Department, Geotechnique Department and Transportation Department.



# RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO: ATIVIDADE DESENVOLVIDA NO LNEC

## Índice

1	Reciclagem de RCD .....	1
2	Legislação .....	3
3	Especificações LNEC .....	4
3.1	LNEC E 471 - Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betão 4	
3.2	LNEC E 472 - Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central .....	5
3.3	LNEC E 473 - Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos.....	5
3.4	LNEC E 474 - Guia para a utilização de materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição em aterro e camada de leito de infraestruturas de transporte .....	5
4	Planos de Investigação Programada LNEC .....	6
4.1	Departamento de Edifícios.....	6
4.2	Departamento de Geotecnia.....	6
4.3	Departamento de Materiais.....	7
4.4	Departamento de Transportes .....	7
5	Participação em Projetos de Investigação .....	8
6	Participação em Comissões Técnicas Internacionais.....	10
6.1	RILEM TC 198 URM – Use of recycled materials in construction.....	10
6.2	RILEM TC 217 PRE – Progress of recycling in the built environment .....	10
7	Participação em Comissões Técnicas Nacionais .....	11
7.1	SPG CT-VROG – Comissão técnica para a valorização de resíduos em obras geotécnicas .....	11
8	Ações de Formação.....	11
9	Orientação Científica .....	13
9.1	Trabalhos de Pós-Doutoramento .....	13
9.2	Teses de Doutoramento .....	14
9.3	Dissertações de Mestrado .....	14

10	Publicações .....	16
10.1	Livros.....	16
10.2	Artigos em Revistas Internacionais.....	17
10.3	Artigos em Revistas Nacionais .....	17
10.4	Documentos Técnicos LNEC.....	18
10.5	Comunicações em Atas de Congressos Internacionais .....	19
10.6	Comunicações em Atas de Congressos Nacionais.....	20
11	Bibliografia.....	22



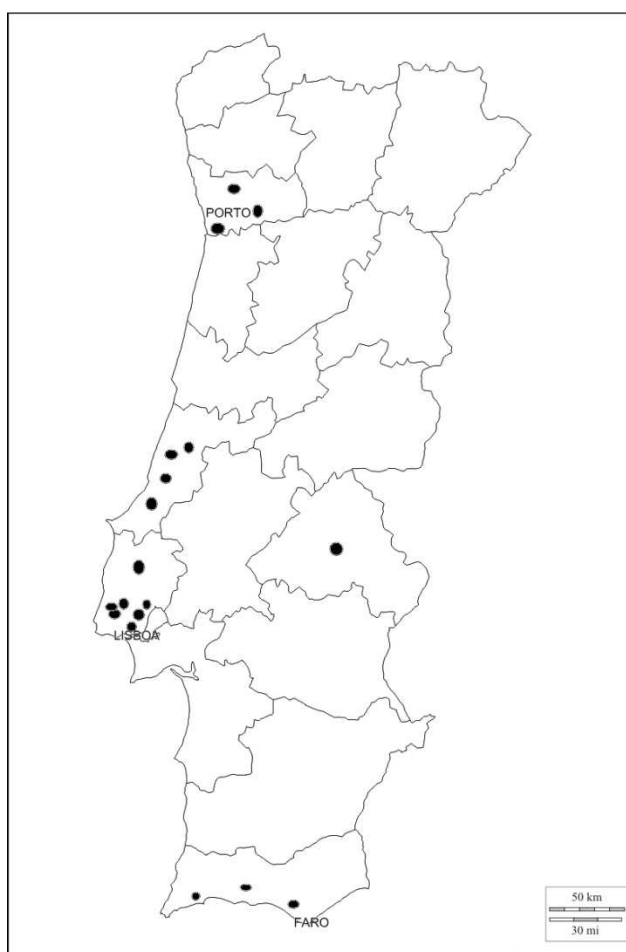
## Índice de Figuras

Figura 1 Instalações fixas para reciclagem da fração mineral de RCD (operação R5) ..	1
Figura 2 Produção de RCD por subcapítulo do capítulo 17.....	2
Figura 3 Infraestrutura de gestão de RCD na Área Metropolitana de Lisboa .....	3



# 1 Reciclagem de RCD

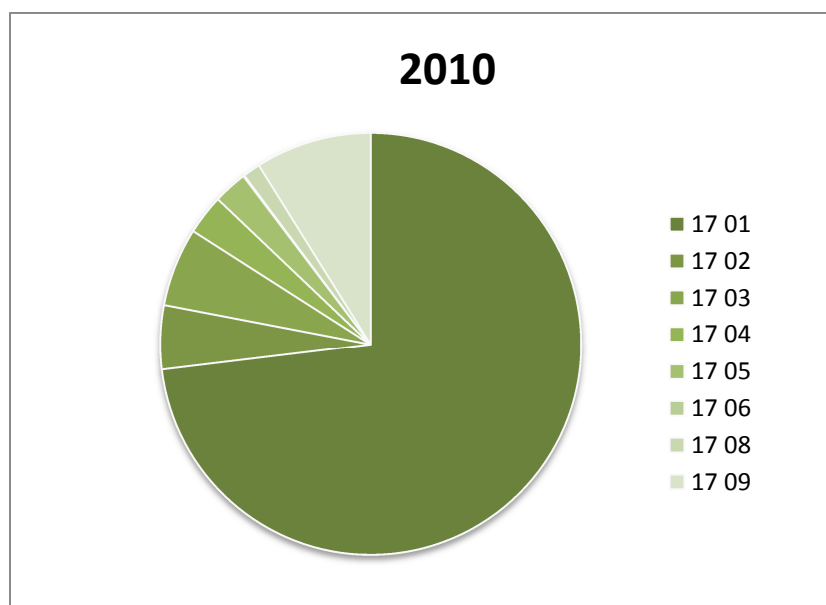
Em Portugal existem entre 15 a 20 instalações fixas de reciclagem, licenciadas pela Agência Portuguesa do Ambiente (APA), para a recuperação da fração mineral de RCD (operação de valorização R5 do Decreto-Lei 73/2011 [1]) e produção de materiais a serem utilizados no sector da construção. A maioria destas instalações de reciclagem está localizada nas áreas metropolitanas das principais cidades, em particular, Lisboa e Porto, conforme se pode observar no mapa de Portugal apresentado na Figura 1, que correspondem aos locais de maior atividade de construção. Relativamente às instalações de reciclagem móveis usadas na recuperação da fração mineral de RCD não há informação disponível sobre as mesmas.



**Figura 1** Instalações fixas para reciclagem da fração mineral de RCD (operação R5)

Os operadores de gestão de resíduos de construção e demolição, mais concretamente os detentores de instalações de reciclagem têm tido muita dificuldade em colocar no mercado os seus materiais reciclados. As principais barreiras à sua utilização são ditadas pela qualidade dos materiais reciclados, pela inexistência de uma oferta regular e uniforme dos mesmos, por aspetos económicos e ainda por preocupações ambientais.

