

VALORIZAÇÃO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO EM OBRAS GEOTÉCNICAS

Recycling of construction and demolition waste in geotechnical works

Eduardo Fortunato

Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa, Portugal, efortunato@lnec.pt

Maria L. Lopes

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, lcosta@fe.up.pt

Pedro Curto

Demotri/Ambigroup, Lisboa, Portugal, pedro.curto@ambigroup.com

Agripino Fonseca

Teixeira Duarte, Lisboa, Portugal, ajf@tduarte.pt

Resumo: Nesta comunicação apresenta-se uma perspectiva geral do tipo, das quantidades produzidas e das quantidades recicladas de resíduos de construção e demolição (RCD), em termos internacionais. Aborda-se a legislação em vigor em Portugal relacionada com esta matéria e apresenta-se a perspectiva de um produtor de resíduos relativamente a essa mesma legislação. Refere-se a importância do conhecimento do desempenho dos materiais reciclados quando colocados em obra e o papel dos estudos e das especificações técnicas na sua aceitação. Apresentam-se alguns elementos sobre a produção e a reciclagem de resíduos de construção e demolição e sobre a utilização em obras geotécnicas dos materiais assim obtidos. Finalmente, enunciam-se diversos obstáculos à utilização de materiais reciclados, que têm sido identificados, e apontam-se alguns procedimentos que possam conduzir à promoção da utilização de RCD.

Abstract: This paper presents an overview, at the international level, of the type, amount produced and amount recycled of construction and demolition waste (C&RW). The Portuguese legislation on this matter is presented as well as a producer point of view regarding this legislation. The importance of the knowledge related with the *in situ* performance of recycled materials is highlighted, together with the contribution of studies and technical specifications for the acceptance of these materials. A brief presentation of the production and recycle process of construction and demolition waste is made and their application in geotechnical works is addressed. Finally, barriers regarding the application of these materials are identified and some procedures in order to encourage the use of recycled materials are pointed out.

1 INTRODUÇÃO

Cerca de 50% dos materiais extraídos da Crosta Terrestre são utilizados na construção. Atendendo ao enorme consumo que tem vindo a ser feito de minerais e minérios na Europa, que se cifra em cerca de 15 ton por ano, por cada habitante da UE, das quais cerca de 2/3 são rochas industriais e ornamentais, é necessário promover urgentemente alterações significativas aos padrões de consumo.

A reciclagem de materiais de construção é uma prática antiga, levada a cabo por Egípcios, Gregos e Romanos. Na era moderna, começou a ter expressão na Europa depois da 2ª grande guerra, aquando da utilização de agregados britados na reconstrução de edifícios.

Os Resíduos de Construção e Demolição (RCD) são resíduos provenientes de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações. Incluem-se solos, rochas, vegetação de movimentos de terras e fundações e ainda materiais de manutenção de vias de comunicação.

Neste artigo apresentam-se alguns aspectos quantitativos e qualitativos relativos à produção e reciclagem de RCD, aborda-se a legislação em vigor em Portugal relacionada com esta matéria e referem-se especificações técnicas e alguns casos de obra.

2 PANORAMA INTERNACIONAL

Na UE produz-se cerca 850 milhões de toneladas de RCD por ano, o que representa 31% do total dos resíduos gerados na UE. Por habitante, a produção é muito variável (ETC/SCP, 2009): em França e no Luxemburgo, geram-se 7 e 15 ton por ano, respectivamente; na Alemanha e na Irlanda, entre 2 a 4 ton; nos outros países, entre 0,2 e 2 ton. Estas diferenças reflectem as diferentes tradições de construção, mas também diferenças relacionadas com aspectos geográficos/geológicos e económicos.

A composição dos RCD é variável em função do tipo de edificação e do tipo de obras de engenharia que predomina em cada espaço em análise. Na Figura 1 apresenta-se a composição dos RCD de vários países.