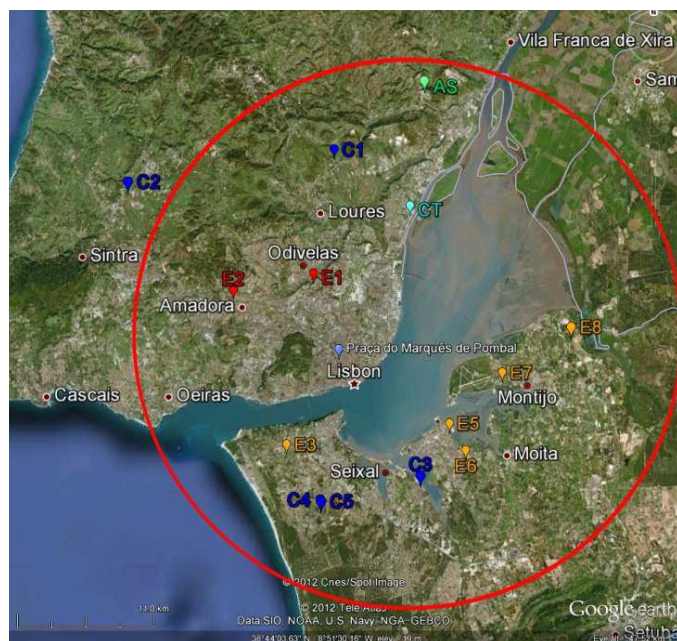
Em 2010, cerca de 73% dos RCD, registados no sistema eletrónico de registo de resíduos (SIRAPA), no capítulo 17 – Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados) – da Lista Europeia de Resíduos (LER) eram classificados no subcapítulo 17 01, que inclui resíduos de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos (Figura 2). A maior parte dos resíduos incluídos em 17 01 são registados como mistura, pelo que é importante proceder a uma melhor triagem tendo em vista a sua posterior valorização, que neste caso se situa em 14%. No sentido de atingir a meta de 70% definida para a reciclagem de RCD na Europa em 2020, é necessário adotar medidas que permitam aumentar a valorização deste fluxo.



**Figura 2** Produção de RCD por subcapítulo do capítulo 17:

- 17 01 Betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos
- 17 02 Madeira, vidro e plástico
- 17 03 Misturas betuminosas, alcatrão e produtos de alcatrão
- 17 04 Metais (incluindo ligas)
- 17 05 Solos (incluindo solos escavados de locais contaminados), rochas e lamas de dragagem
- 17 06 Materiais de isolamento e materiais de construção contendo amianto
- 17 08 Materiais de construção à base de gesso
- 17 09 Outros resíduos de construção e demolição

A proveniência dos resíduos de construção e demolição é bastante variável. Um estudo desenvolvido no LNEC evidenciou que na cidade de Lisboa a produção de RCD, estimada em 0,60 t/ha.ano em 2007, é principalmente devida a obras de remodelação e não a construções novas, em oposição ao que se observa nas cidades vizinhas, situando-se a infraestrutura de gestão de RCD localizada a uma distância máxima de 23 km a partir da Praça do Marquês de Pombal (Figura 3). De salientar a particular importância do fator distância, já que o custo associado ao transporte de RCD pode ser determinante no custo dos materiais reciclados e, conseqüentemente, na sua utilização em alternativa aos materiais naturais.



**Figura 3** Infraestrutura de gestão de RCD na Área Metropolitana de Lisboa: AS – Aterro sanitário; C – Central de valorização e/ou deposição de RCD; CT – Centro de tratamento de resíduos sólidos urbanos; E - Ecocentro

## 2 Legislação

A gestão de RCD rege-se pela legislação relativa ao regime geral de gestão de resíduos, Decreto-Lei n.º 178/2006 [2], alterado pelo Decreto-Lei n.º 73/2011 [1], e por legislação específica, Decreto-Lei n.º 46/2008 [3]. Este novo regime jurídico aponta para a prevenção da produção de RCD e da sua perigosidade, bem como para a triagem destes resíduos de forma a promover a sua reciclagem e outras formas de valorização, quer na fase de projeto quer na fase de execução em obra, diminuindo assim a quantidade a depositar em aterro. Para assegurar uma gestão adequada dos RCD, o projeto de execução de obras públicas é acompanhado de um Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição, PPG. De referir que o Decreto-Lei n.º 73/2011 [1] prevê, sempre que for tecnicamente viável, a obrigatoriedade do uso de pelo menos 5% de materiais reciclados na contratação de obras de construção e manutenção de infraestruturas no âmbito do Código dos Contratos Públicos, com vista a preservar os recursos naturais e a promover a valorização dos resíduos.

Conforme estabelecido no Decreto-Lei n.º 46/2008 [3], verificando-se a inexistência de normas portuguesas ou europeias relativas à utilização deste fluxo de resíduos, o uso da fração mineral de RCD em obras públicas e privadas está sujeito ao cumprimento dos requisitos estabelecidos pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) nas suas especificações E 471 [4], E 472 [5], E 473 [6] e E 474 [7], as quais dizem respeito à utilização de RCD como agregados grossos na produção de betão, como mistura betuminosa recuperada em misturas betuminosas recicladas a quente, como agregados para camadas não ligadas de camadas de sub-base e base de pavimentos

rodoviários e como material para aterro e camada de leito de infraestruturas de transporte, respetivamente.

### **3 Especificações LNEC**

Por solicitação do Instituto dos Resíduos, o LNEC elaborou um conjunto de documentos técnicos, que constituíssem guias para a aplicação de RCD, enquanto agregados reciclados, em diversos campos de aplicação.

As especificações LNEC relativas à utilização de RCD apresentam recomendações sobre as práticas a serem adotadas durante o processamento e armazenamento destes resíduos, bem como os requisitos mínimos para os materiais reciclados e respetivos campos de aplicação. Uma preocupação especial em relação à proteção do meio ambiente é evidenciada em todas estas especificações ao exigir a avaliação da libertação de substâncias perigosas, à semelhança do que sucede noutros Estados-Membros europeus [8]. Após uma versão inicial em 2006 estas especificações foram revistas em 2009.

#### **3.1 LNEC E 471 - Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betão**

A especificação LNEC E 471 classifica os agregados reciclados grossos no âmbito da norma portuguesa NP EN 12620 [9]. Os agregados reciclados grossos, contemplados nesta especificação, são agrupados em classes de acordo com a sua composição.

Em aplicações não estruturais, tais como nivelamento ou enchimento, não há limite para a substituição dos agregados reciclados grossos das diferentes classes, desde que usados em ambientes não agressivos.

Os agregados reciclados grossos constituídos maioritariamente por betão (>70%) podem ser utilizados em elementos de betão e em betão armado até à classe de resistência C40/50, em determinadas classes de exposição e até um máximo de substituição de 25%, de acordo com as condições expressas na Tabela 4 da especificação E 471.

A aplicação de agregados reciclados grossos, em condições diferentes das estabelecidas exige a realização de estudos específicos para avaliar a sua influência sobre as propriedades relevantes do betão.

De referir que não é previsto o uso de agregados reciclados grossos em betão em contacto com água para consumo humano e é excluída a utilização de agregados reciclados finos para a produção de betão.

### **3.2 LNEC E 472 - Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central**

Esta especificação estabelece recomendações e requisitos para a utilização de misturas betuminosas recuperadas no fabrico e aplicação de misturas betuminosas recicladas a quente em central. As misturas betuminosas recuperadas, alvo desta especificação, encontram-se abrangidas pela norma europeia EN 13108-8 [10] e 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.

As misturas betuminosas recuperadas são identificadas e classificadas de acordo com a presença de matéria estranha, a dimensão máxima das partículas do resíduo, a dimensão máxima das partículas do agregado, a percentagem de ligante betuminoso, e as características do ligante recuperado. Estas propriedades servem de base ao estabelecimento de campos de aplicação e às taxas máximas de incorporação nas misturas recicladas, sendo que estas podem também ser condicionadas por outros fatores como, por exemplo, o processo de fabrico.