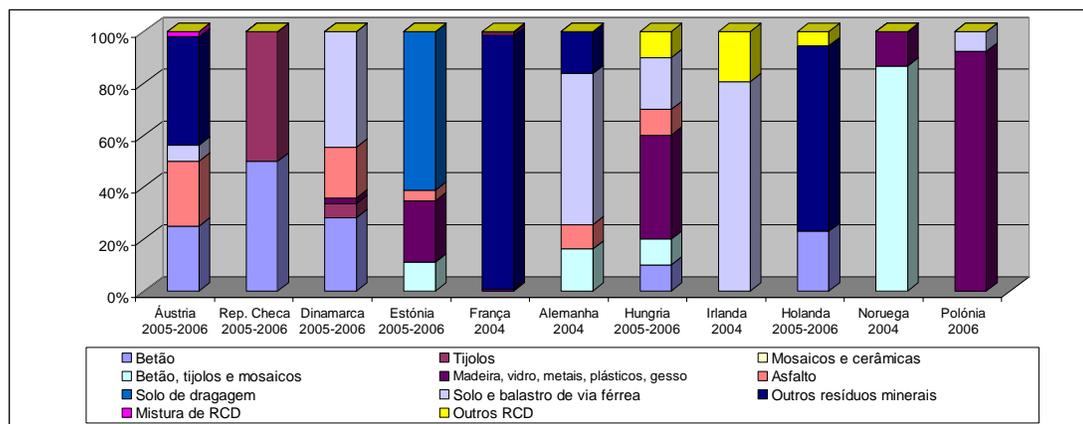


Figura 1 – Composição dos RCD (ETC/SCP, 2009, adaptado)

Em 2005 os agregados reciclados constituíam só 6% do total de agregados produzidos na Europa. Em 2008 a UE estipulou a meta de reciclar 70% dos RCD em 2020 (UE, 2008). Actualmente, o betão, os tijolos, as telhas e o asfalto são os RCD mais comumente reciclados, mas quase todos os países com níveis elevados de reciclagem também reciclam uma quantidade significativa de solos (Figura 2).

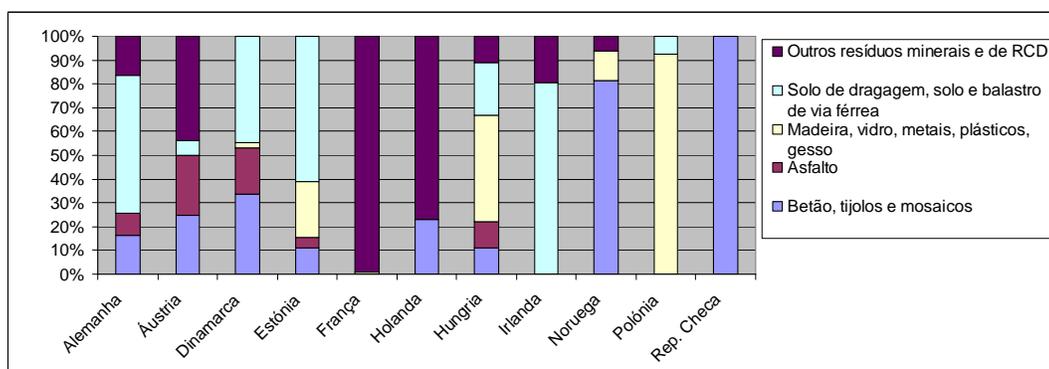


Figura 2 – Composição dos reciclados de RCD (ETC/SCP, 2009)

De forma sistemática apenas tem sido possível obter dados de reciclagem de RCD de 17 dos países da UE27. A Figura 3 mostra que vários países da UE e a Noruega têm taxas de reciclagem de RCD acima de 60%. Por exemplo, na Holanda a produção anual de subprodutos industriais e de materiais de demolição atinge cerca de 38×10^6 ton. Mais de 95% destes materiais são reutilizados e reciclados em obras de construção.

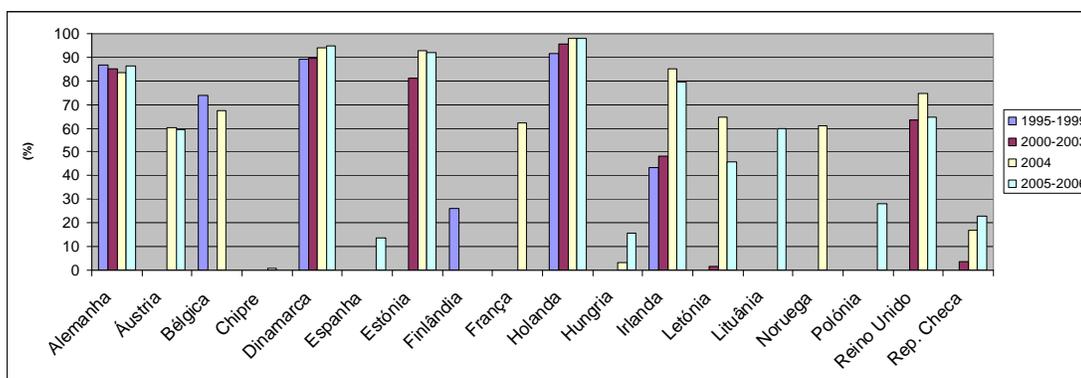


Figura 3 – Reciclagem de RCD em % da quantidade produzida (ETC/SCP, 2009)

Desde há muitos anos que o governo holandês, através do seu envolvimento e apoio, desempenha um papel significativo no estabelecimento dos mercados e das infra-estruturas necessárias para o êxito crescente da utilização de materiais reciclados na construção rodoviária. Os principais instrumentos económicos que têm promovido a reciclagem na Holanda incluem: o apoio à investigação, aos projectos de demonstração, e ao desenvolvimento de especificações e orientações para a utilização de materiais reciclados; as políticas relativas à utilização dos solos e as restrições à extracção de materiais naturais; o estabelecimento de elevadas taxas sobre a deposição em aterro; a proibição da deposição de RCD em aterro; a quebra da relação entre o crescimento económico e o aumento da poluição, e os apoios à implementação desta política; a exigência de que os produtores assumam a responsabilidade de internalizar a reciclagem e os custos da eliminação, o que cria um incentivo económico para reciclar, devido ao elevado custo da eliminação; a utilização da análise do ciclo de vida para dar crédito e valor acrescentado aos produtos elaborados com materiais reciclados, com base na melhoria do desempenho ambiental.

3 ENQUADRAMENTO LEGAL EM PORTUGAL

3.1 Legislação

A gestão de resíduos constitui um tema central no que respeita à análise do impacto ambiental associado às actividades industriais no geral e da construção em particular. Nos últimos 25 anos foi sendo estabelecido um enquadramento legal com o objectivo de regulamentar a produção de resíduos, encontrando-se o primeiro diploma específico datado de 1985 (Decreto-Lei n.º 488/85, de 25 de Novembro). Este diploma foi sendo revisto sucessivamente até 2006, ano no qual foi criada a Lei-Quadro dos resíduos, o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Novembro, que se mantém em vigor até à data. Paralelamente foram criados outros diplomas para regulamentar a gestão de fluxos específicos de resíduos, para os quais se impunha a necessidade de criar uma estratégia própria de gestão.

É neste sentido que após vários anos de debate e consulta pública, surge em 2008 o Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março, que vem regulamentar os resíduos produzidos pelo sector da construção. A necessidade de publicar um diploma sectorial para os RCD advém do facto de se tratar de um sector com produção significativa de resíduos, de constituição heterogénea, de dimensões e níveis de perigosidade diversos. Este diploma procura adoptar uma abordagem que garanta a sustentabilidade ambiental da actividade da construção numa lógica de ciclo de vida, sendo definidas metodologias e práticas a adoptar nas fases de projecto e execução da obra que privilegiem a aplicação dos princípios da prevenção e da redução e da hierarquia das operações de gestão de resíduos.

3.2 Perspectivas de um produtor relativamente às dificuldades associadas à aplicação do DL 46/2008

3.2.1 Âmbito de aplicação do DL 46/2008

Do âmbito do Decreto-Lei n.º 46/2008 é notória a dificuldade na definição de resíduos de construção e demolição, dada a coexistência na produção de dois tipos de resíduos: a) os directamente associados ao acto de construir; b) os resultantes de actividades acessórias e de apoio, como por exemplo, os excedentes diversos, os resultantes da exploração de cantinas, de ETARs, de separadores de hidrocarbonetos e de exploração de equipamentos.

Apesar do diploma mencionar que o objecto do mesmo são os resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou de derrocadas, esta restrição não se encontra claramente definida. Assumindo-se por óbvio que o âmbito deste diploma diz respeito aos resíduos de construção e demolição provindos directamente da actividade construtiva, importa clarificar e delimitar a sua fronteira para os restantes, evitando que os diversos intervenientes no processo construtivo apresentem interpretações próprias.