### **3.3 LNEC E 473 - Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos**

A especificação LNEC E 473 fornece recomendações e estabelece requisitos para a utilização de agregados reciclados, abrangidos pelas normas NP EN 13242 [11] e EN 13285 [12], em camadas não ligadas (base e sub-base) de pavimentos rodoviários. Estes agregados reciclados podem ser constituídos por betões britados, agregados provenientes de camadas de pavimento não ligadas, alvenarias e misturas betuminosas.

Os agregados reciclados alvo desta especificação são classificados em categorias, em função dos constituintes, e podem ser aplicados em camadas de base e de sub-base, dependendo dos requisitos que satisfazem, sendo por vezes necessária a sua mistura com agregados naturais, tendo em vista a sua correção granulométrica ou a obtenção de misturas que obedeçam aos restantes requisitos mínimos exigidos.

### **3.4 LNEC E 474 - Guia para a utilização de materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição em aterro e camada de leito de infraestruturas de transporte**

Esta especificação estabelece recomendações e requisitos mínimos para utilização de materiais reciclados provenientes de RCD em aterros e camadas de leito de infraestruturas de transporte, nomeadamente rodoviárias, aeroportuárias e ferroviárias. De acordo com a proporção dos constituintes, os materiais reciclados são agrupados em classes e, segundo as características geotécnicas, são distribuídos em categorias.

A aplicação destes materiais em aterro ou camada de leito pode exigir a sua mistura com agregados naturais, tendo em vista a sua correção granulométrica, ou a obtenção de misturas que satisfaçam os restantes parâmetros requeridos.

A mistura de materiais reciclados de RCD com ligantes hidráulicos ou outros obriga à realização de estudos que comprovem a sua adequação à aplicação prevista.

## **4 Planos de Investigação Programada LNEC**

No LNEC têm-se realizado estudos de investigação que visam contribuir para o conhecimento relativo à utilização de materiais reciclados provenientes de RCD em diversos campos de aplicação. Neste âmbito salientam-se os Planos de Investigação Programada (PIP) do LNEC.

Apresenta-se a seguir uma breve descrição de projetos envolvendo RCD e integrados nos PIP, em curso ou já concluídos, desenvolvidos nos Departamentos de Edifícios, Geotecnia, Materiais e Transportes.

### **4.1 Departamento de Edifícios**

No âmbito dos projetos de investigação *Tecnologia e desempenho de revestimentos na construção* (PIP 2005-2008) e *Desempenho e durabilidade de revestimentos na construção* (PIP 2009-2012), tem sido estudada a viabilidade de incorporação de resíduos da construção e, no geral, de indústrias ligadas à construção, em argamassas para revestimento de paredes, quer como substituição de parte da areia, quer como aditivo, quer ainda como meio de reduzir o teor de ligante.

Os estudos visaram avaliar os impactos dessas incorporações nas características das argamassas relevantes para as funções de revestimento de paredes e identificar teores ótimos de incorporação. Procurou-se aproveitar a reatividade pozolânica de alguns resíduos (por ex. resíduos cerâmicos finos), o efeito fíler e o teor de cimento não hidratado (por ex. nos resíduos de demolição de betão).

### **4.2 Departamento de Geotecnia**

Nos projetos de investigação *Valorização de resíduos em obras geotécnicas* (PIP 2005-2008) e *Contaminação de terrenos e valorização geotécnica de resíduos* (PIP 2009-2012) têm sido estudados diferentes tipos de resíduos, tendo em vista a sua reciclagem em obras geotécnicas e em infraestruturas de transporte. Foram estudados finos produzidos em pedreiras de granito, finos produzidos no corte e polimento de pedreiras de mármore, finos de estações de tratamento de água de abastecimento público, escórias de aciaria de forno de arco elétrico (FAE) e resíduos de construção e demolição. As propriedades ambientais e mecânicas dos resíduos foram avaliadas em laboratório e em trechos experimentais (neste caso apenas os finos produzidos em pedreiras de granito, as escórias de aciaria de FAE e os RCD).



### **4.3 Departamento de Materiais**

Na área dos materiais de construção a utilização de materiais reciclados provenientes de RCD em betão tem sido objeto de investigação nos projetos de investigação do PIP *Betões e argamassas com incorporação de resíduos* (PIP 2005-2008) e *Valorização de resíduos em matrizes cimentícias* (PIP 2009-2012) relativos a betões com incorporação de RCD. De referir que estes projetos têm uma abrangência mais vasta no que se refere ao tipo de resíduos, dos quais se destacam as cinzas provenientes de resíduos sólidos urbanos e as cinzas de fundo de centrais térmicas.

Nestes estudos foram produzidos betões com substituição total de agregados naturais grossos por agregados reciclados grossos de betão, com diferentes quantidades de ligante, e verificou-se o seu desempenho relativamente a betões de referência, com agregados naturais, nomeadamente no que respeita à resistência à compressão e a propriedades que influenciam a durabilidade, nomeadamente a absorção de água, a permeabilidade ao oxigénio e a resistência à penetração de cloretos. Foi também estudado o efeito da incorporação de diferentes percentagens de agregado reciclado grosso de betão relativamente à resistência à compressão e à flexão, ao módulo de elasticidade, à fluência, à retração, à porosidade e à absorção de água, em betões com a mesma dosagem de ligante.

Para agregados reciclados finos de betão produziram-se argamassas com substituição de agregados naturais finos até 100% e avaliou-se a sua influência na resistência à compressão e à flexão e no módulo de elasticidade.

No que respeita ao desempenho de RCD sob o ponto de vista ambiental, foi analisada a libertação de substâncias perigosas em ensaios de lixiviação sobre RCD de diferentes origens, nomeadamente resíduos de betão, resíduos de alvenaria e resíduos de misturas betuminosas.

Na área dos resíduos cerâmicos foi estudada a viabilidade da substituição da totalidade dos agregados naturais por resíduos de ladrilhos cerâmicos, em blocos prefabricados de betão para pavimentos.

### **4.4 Departamento de Transportes**

Na área dos transportes, o projeto de investigação *Incorporação de materiais reciclados como agregados na construção rodoviária* (PIP 2009-2012) tem como objetivo contribuir para a sustentabilidade da construção rodoviária e para a minimização dos impactes de outras indústrias através da redução do consumo de agregados naturais e da redução da deposição de materiais em aterro. Para o efeito, o programa de trabalhos estabelecido compreende o estudo de metodologias de avaliação do comportamento dos materiais reciclados e a sua comparação com os materiais naturais, a determinação dos parâmetros a utilizar no dimensionamento de pavimentos e o estudo de aspetos construtivos.

O projeto *Misturas betuminosas: Desempenho ao longo do ciclo de vida* (PIP 2009-2012) tem como principal objetivo contribuir para a otimização do desempenho de misturas betuminosas aplicadas em pavimentos ao longo do seu ciclo

de vida, quer do ponto de vista estrutural, quer do ponto de vista ambiental. Por forma a concretizar estes objetivos, em particular no que respeita aos aspetos ambientais, o projeto compreende estudos sobre diversas técnicas de reciclagem de misturas betuminosas recuperadas de pavimentos antigos degradados, como sejam a reciclagem em central a quente e a temperatura (semi-) temperada.

Além dos estudos de investigação o LNEC tem realizado ensaios que visam a utilização de RCD de acordo com as especificações LNEC E 471, E 472, E 473 e E 474 por solicitação do meio técnico nacional.