3.2.2 Reutilização de solos e rochas

No que diz respeito à reutilização de solos e rochas, há a salientar que as empreitadas estão sujeitas ao cumprimento de um projecto de execução, que define as condições para a sua realização, nomeadamente quanto às especificações dos materiais de incorporação. O papel

do empreiteiro é executar a obra de acordo com o que estiver definido em projecto, pelo que a interferência para alteração das características desses materiais, se for o caso, é limitada. Será junto dos projectistas e dos donos de obra que deverá existir uma maior intervenção, para fomentar a incorporação destes resíduos, logo a nível de projecto.

3.2.3 Utilização de RCD em obra

Uma outra dificuldade surge na utilização de RCD em obra (artigo 7.º), para o qual se pode estabelecer um paralelismo em tudo idêntico com o ponto anterior. Tal como já foi referido, o papel do empreiteiro neste campo é reduzido, encontrando-se dependente da especificação de projecto e de terceiros (dono de obra, projectista, fiscalização, etc.). A incorporação destes RCD deverá logo ser definida em fase de projecto pelos intervenientes com essa capacidade decisória.

Por outro lado, o mercado de operadores que efectivamente realizam a valorização de RCD é bastante reduzido, sendo os resíduos depositados maioritariamente em aterros sanitários. Este facto deve-se a vários factores, dos quais se destacam: a) a reduzida taxa para a deposição de RCD em aterro sanitário comparativamente com a taxa existente para a deposição de outros resíduos inertes (2€/ton para RCD e 5€/ton para outros inertes, mesmo que semelhantes); b) a dificuldade em colocar no mercado estes materiais com preços competitivos; c) a utilização destes materiais ainda suscita algumas dúvidas quanto à sua qualidade, apesar de alguns já apresentarem as suas características normalizadas.

Outra questão que se coloca tem a ver com a possibilidade de utilização de RCD para os quais não se encontram definidas normas técnicas nacionais ou comunitárias. Fica impossibilitada a utilização em obra de RCD que não se encontrem regulamentados, mesmo que seja para funções não estruturais.

3.2.4 Plano de Prevenção e Gestão de RCD

O Decreto-Lei n.º 46/2008 define que é obrigação do produtor/empreiteiro assegurar a manutenção em obra dos RCD pelo mínimo tempo possível que, no caso de resíduos perigosos, não pode ser superior a três meses. Sucede que a maioria das obras correntes não produz resíduos perigosos em quantidades expressivas, com excepção, por exemplo, de demolições e reconstruções de certo tipo de edifícios, escavações e dragagens envolvendo materiais contaminados. Assim, na generalidade das obras, as quantidades produzidas de resíduos perigosos serão pouco significativas. O impedimento de ficarem em obra por prazo superior a 3 meses, vem dificultar a sua gestão operacional e económica.

Assim, importaria garantir a existência de condições em obra para manter estes resíduos (telheiro, bacia de retenção, solo impermeável, etc.), em vez de interditar a sua permanência por prazos superiores a 3 meses. Nos casos em que a produção de resíduos perigosos é significativa, a própria quantidade produzida obriga à sua remoção frequente.

3.2.5 Transporte de RCD

O transporte de RCD encontra-se regulamentado pelas Portarias n.º 335/97 e n.º 417/2008. Esta última prevê a utilização de guias de acompanhamento de RCD de acordo com

modelo previsto. No entanto, o facto de apenas ser apresentado um modelo ao qual podem ser acrescentados outros campos (logótipos, numeração interna, etc.), poderá, em alguns casos, implicar numa desordem da numeração identificadora.

As guias de acompanhamento de RCD deveriam estar perfeitamente definidas e numeradas de modo semelhante às guias de acompanhamento modelo A. Em alternativa, e no âmbito do SIRAPA, poderiam fazer parte de uma plataforma electrónica sendo preenchidas via internet e ali registadas directamente.

Outra dificuldade que surge na aplicação deste diploma e que já foi abordada, refere-se à fronteira entre RCD e os restantes resíduos. Esta questão surge na definição da guia de acompanhamento de resíduos a utilizar em cada caso, que poderá variar entre a tradicional guia modelo A, ou guia de RCD. Importa clarificar qual a fronteira entre estes resíduos e os restantes, no sentido de se garantir uma gestão adequada.

4 DESEMPENHO DOS MATERIAIS E ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

No mercado normal de produtos transaccionáveis o mérito de um produto é reconhecido pelo seu desempenho, o qual só pode ser comprovado através da utilização. No que se refere aos produtos reciclados, a falta de informação adequada, relativa ao desempenho, em particular de longo prazo, constitui um dos principais obstáculos à sua utilização.

Relativamente às questões técnicas, quer ao nível do desempenho estrutural dos materiais, quer ao nível da avaliação ambiental, as instituições de I&D têm um papel importante na elaboração de especificações e na promoção da utilização de resíduos, através da realização e divulgação de estudos (caracterização física, química, mecânica e ambiental) e através da participação em projectos de demonstração, para estabelecimento do processo construtivo, caracterização estrutural e avaliação do comportamento a longo prazo.

É de salientar a grande importância que assumem os projectos de demonstração quando se trata de questões como estas. De facto, a existência destes projectos permite não só validar hipóteses de investigação e pressupostos de projecto, mas também mobilizar e criar confiança nos *stakeholders* e no público em geral. Por exemplo, na Noruega a possibilidade de utilizar agregados reciclados de betão foi introduzida nos manuais de dimensionamento de pavimentos apenas em 2005. Até esta data, a utilização destes materiais estava limitada devido ao facto de as suas propriedades mecânicas, em muitos casos, não cumprirem as especificações. No entanto, diversos trechos piloto que tinham sido realizados, demonstraram um bom desempenho e permitiram concluir que os métodos de ensaio tradicionais para avaliação das propriedades mecânicas não eram adequados a este tipo de materiais (Aurstad et al., 2009).

Nos últimos anos foram desenvolvidos alguns projectos de investigação, financiados pela UE, no âmbito da aplicação de materiais reciclados em obras de engenharia. Exemplo disso é o Projecto ALT-MAT (Cordis, 2000), que tinha como principal objectivo definir métodos para avaliar a adequação dos materiais alternativos para a construção rodoviária.

No âmbito do Comité Técnico 154 do CEN tem-se desenvolvido também um trabalho

importante no sentido de contemplar os materiais reciclados dos RCD (como exemplo podem referir se as normas EN 933-11:2009 e EN 13242:2002+A1).

Em Portugal foram publicadas, em 2006, as Especificações Técnicas LNEC: a) E 471 - Guia para a Utilização de Agregados Reciclados Grossos em Betões de Ligantes Hidráulicos; b) E 472 - Guia para a Reciclagem de Misturas Betuminosas a Quente em Central; c) E 473 - Guia para a Utilização de Agregados Reciclados em Camadas Não Ligadas de Pavimentos; d) E 474 - Guia para a Utilização de Resíduos de Construção e Demolição em Aterro e Camada de Leito de Infra-Estruturas de Transporte.

Pretende-se com estas especificações que a qualidade das obras não seja comprometida e que os materiais reciclados satisfaçam os requisitos de desempenho. Em particular, a E 474 apresenta recomendações e requisitos mínimos para utilização de RCD em aterros e camadas de leito de infra-estruturas de transporte, nomeadamente rodoviárias, aeroportuárias e ferroviárias. Os materiais considerados são: betões britados; materiais provenientes de camadas de pavimento não ligadas ou tratadas com cimento; alvenarias; e resíduos de misturas betuminosas.

5 PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DE RCD EM OBRAS GEOTÉCNICAS

5.1 Produção

Existe uma relação directa entre a qualidade dos produtos resultantes da operação de reciclagem de RCD e os métodos empregues em obra, na execução das actividades de desmantelamento e demolição, facto que poderá por isso condicionar/limitar o potencial de aplicabilidade dos agregados reciclados resultantes. Exige-se por isso que a demolição seja executada de forma “selectiva”, permitindo a triagem na origem, sendo os materiais separados de acordo com as suas características. A metodologia empregue em obras de demolição deverá assim agir de acordo com a filosofia dos 4 Rs, sendo a actividade de demolição executada em várias fases:

1 - Uma fase inicial, de limpeza e desmantelamento, que consistirá na desconstrução, mediante processos manuais ou semi-mecânicos, dos elementos edificados não estruturais, i.e., desmontagem, desmantelamento e remoção de todos os elementos passíveis de serem recuperados, reutilizados, reciclados e valorizados (metais, madeiras, plásticos, vidro, etc.), ou de outros que pelas suas características sejam classificados como tóxicos ou perigosos (ex. lâmpadas fluorescentes, materiais contendo amianto, etc.) e que possam por isso vir a contaminar o produto final da demolição (fracção inerte).