## **5 Participação em Projetos de Investigação**

*Projeto:* POCTI/ECM/60875/2004, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

*Título:* REPARE – Reabilitação de pavimentos rodoviários através de reciclagem a quente.

*Participantes:* LNEC (DT), FCT/UC e CEC/UM.

*Período:* 2005-2008.

*Objetivo:* Este projeto teve como objetivo geral promover o desenvolvimento sustentado das obras rodoviárias, através do aumento da utilização de materiais fresados de pavimentos degradados (misturas betuminosas recuperadas) no fabrico de novas misturas betuminosas, em particular, através da reciclagem a quente em central. O programa de trabalhos estabelecido para o projeto teve como objetivo específico o estudo do desempenho de misturas recicladas a quente em central, tendo em atenção as características dos materiais que as constituem, e a elaboração de recomendações relativas à sua utilização.

*Projeto:* Projeto financiado pelo 7º Programa Quadro da U.E. (FP7/2007-2013) de acordo com a convenção de subvenção n.º 218656.

*Título:* DIRECT-MAT – Dismantling and recycling techniques for road materials.

*Participantes:* 20 parceiros de 15 estados membros, incluindo o LNEC (DT).

*Período:* 2009-2011.

*Objetivo:* Este projeto teve como principal objetivo promover a utilização de materiais reciclados na construção rodoviária através da disponibilização de informações sobre a sua aplicação em obras de pavimentação, e elaboração de manuais de boas práticas. No seu âmbito é contemplada a demolição e a reciclagem, ou a eliminação em segurança, de materiais de pavimentação não ligados, ligados com cimento ou misturas betuminosas, assim como outros materiais, de utilização menos habitual, tais

como partículas de pneus, sedimentos de valetas, subprodutos industriais e geossintéticos.

*Projeto:* Projeto financiado pelo 7º Programa Quadro da U.E. (FP7/2007-2013) de acordo com a convenção de subvenção n.º 218747.

*Título:* RE-ROAD – End of life strategies of asphalt pavements.

*Participantes:* 18 parceiros dos estados membros, incluindo o LNEC (DT).

*Período:* 2009-2012.

*Objetivo:* Este projeto tem como principal objetivo promover o incremento da reciclagem de misturas betuminosas, através de uma abordagem holística, visando todos os aspetos desta reciclagem, desde a remoção das misturas dos pavimentos degradados até à sua reintrodução nas centrais de fabrico, por forma a otimizar a recuperação das misturas e o desempenho do produto final.

*Projeto:* PTDC/ECM/100931/2008, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

*Título:* SUPREMA – Aplicação sustentável de resíduos de construção e demolição (RCD) em infraestruturas rodoviárias.

*Participantes:* LNEC (DT/DG/DM) e IST, com o apoio da Ambigroup.

*Período:* 2010-2013.

*Objetivo:* Este projeto que pretende contribuir para a aplicação sustentável de RCD como agregados em camadas não ligadas de pavimentos rodoviários apresenta como principais objetivos: a avaliação das características geomecânicas e geoambientais de diferentes tipos de RCD – betão britado, betão britado misto (alvenaria e betão), mistura betuminosa fresada e mistura betuminosa britada; a análise do comportamento dos RCD enquanto materiais granulares não ligados e sua comparação com o comportamento apresentado pelos materiais granulares naturais; a determinação dos parâmetros a utilizar no dimensionamento de pavimentos, considerando a aplicação dos RCD; o estudo dos aspetos construtivos a desenvolver e aplicar, função do tipo dos RCD, para camadas não ligadas de base e de sub-base e de leito de pavimento.

Neste projeto foi prevista uma extensa caracterização laboratorial geométrica, física, mecânica e ambiental dos RCD e dos agregados naturais, previamente selecionados, e a construção de trechos experimentais à escala real, instrumentados com extensómetros, células de carga e lisímetros.

*Projeto:* PTDC/ECM/119179/2010, financiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

*Título:* PLASTIROADS - Desenvolvimento de materiais multifuncionais com resíduos plásticos para pavimentação de estradas.

*Participantes:* CEC/UM e LNEC (DT).

*Período:* 2012-2015.

*Objetivo:* Este projeto pretende promover a utilização de plásticos reciclados em misturas betuminosas multifuncionais, por forma a melhorar o seu desempenho estrutural e funcional e a durabilidade do pavimento. O projeto compreende o estudo da utilização de resíduos plásticos como modificadores de ligantes betuminosos (polietileno, PE) ou como agregados em misturas betuminosas (PE reticulado, PEX), de modo a melhorar determinadas propriedades de desempenho (durabilidade) e características funcionais (redução do ruído e aderência) dos pavimentos.

## **6 Participação em Comissões Técnicas Internacionais**

### **6.1 RILEM TC 198 URM – Use of recycled materials in construction**

Tendo em consideração as elevadas quantidades de resíduos produzidos no sector da construção, a comissão técnica TC 198 desenvolveu a sua atividade na divulgação de projetos de reutilização e reciclagem de RCD que privilegiassem o ciclo de vida dos materiais. Neste âmbito promoveu a conferência *International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures*, que decorreu na Universidade Politécnica da Catalunha em 2004, tendo sido publicado em 2005 o *Report 030: Use of Recycled Materials*.

### **6.2 RILEM TC 217 PRE – Progress of recycling in the built environment**

A atividade desta comissão técnica centrou-se na elaboração de uma publicação, intitulada *Progress of Recycling in the Built Environment*, cujos principais objetivos foram disseminar os progressos na reciclagem de betão e de alvenaria desde 2005, os avanços na aplicação da fração fina de RCD, os problemas e soluções associados à garantia da qualidade dos agregados reciclados, a recolha de dados sobre a reciclagem de RCD em diversos países e os requisitos exigidos aos agregados reciclados por forma a poder fechar o ciclo de vida destes materiais. A informação apresentada pretende servir como suporte para a implementação efetiva da reciclagem deste fluxo de resíduos.

Na divulgação da atividade desenvolvida os membros da comissão promoveram o simpósio *C&DW as Building Material*, na Universidade de São Paulo em 2008, e a conferência *2nd International RILEM Conference on Progress of Recycling in the Built Environment*, também na Universidade de São Paulo em 2009.

## 7 Participação em Comissões Técnicas Nacionais

### 7.1 SPG CT-VROG – Comissão técnica para a valorização de resíduos em obras geotécnicas

A Comissão Técnica para a Valorização de Resíduos em Obras Geotécnicas (CT-VROG) da Sociedade Portuguesa de Geotecnia (SPG) foi criada em 2003 com o objetivo de fomentar a aquisição e divulgação de conhecimentos na área da geotecnia de resíduos; promover a adoção de políticas de construção geotécnica sustentável; envolver em rede os associados da SPG e estes interagirem com intervenientes externos; e potenciar a elaboração de projetos de inovação.

Entre as principais ações da CT-VROG destacam-se a elaboração de uma publicação com os principais conhecimentos e experiências existentes a nível nacional e internacional sobre a utilização de resíduos em obras geotécnicas (Título: *Valorização de Resíduos em Obras Geotécnicas. Caracterização e Medidas para o Desenvolvimento do Sector*), com lançamento previsto para maio de 2013, a realização de Seminários e Conferências, e a condução de um inquérito sobre o estado atual da valorização dos resíduos em obras geotécnicas em Portugal.