2 - Concluída a operação de limpeza, desmantelamento e esvaziamento de interiores, é então possível dar início à demolição propriamente dita. De entre os processos disponíveis destacam-se os mais vulgarmente empregues, sendo que a diferença entre eles reside, essencialmente, nos objectivos, princípios, métodos e equipamentos associados: a) manuais; b) mecânicos; c) implosão/expansão; d) outros (serras de disco e fio diamantado, jacto de água, lança térmica, etc.)

As técnicas de demolição mais vulgarmente empregues recorrem a máquinas. A demolição é obtida através da acção do peso próprio da máquina, e ou por impacto, provocando-se assim a destabilização das estruturas e o seu desmoronamento. Em diversas situações recorre-se a equipamento hidráulico - máquinas giratórias com lanças de longo alcance e grande força motriz, equipadas na sua extremidade com ferramentas especificamente desenhadas para demolição, como tesouras de corte e esmagamento (Figura 4).



Figura 4 – Equipamentos e acessórios de demolição: a) martelo de percussão, tesouras de demolição de betão, demolidor/pulverizador; b) giratória com lança de 25 metros, equipada com tesoura de corte de betão

O recurso a este tipo de equipamento permite uma demolição rápida, eficiente e em conformidade com as exigências ambientais, como sejam baixos níveis de vibração, ruído e poluição atmosférica. Para além da demolição propriamente dita, a sua função é também a de fragmentação dos blocos resultantes, reduzindo-lhe a dimensão. Permitem ainda proceder à triagem dos resíduos, que são separados por tipologia. Procedem-se, deste modo, a uma fragmentação preliminar dos inertes de demolição, preparando a sua posterior reciclagem por trituração. O aço das armaduras é removido, na medida do possível, através de uma pulverização preliminar do betão armado, os blocos são fragmentados, reduzindo-se-lhe a dimensão até que esta seja compatível com o processo de trituração, e outros materiais ainda presentes são triados e segregados de modo a que a sua presença seja inferior ao estipulado. Os materiais inertes (betões, alvenarias, etc.) assim resultantes podem depois ser processados para poderem vir a ser reutilizados.

No processo de trituração utilizam-se vulgarmente unidades compactas móveis de trituração por maxilas, que realizam a separação magnética do aço em varão, eventualmente existente no betão (através de um electroímã), e a separação granulométrica da fracção mineral (com uma tremonha de abertura regulável), até uma granulometria inferior a 5 cm (Figura 5).

A execução da operação de trituração no local da obra permite a redução substancial de custos de transporte dos materiais para uma unidade de reciclagem e valorização.

Os resíduos de plástico, madeira, vidro, metais ou outros, desde que seja possível a sua recolha selectiva e as suas características permitam a aceitação no destino final, são encaminhados para entidades recicladoras. Nos casos em que não se verifique viável a valorização por reciclagem e reutilização, recorre-se à eliminação por deposição em aterro.



Figura 5 – Equipamentos de processamento: a) unidade móvel de reciclagem de RCD; b) crivagem de agregados reciclados

5.2 Aplicações

5.2.1 Perspectiva geral

Uma das mais importantes aplicações dos RCD é na obtenção de agregados, através de britagem de betão, que podem ser utilizados, por exemplo, em camadas de apoio de infra-estruturas de transporte. As alvenarias de tijolo e outros materiais cerâmicos (telhas, azulejos, outros mosaicos cerâmicos, porcelanas) podem ser utilizados em aterros.