No quadriénio abril 2008 - abril 2012, a CT-VROG foi constituída por 26 membros, em representação da administração pública central, de associações profissionais, de empresas produtoras de resíduos, de empresas utilizadoras de resíduos, de laboratórios do estado e de universidades. Os seus membros fazem parte de diferentes Grupos de Trabalho criados no seio da CT-VROG para a elaboração dos capítulos da publicação acima mencionada.

## 8 Ações de Formação

Coordenação e Docência no curso FUNDEC sobre *Materiais tratados e reciclados em infraestruturas de transportes*, IST/UTL, 29 e 30 de novembro de 2007 (1ª Edição) e 15 e 16 de dezembro de 2008 (2ª edição), nos seguintes módulos:

Batista, F. A. – *Utilização de materiais reciclados em misturas betuminosas*. Documentos de apoio ao curso *Materiais tratados e reciclados em infraestruturas de transportes*, IST/UTL, Lisboa, 45 diapositivos (1ª edição) e 39 diapositivos (2ª edição).

Batista, F. A. – *Reciclagem a quente em central*. Documentos de apoio ao curso *Materiais tratados e reciclados em infraestruturas de transportes*, IST/UTL, Lisboa, 43 diapositivos (1ª edição) e 47 diapositivos (2ª edição).

Coordenação e Docência no curso FUNDEC sobre *Utilização de agregados reciclados em infraestruturas de transportes*, IST/UTL, 26 de junho de 2009 (1ª Edição) e 6 de

maio de 2011 (2ª edição), nos temas *Enquadramento normativo e Metodologias de aplicação e controlo*:

Freire, A. C. – *Metodologias de aplicação e controlo*. Documentos de apoio ao curso *Utilização de agregados reciclados em infraestruturas de transportes*, IST/UTL, Lisboa; junho de 2009, 26 diapositivos.

Freire, A. C. – *Enquadramento normativo dos RCD*. Documentos de apoio ao curso *Utilização de agregados reciclados em infraestruturas de transportes*, IST/UTL, Lisboa; junho de 2009 (1ª edição) e junho de 2011 (2ª edição), 53 diapositivos.

Coordenação e Docência na ação de formação *Novos ensaios para caracterização laboratorial de agregados e misturas betuminosas*, LNEC, abril de 2009 (1ª edição) e fevereiro 2010 (2ª edição):

Freire, A. C. – *Agregados – Principais características exigidas – Especificações de produto em vigor*. Documentos de apoio à ação de formação *Novos ensaios para caracterização laboratorial de agregados e misturas betuminosas*, LNEC, Lisboa, 67 diapositivos.

Batista, F. A. – *Misturas betuminosas – Principais tipos de materiais e de aplicações*. Documento de apoio à ação de formação *Novos ensaios para caracterização laboratorial de agregados e misturas betuminosas*, LNEC, Lisboa, 84 diapositivos.

Docência no curso FUNDEC sobre *Utilização de agregados reciclados em infraestruturas de transportes*, IST/UTL, Lisboa, 26 de junho de 2009 (1ª Edição) e 6 de maio de 2011 (2ª edição):

Roque, A. J. – *Avaliação da perigosidade ambiental dos resíduos*, 31 diapositivos (1ª edição).

Roque, A. J. – *Aplicação de agregados secundários em infraestruturas de transporte. Casos de estudo (1)*, 25 diapositivos (1ª edição).

Roque, A. J. – *Avaliação da perigosidade ambiental dos RCD*, 20 diapositivos (2ª edição).

Docência no curso FUNDEC sobre *Geotecnia ambiental*, IST/UTL, Lisboa, 14-16 de março de 2011:

Roque, A. J. – *Caraterização e classificação de resíduos*, 51 diapositivos.

Roque, A. J. – *Valorização de resíduos – Aplicações e casos de obra*, 63 diapositivos.

## 9 Orientação Científica

Na área de utilização de RCD o LNEC tem também desempenhado um papel importante na orientação ou coorientação de trabalhos científicos de universidades portuguesas e estrangeiras.

### 9.1 Trabalhos de Pós-Doutoramento

*Título:* Gestão de resíduos de construção e demolição: Estudo comparativo Brasil-Portugal.

*Pós-doutorado:* Prof. Aluísio Braz Melo (Universidade Federal da Paraíba)

*Orientador/Coorientador:* Eng.º Arlindo Gonçalves (LNEC)

*Objetivo:* Estudo comparativo entre a gestão dos resíduos de construção e demolição implementada no Brasil e em Portugal tendo como base duas cidades, Recife e Lisboa, respetivamente. O estudo realizado em Lisboa teve como universo de pesquisa a Região Metropolitana de Lisboa, o que implicou adicionalmente a análise comparativa entre a situação ambiental dos RCD na Grande Lisboa e na Península de Setúbal.

A metodologia adotada incluiu as seguintes etapas: identificação dos agentes envolvidos na geração, transporte e receção dos RCD; elaboração de estimativas para a geração de RCD; caracterização de RCD e identificação das ações implementadas para a gestão do RCD. Para as estimativas de geração de RCD foram utilizados basicamente dados sobre a atividade construtiva e a movimentação de cargas de RCD.

*Título:* Avaliação da qualidade de tubagem de polietileno de alta densidade incorporando material reciclado (em curso).

*Pós-doutorado:* Dr.ª Magda Maria Branquinho de Oliveira

*Orientador/Coorientador:* Eng.º Luís Eduardo Pimentel Real (LNEC)

*Objetivo:* A utilização de tubos de polietileno (PE) incorporando polietileno reciclado, proveniente de resíduos urbanos e de tubos em fim de vida, carece de uma avaliação da sua qualidade e da otimização das formulações, de modo a assegurar propriedades adequadas e a durabilidade necessária à sua utilização em sistemas de drenagem e esgotos, sem pressão e encapsulamento de cabos de telecomunicação. Neste estudo foram usados vários métodos instrumentais de análise para caracterização das propriedades térmicas, físicas e químicas de matérias-primas, compostos e produtos acabados e feita uma caracterização que permite comparar as suas propriedades com as preconizadas pela normalização europeia para tubos sem polímero reciclado, usados nas mesmas aplicações.

## **9.2 Teses de Doutoramento**

*Título:* Caracterização e formulação de misturas betuminosas recicladas temperadas em central.

*Doutorando:* Marisa Dinis de Almeida

*Orientador/Coorientador:* Eng.<sup>a</sup> Maria de Lurdes Antunes (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Universidade da Beira Interior (UBI)

*Título:* Regeneração de betumes no âmbito da reciclagem a quente em central (em curso).

*Doutorando:* Margarida da Fonseca Macedo Sá da Costa Guimarães

*Orientador/Coorientador:* Eng.<sup>a</sup> Maria Isabel Zeferino Eusébio de Oliveira Marques (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Instituto Superior Técnico (IST)

*Título:* Sistemas de gestão sustentável de resíduos na construção, a escalas multimunicipais e regionais (em curso).

*Doutorando:* Francisco José Freire Lucas

*Orientador/Coorientador:* Eng.<sup>o</sup> António José Roque (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Universidade da Beira Interior (UBI)

## **9.3 Dissertações de Mestrado**

*Título:* Contribuição para o estudo do comportamento mecânico de resíduos de construção e demolição aplicados em estradas de baixo tráfego.

*Mestrando:* Rosa Pestana

*Orientador/Coorientador:* Eng.<sup>a</sup> Ana Cristina Freire (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Instituto Superior Técnico (IST)

*Título:* Aplicação de resíduos de construção e demolição (RCD) em camadas de sub-base não ligadas de estradas de baixo tráfego.

*Mestrando:* José Bolarinho Ferreira

*Orientador/Coorientador:* Eng.<sup>a</sup> Ana Cristina Freire (LNEC)



*Instituição que confere o Grau:* Instituto Superior Técnico (IST)

*Título:* Guia para a utilização de resíduos de construção e demolição em vias municipais e rurais e em valas (em curso).

*Mestrando:* Mafalda Rodrigues

*Orientador/Coorientador:* Eng.º António José Roque (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Universidade do Minho (UM)

*Título:* Incorporação de resíduos de barro vermelho em argamassas cimentícias.

*Mestrando:* João Ricardo Marques Conde da Silva

*Orientador/Coorientador:* Eng.ª Maria do Rosário Veiga (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Instituto Superior Técnico (IST)

*Título:* Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos provenientes da trituração do betão. Integração de RCD.

*Mestrando:* Catarina Jesus Freire Neto

*Orientador/Coorientador:* Eng.ª Maria do Rosário Veiga (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Instituto Superior Técnico (IST)

*Título:* Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos provenientes da trituração do betão. Efeitos fíler e pozolânico.

*Mestrando:* Mariana da Costa Braga

*Orientador/Coorientador:* Eng.ª Maria do Rosário Veiga (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Instituto Superior Técnico (IST)

*Título:* Estudo da viabilidade de aplicação de resíduos de construção e demolição (RCD) em obras de infraestruturas de transportes – O caso da aplicação em misturas betuminosas (em curso).

*Mestrando:* Pedro Vargas

*Orientador/Coorientador:* Eng.ª Ana Cristina Freire (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Instituto Superior Técnico (IST)

*Título:* Reciclagem do ASIC e de RCD na camada de drenagem dos aterros de resíduos. Avaliação da suscetibilidade à degradação (em curso).

*Mestrando:* Gonçalo Manuel de Sousa Rodrigues

*Orientador/Coorientador:* Eng.º António José Roque (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Universidade Nova de Lisboa (UNL)

*Título:* Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos de vidro. Efeito de fíler e pozolânico (em curso).

*Mestrando:* Renata Borges Oliveira

*Orientador/Coorientador:* Eng.ª Maria do Rosário Veiga (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Instituto Superior Técnico (IST)

*Título:* Desempenho de argamassas com incorporação de agregados finos de vidro. Reciclagem de agregados e reação álcalis-sílica (em curso).

*Mestrando:* Paulo Medeiros Penacho

*Orientador/Coorientador:* Eng.ª Maria do Rosário Veiga e Dr. António Santos Silva (LNEC)

*Instituição que confere o Grau:* Instituto Superior Técnico (IST)

## **10 Publicações**

### **10.1 Livros**

*Título:* Use of recycled materials – Final Report of RILEM TC 198-URM, (2005)

*Edição:* Ch. F. Hendriks, G.M.T. Janssen and E. Vázquez.

*Coautor:* Eng.º Arlindo Gonçalves (LNEC)

*Capítulos:* 1 - Overview regarding construction and demolition waste.

4 - Recycled aggregate in concrete.

5 - Recycled asphalt pavement.

*Título:* Progress of recycling in the built environment – Final Report of RILEM TC 217-PRE, (2012), in press.

*Coautor:* Eng.<sup>a</sup> Isabel Martins (LNEC)

Capítulos: 3 - Overview regarding construction and demolition waste in several countries.

5 – Use of fine fraction.

## **10.2 Artigos em Revistas Internacionais**

Silva, J.; Brito, J. de; Veiga, M. R. (2008). Partial replacement of cement with fine ceramics in rendering mortars. *Materials and Structures*, 41(8), pp. 1333-1344.

Silva, J.; Brito, J. de; Veiga, M. R. (2009). Incorporation of fine ceramics in mortars. *Construction and Building Materials* 23 (1), pp. 556-564.

Silva, J., de Brito, J., Veiga, R. (2010). Recycled red-clay ceramic construction and demolition waste for mortars production. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 22(3), pp. 236-244.

De Melo, A. B., Gonçalves, A. F., Martins, I. M. (2011). Construction and demolition waste generation and management in Lisbon (Portugal). *Resources, Conservation and Recycling*, 55(12), pp.1252-1264.

Braga, M.; Brito, J. de; Veiga, M. R. (2012). Incorporation of fine concrete aggregates in mortars. *Accepted for publication in Construction and Building Materials*.

## **10.3 Artigos em Revistas Nacionais**

Silva, J.; Brito, J. de; Veiga, M. R. (2006). RCD cerâmicos. Reutilização em argamassas. *Engenharia e Vida*. Nº 23, Ano III, abril 2006. pp. 48-56.

Silva, J.; Brito, J. de; Veiga, M. R. (2006). Incorporação de finos cerâmicos em argamassas. *Betão*, n.º 16, Associação Portuguesa das Empresas de Betão Pronto, Lisboa, maio de 2006, pp. 31-39.

Silva, J.; Brito, J. de; Veiga, M. R. (2006). Reciclagem de RCD para aplicação em argamassas, *Indústria e Ambiente*, nº 42, 3º trimestre 2006. pp. 28- 30.

Silva, J.; Brito, J. de; Veiga, M. R. (2006). Pozolanidade do pó de tijolo, uma propriedade a potenciar. *Pedra & Cal*, Ano VIII, nº 32, out./nov./dez. de 2006. pp. 7-10.

Silva, J.; Brito, J. de; Veiga, M. R. (2007). Reciclagem de cerâmica de barro vermelho para incorporação em argamassas. *Kéramica*, Ano XXXII, Nº 282, Coimbra, janeiro/fevereiro 2007, pp. 38-47.

Silva, J.; Brito, J. de; Veiga, M. R. (2007). Avaliação do comportamento à água de argamassas com incorporação de agregados cerâmicos. *Engenharia Civil*, n.º28, *Escola de Engenharia da Universidade do Minho, Guimarães, janeiro de 2007*, pp. 37-45.

Silva, J.; Brito, J. de; Veiga, M. R. (2007). Substituição de cimento por finos cerâmicos em argamassas. *Construção Magazine*, Nº 20, 2º trimestre 2007, pp. 76-80.

Roque, A. J. (2010). Contribuições para promover a construção sustentável. Valorização de Resíduos, Nº 16, *Centro para a Valorização de Resíduos, Guimarães, dezembro de 2010*, pp. 27-32.

Braga, M.; Brito, J. de; Veiga, R. (2011). Redução do teor de cimento em argamassas com agregados finos de betão incorporados. *Engª Civil*, 41, setembro de 2011, pp. 5-20.

Freire, A. C.; Neves, J. M.; Roque, A. J.; Martins, I. M.; Antunes, M. L.; Faria, G. (2011). Aplicação de agregados reciclados em estradas. *Ambinews, Revista de Informação de Ambiente nº 20*.

#### **10.4 Documentos Técnicos LNEC**

Esteves, A. M.; Martins, I.; Coelho, S. (2005). Caracterização química de resíduos de betão e resíduos cerâmicos. *Relatório 316/05 –NB, LNEC, outubro 2005*.

Esteves, A. M.; Martins, I.; Coelho, S. (2006). Caracterização química de resíduos de construção e demolição. *Relatório 50/2006 – NB, LNEC, fevereiro 2006*.

Fortunato, E.; Pardo de Santayana, F.; Roque, A.J. (2006). Current state of the re-use of waste materials in geotechnical works in Portugal. *ITG 26, Informações Científicas e Técnicas de Geotecnia, LNEC*.