No Quadro 1 apresenta-se, a título de exemplo, um conjunto de obras onde foram utilizados RCD. A pesquisa bibliográfica realizada permitiu concluir que é notória a predominância da utilização de RCD em obras rodoviárias. De facto, no âmbito da construção rodoviária há, desde há muito tempo, a preocupação no sentido de utilizar resíduos (OECD, 1977; OECD, 1997). O manual Francês para a construção de aterros e camadas de leito editado em 1992 contemplava já a utilização de resíduos, em particular os RCD (LCPC/SETRA, 1992). Nos últimos anos, em diversos países da Europa, como a França, tem havido uma utilização intensa de RCD na construção rodoviária (Destombes, 2003), quer em aterros estruturais, quer em camadas de base e de sub-base de pavimentos, quer mesmo em camadas de desgaste. Nos EUA, onde se estima que os RCD constituam cerca de 35% dos resíduos produzidos, e que a taxa de reciclagem seja de cerca de 25%, a construção de estradas absorve cerca de 48% do total de reciclados de betão. Este tipo de obra, que pelo seu desenvolvimento linear absorve grandes volumes de materiais, é particularmente adequado para incorporar resíduos.

Por outro lado, no que se refere a obras e projectos de demonstração na área da geotecnia, mas fora do âmbito das infra-estruturas rodoviárias, não existem muitas referências a aplicações de RCD. Em Países como a Holanda, com grande tradição na reciclagem de RCD, ainda há poucos anos se apontava a necessidade de diversificar as aplicações, pois uma quantidade muito expressiva dos materiais era utilizada em bases de estradas (Broere, 2003). Em alguns locais onde a produção de RCD excede em muito a procura tem havido a preocupação de diversificar as aplicações. Um exemplo disso é um projecto de demonstração realizado em Hong Kong, onde foram utilizados RCD, com vista à construção de um aterro de fundação de uma obra marítima de grande envergadura (Yeung et al., 2006).

Quadro 1 – Utilização de RCD em obras geotécnicas.

Origem	Aplicação	Local	Data	Referência
RCD – pavimento antigo	Camada de sub-base em agregados	Áustria: A1-Viena-Salzburgo	1990	Sommer, 1994
Betão processado de RCD	Camada de base em agregados	França: RN 6	1982	SETRA, 1984
Fracção 0/20 obtida como sub-produto de britagem RCD	Aterro rodoviário (50000m ³)	Espanha: Cádiz	2004	Celemín, 2005
RCD	Bases e sub-bases de pavimentos	Espanha: Barcelona (Villa Olímpica e cintura litoral)	Vários anos	Fernández, 2002
RCD	Sub-base (80m)	Noruega: Auto-estrada E6-trecho piloto	2003	Aurstad et al., 2009
RCD	Sub-base	Noruega: Aeroporto de Oslo	1999	Bragstad, 2005
RCD – pavimento antigo	Sub-base	Austrália: Auto-estrada M4	1998	PIARC, 2007
RCD – pavimento antigo	Base e Sub-base	Austrália: Estrada em Welshpool	2008	Leek, 2008
RCD-edifícios demolidos no local	Sub-base	Lisboa: ParqueExpo Arruamentos urbanos	1998	Silveira, 2002
RCD-edifícios demolidos no local	Aterro e coroamento	Barreiro: Fábrica de Adubos	2000	Costa, 2006
RCD-edifícios demolidos no local	Aterro	Mourão: Fábrica da Portucel-Recicla	2002	Costa, 2006
RCD da demolição do Estádio da Antas	Aterro	Porto: Dolce Vita	2004	BCSD, 2006
Balastro antigo	Aterro	Reino Unido: Leeds	2003	WRAP, 2009a
Balastro antigo	Reforço da via férrea	Via férrea Lisboa-Porto	2003	Fortunato, 2005
RCD	Aterro de fundação de obra marítima	Hong Kong	2002	Yeung et al., 2006
RCD	Aterro em obras de reparação de serviços	Brasil: Piracicaba	2006	Vedroni e Carvalho, 2006
RCD	Sub-base	Reino Unido: Bracknell	1994	WRAP, 2009b
RCD	Aterro, leito de pavimento, sub-base	Reino Unido: Londres	2003	WRAP, 2009c
RCD	Aterro em obras de reparação de serviços	Itália: Roma	2000	D'Andrea e Rossi, 2005

5.2.2 Casos de obra em Portugal

Em Portugal, as técnicas descritas têm sido utilizadas com sucesso em grandes obras de demolição. As obras executadas em Lisboa, tendo em vista a construção da Expo 98, ou a demolição dos estádios de futebol para o Euro 2004 são as mais emblemáticas.