Esteves, A. M.; Martins, I.; Coelho, S. (2007). Avaliação do comportamento à lixiviação de resíduos de construção e demolição. *Relatório 47/2007 – NB, LNEC, fevereiro 2007*.

Martins, I.; Gonçalves, A. (2008). Incorporação de resíduos cerâmicos em blocos prefabricados de betão para pavimentação. *Relatório 290/2008 – NB, LNEC, julho de 2008*.

*Especificação LNEC E 471 (2009)*. Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos. LNEC, Lisboa.

*Especificação LNEC E 472 (2009)*. Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central. LNEC, Lisboa.

*Especificação LNEC E 473 (2009)*. Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos. LNEC, Lisboa.

*Especificação LNEC E 474 (2009)*. Guia para a utilização de materiais reciclados provenientes de resíduos de construção e demolição em aterro e camada de leito de infraestruturas de transporte. LNEC, Lisboa.

Antunes, M.L.; Batista, F.A. (2009). Dismantling of asphalt and recycling road materials in asphalt layers – Literature review – Portugal. Projeto DIRECT-MAT, WP 4 – Asphalt, LNEC, *Relatório Proc. 702/17/16857, novembro de 2009*.

De Melo A. B. (2009). Gestão de resíduos de construção e demolição: Estudo comparativo Brasil-Portugal. *Relatório 71/2010 – NB, LNEC, março de 2010*.

Batista, F.A.; Antunes, M.L. (2010). Application of hot mix asphalt with 35 % - 40 % reclaimed asphalt in the rehabilitation of the pavement of the national road EN 105 between Travagem and Santo Tirso (Portugal). *Projeto DIRECT-MAT, WP 4 – Asphalt, field and laboratory case study, Coleção LNEC Não Seriadados*.

Batista, F.A.; Antunes, M.L. (2010). Application of hot mix asphalt with 20 % - 25 % reclaimed asphalt in the rehabilitation of the pavement of the motorway A1 between Pombal and Condeixa (Portugal). *Projeto DIRECT-MAT, WP 4 – Asphalt, field and laboratory case study, Coleção LNEC Não Seriadados*.

Freire, A. C.; Neves, J. M.; Roque, A. J.; Martins, I. M.; Antunes, M. L. e Faria, G. (2011). Suprema – Aplicação sustentável de resíduos de construção e demolição (RCD) em infraestruturas rodoviárias. *Relatório 202/2011 – NIRA, LNEC, junho 2011*.

## **10.5 Comunicações em Atas de Congressos Internacionais**

Gonçalves, A.; Esteves, A. M.; Vieira M. (2004). Influence of recycled concrete aggregates on concrete durability. *International RILEM Conference on the Use of Recycled Materials in Buildings and Structures*, 8 a 11 de novembro 2004, Barcelona – Espanha.

Martins, I. M; Gonçalves, A. (2008). Portuguese legislation for CDW management. *Conferência CDW as Building Material* (orador convidado), abril de 2008, S. Paulo – Brasil.

Esteves, A. M.; Martins, I.; Coelho, S. (2008). Caracterização ambiental de resíduos de construção e demolição. *Anais do 50º Congresso Brasileiro do Concreto*, setembro de 2008, São Salvador da Baía – Brasil.

Martins, I. M; Gonçalves, A. (2009). The fine fraction of construction and demolition waste. *Proceedings 2nd International RILEM Conference on Progress of Recycling in the Built Environment*, dezembro de 2009, S. Paulo –Brasil.

Freire, A.C.; Neves, J. M.; Pestana, R. (2010). Analysis of recycled aggregates properties for unbound granular asphalt pavement layers. *11th International Conference on Asphalt Pavements (ISAP 2010)*, 1 a 6 de agosto de 2010, Nagoia – Japão.

Freire, A. C.; Neves, J. M.; Roque, A. J.; Martins, I. M.; Antunes, M. L.; Faria, G. (2011). Sustainable application of construction and demolition recycled materials (C&DRM) in

road infrastructures. *Proceedings of the 1st International Conference WASTES: Solutions, Treatments and Opportunities*, 12 a 14 de setembro, Guimarães.

Lucas, F.; Lanzinha, J.; Roque, A. J.; Castro Gomes, J. (2011). Sistemas de gestão de resíduos na construção existentes na Região da Raia Central Ibérica. *Proceedings of the ICEUBI2011 International Conference on Engineering UBI2011 Innovation and Development*, 28 a 30 de novembro, Covilhã.

Rodrigues, G. M.; Roque, A. J.; Silva, A. P. F. (2012). Evaluating the durability of two recycled aggregates to be used in basal drainage layer of landfills. *Proceedings of the 8th International Conference on the Environmental and Technical Implications of Construction with Alternative Materials: WASCON 2012 - Towards effective, durable and sustainable production and use of alternative materials in construction*, 30 maio - 1 junho, Gotemburgo - Suécia.

## **10.6 Comunicações em Atas de Congressos Nacionais**

Batista, F.A.; Antunes, M.L.; Marques, J.A. (2000). Reutilização de materiais betuminosos fresados na reabilitação de pavimentos. *1º Congresso Rodoviário Português “Estrada 2000”*, 28 a 30 de novembro de 2000, Lisboa, Volume II: 689-702.

Antunes, M. L.; Freire, A. C.; Batista, F.; Roque, A. J.; Fortunato, E.; Martins, I.; Gonçalves, A. (2006). Utilização de resíduos de construção e demolição na construção rodoviária. *Seminário “Pavimentos Rodoviários Verdes”* (orador convidado), 19 de outubro de 2006, Lisboa.

Gonçalves, A.; Martins, I. M.; Antunes, M. L.; Freire, A. C.; Batista, F.; Fortunato, E.; Roque, A. J. (2006). Guia para a utilização de materiais reciclados. Contribuição das novas especificações LNEC. *2º Congresso sobre Construção Sustentável* (orador convidado), 27 e 28 de outubro de 2006, Porto.

Martins, I. M.; Esteves, A.; Gonçalves, A. (2006). Avaliação ambiental de resíduos de construção e demolição. *Encontro Nacional sobre Qualidade e Inovação na Construção – QIC 2006*, LNEC, 21 a 24 de novembro 2006, Lisboa.

Gonçalves, A.; Martins, I. M.; Antunes, M. L.; Freire, A. C.; Batista, F.; Fortunato, E.; Roque, A. J. Legislação para implementação da gestão de RCD em Portugal. *1º Simpósio sobre Resíduos de Construção e Demolição* (orador convidado), Universidade do Minho, 26 de junho de 2007, Guimarães.

Martins, I. M.; Gonçalves, A. (2008). Incorporação de resíduos cerâmicos em blocos prefabricados de betão para pavimentação. *2º Congresso Nacional da Prefabricação em Betão*, LNEC, 6 e 7 de março de 2008, Lisboa.

Martins, I. M.; Gonçalves, A.; Antunes, M. L.; Freire, A. C.; Batista, F.; Fortunato, E.; Roque, A. J. (2008). Utilização de RCD em betão. *Seminário da Associação Nacional de Empreiteiros de Obras Públicas* (orador convidado), ANEOP, 26 de junho de 2008, Lisboa.

Antunes, M. L.; Freire, A. C.; Batista, F.; Fortunato, E.; Roque, A. J.; Gonçalves, A.; Martins, I. M. (2008). Utilização de RCD na construção rodoviária. *Seminário da Associação Nacional de Empreiteiros de Obras Públicas* (orador convidado), ANEOP, 26 de junho de 2008, Lisboa.

Martins, I. M.; Gonçalves, A.; Antunes, M. L.; Freire, A. C.; Batista, F.; Fortunato, E.; Roque, A. J. (2008). Utilização de RCD em betão. *Seminário da Associação dos Industriais da Construção de Edifícios* (orador convidado), AICE, 22 de julho de 2008, Lisboa.

Roque, A. J.; Fortunato, E.; Antunes, M. L.; Freire, A. C.; Batista, F.; Gonçalves, A.; Martins, I. M. (2008). Resíduos de construção e demolição. Novos desafios e oportunidades para o sector. *Seminário “O Sector dos resíduos – Novas oportunidades e tecnologias de tratamento”*, Agência Portuguesa do Ambiente (orador convidado), APA, 9 de outubro de 2008, Alfragide.

Freire, A.C.; Antunes, M. L. (2009). Caracterização de agregados reciclados produzidos em Portugal de acordo com acervo normativo europeu. *Seminário “Valorização de resíduos em obras geotécnicas – Caracterização e medidas para o desenvolvimento do sector”*, Universidade de Aveiro, 28 e 29 de setembro de 2009, Aveiro.

Fortunato, E.; Lopes, M.; Curto, P.; Fonseca, A. (2009). Valorização dos resíduos de construção e demolição em obras geotécnicas. *Seminário “Valorização de Resíduos em Obras Geotécnicas– Caracterização e medidas para o desenvolvimento do sector”*, Universidade de Aveiro, 28 e 29 de setembro de 2009, Aveiro.

Fortunato, E.; Roque, A. J. (2009). Resíduos de construção e demolição em obras geotécnicas. *Jornadas Técnicas - Gestão de Resíduos de Construção e Demolição* (orador convidado), Barreiro.

Roque, A. J. (2010). O contributo da CT-VROG/SPG para a valorização de resíduos em obras geotécnicas. *XII Congresso Nacional de Geotecnia “Geotecnia e desenvolvimento sustentável”*, SPG, Universidade do Minho, 26-29 abril, Guimarães.

Fortunato, E.; Roque, A. J.; Gomes Correia, A.; Cavalheiro, A. (2010). Utilização de materiais reciclados em obras geotécnicas: Aspectos sócio-económicos. *XII Congresso Nacional de Geotecnia “Geotecnia e desenvolvimento sustentável”*, SPG, Universidade do Minho, 26-29 abril, Guimarães.

Martins, I. M., (2010). Incorporação de resíduos reciclados em produtos e construção: Opções tecnológicas. *4º Fórum Nacional de Resíduos* (orador convidado), 28 e 29 de abril 2010, Lisboa.

Martins, I. M; Gonçalves, A. (2010). Legislação sobre a utilização de resíduos de construção e demolição. *Seminário “Valorização de Resíduos de Construção e Demolição”*, Agência Portuguesa do Ambiente (orador convidado), APA, 31 de maio 2010, Alfragide.

Fortunato, E.; Roque, A. J.; Antunes, M. L.; Freire, A. C.; Batista, F.; Gonçalves, A.; Martins, I.M. (2010). A reutilização e incorporação dos RCDs em infraestruturas de

transporte e em obras geotécnicas, *Gestão dos Resíduos de Construção e Demolição (RCDs)*, Associação Empresarial de Portugal (orador convidado), AEP, 15 de setembro 2010, Leça da Palmeira.

Freire, A. C.; Neves, J. M.; Roque, A. J.; Martins, I. M.; Antunes, M. L.; Faria, G. (2011). Aplicação de resíduos de construção e demolição (RCD) em pavimentos rodoviários. *Atas do 13º Congresso Nacional de Geotecnia: Pensar e Construir com a Natureza*. Uma Visão para a Engenharia, LNEC, 17 a 20 de abril 2011, Lisboa.

Rodrigues, G. M.; Roque, A. J.; Silva, A. P. F. (2012). Reciclagem de ASIC e RCD na construção da camada de drenagem e recolha dos lixiviados dos aterros de resíduos. *Atas do 13º Congresso Nacional de Geotecnia: Pensar e Construir com a Natureza*. Uma Visão para a Engenharia, LNEC, 17 a 20 de abril 2012, Lisboa.

Martins, I. M.; Gonçalves, A. (2012). Processamento e aplicação de resíduos de construção e demolição em betão. *Jornadas LNEC – Cidades e Desenvolvimento*, 18 a 20 de junho 2012, LNEC, Lisboa.

Veiga, M. R.; Brito, J.; Lampreia, N. (2012). Argamassas de revestimento com baixa energia incorporada através da reutilização de resíduos. Poster. *Jornadas LNEC – Cidades e Desenvolvimento*, LNEC, 18 a 20 de junho 2012, Lisboa.

Sampaio, M.; Real, L. P. (2012). Avaliação da qualidade de tubagem de PE incorporando material reciclado. Poster. *Jornadas LNEC – Cidades e Desenvolvimento*, LNEC, 18 a 20 de junho 2012, Lisboa.

## **11 Bibliografia**

1. Portugal, Decreto-Lei 73/2011, de 17 de junho, 2011, Ministério do Ambiente e do Ordenamento do Território.
2. Portugal, Decreto-Lei 178/2006, de 5 de setembro, 2008, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
3. Portugal, Decreto-Lei 46/2008, de 12 de março, 2008, Ministério do Ambiente, do Ordenamento do Território e do Desenvolvimento Regional.
4. LNEC-E471: 2009 Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil. Portugal.
5. LNEC-E472: 2009. Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
6. LNEC-E473: 2009. Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.
7. LNEC-E474: 2009. 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. Laboratório Nacional de Engenharia Civil.



8. Böhmer, S., et al. (2008). Aggregates case study, in Final Report referring to contract n° 150787-2007 F1SC-AT, Aggregates case study – data gathering', Umweltbundesamt.

9. NP EN 12620:2002+A1:2010 (Ed. 2). Agregados para betão, Instituto Português da Qualidade.

10. NP EN 13108-8:2011 (Ed. 1). Misturas betuminosas. Especificações dos materiais. Parte 8: Misturas betuminosas recuperadas, Instituto Português da Qualidade.

11. NP EN 13242:2002+A1:2010 (Ed. 2). Agregados para materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária, Instituto Português da Qualidade.

12. EN 13285: 2010 (Ed. 2). Unbound mixtures - Specifications, Comité Européen de Normalisation.

Lisboa, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, setembro de 2012

#### VISTOS

O Chefe do Núcleo de Betões



António Bettencourt Ribeiro  
Engº Civil, Investigador Principal

O Diretor do Departamento de Materiais



Arlindo Freitas Gonçalves  
Engº Civil, Investigador Coordenador

#### AUTORIA



Isabel M. Martins  
Engª Química, Assistente de Investigação



Maria do Rosário Veiga  
Engª Civil, Investigadora Principal com  
Habilitação



António José Roque  
Engº Geólogo, Investigador Principal

O Diretor do Departamento de Edifícios



Jorge M. Grandão Lopes  
Engº Civil, Investigador Principal

A Diretora do Departamento de Geotecnia



Laura Saraiva Caldeira  
Engª Civil, Investigadora Coordenadora



Ana Cristina Freire  
Engª Civil, Investigadora Auxiliar



Fátima Alexandra B. Antunes Batista  
Engª Civil, Investigadora Auxiliar



Eduardo Fortunato  
Engº Civil, Investigador Principal

O Diretor do Departamento de Transportes



António Lemonde de Macedo  
Engº Civil, Investigador Coordenador