De entre outras empreitadas envolvendo produção de agregados reciclados resultantes de operações de demolição, cujos materiais foram reintegrados na própria obra, no seu todo ou em parte, em fase de construção, podem citar-se, como exemplos, a Demolição do Pavilhão da Realidade Virtual no Parque das Nações, a demolição do Pavilhão Dramático de Cascais, a demolição da Praça de Touros de Cascais, a Demolição da ETAR de Alcântara, em Lisboa, ou a Demolição do Edifício Bartolomeu Dias, em Alcântara, Lisboa.

1) Demolição da Portucel Recicla, em Mourão (2001)

No âmbito das obras relacionadas com o Complexo da Barragem do Alqueva, a antiga

fábrica da Portucel Recicla, em Mourão, por se encontrar abaixo da cota máxima de enchimento da Albufeira foi demolida, entre 2001 e 2002. A referida empreitada de desmantelamento, demolição e saneamento ambiental, foi considerada ambientalmente sensível, tendo sido por isso sujeita a um rigoroso controlo ambiental, quer pelo Dono de Obra (EDIA – Empresa de Desenvolvimento e Infra-estruturas do Alqueva), quer pela CAIA – Comissão de Acompanhamento das Infra-Estruturas de Alqueva.

Os trabalhos envolveram, além da demolição da fábrica, a remoção de cerca de 267 000 ton de resíduos e “solos da interface”, 113 000 ton de lamas provenientes das lagoas de tratamento e das bacias de armazenamento e 10 000 ton de solos e betão contaminados com hidrocarbonetos dos terrenos de fundação da fábrica.

As estruturas em betão envolvidas na demolição foram depois processadas *in situ*, em unidade móvel de britagem. Os materiais resultantes foram usados maioritariamente nos trabalhos de terraplenagem, no preenchimento das depressões resultantes da demolição.

O problema ambiental resultante das lamas provenientes das lagoas de tratamento e das bacias de armazenamento foi solucionado mediante uma solução de valorização que se baseou na sua caracterização em duas vertentes fundamentais: a) caracterização química-ambiental, em particular no que se refere à presença de substâncias perigosas que pudessem inviabilizar a utilização das lamas devido à natureza e teor de contaminantes; b) caracterização física (mineralógica) e mecânica (geotécnica), tendo em vista definir as condições de aplicação nos aterros sanitários.

A solução consistiu no emprego destes materiais em camadas de cobertura diária de aterro e selagem de lixeiras, e fundamentou-se em investigações realizadas no Canadá e nos EUA (Burnotte, 2000), segundo as quais as fibras celulósicas resultantes da rejeição do processo de produção de papel, em conjunto com um filer mineral (designadamente calcite e caulino), podem constituir um material geotécnico de baixo custo.

2) Demolição da Antiga Fábrica de Gás da Matinha, em Cabo Ruivo, Lisboa (2006)

A antiga Fábrica do Gás da Matinha integrava um conjunto de edifícios de diferentes épocas e diferentes utilizações. Criado em meados do século XIX, este conjunto industrial em Marvila foi crescendo e sendo adaptado às necessidades fabris, apresentado estruturas em pedra argamassada, em alvenaria de tijolo e em betão armado, com funções fabris e de escritório. A edificação mais recente era um prédio de 1985, com acabamentos próprios de um edifício de escritórios, como seja pavimentos em madeira, tectos falsos, caixilharia técnica, entre outros materiais. Existia ainda um laboratório, exigindo assim uma identificação e triagem eficaz dos resíduos, de forma a não contaminar a fracção inerte, que por opção do dono de obra ficaram depositados *in situ* para posterior reutilização.

Nesta empreitada, com cerca de 54 000 ton de resíduos produzidos na demolição, para além da limpeza e desmantelamento dos materiais não inertes, efectuou-se a separação dos materiais inertes por tipologia: uma fracção composta por materiais cerâmicos e pedra (15 000 ton), com qualidade para ser utilizada como material de aterro, e outra, com um leque de aplicação mais vasto, composta essencialmente por betão (37 500 ton).

Após a triagem, os materiais inertes foram triturados no local (97% do total), com recurso a um britador móvel de maxilas. Ficaram armazenados no local 2 lotes de materiais inertes, que puderam ser utilizados com aplicações distintas, reaproveitando a quase totalidade do material em obra. Os resíduos não inertes foram também devidamente triados, de forma a serem encaminhados para entidades recicladoras. Apenas 0,5% do total foram eliminados.

A estratégia de demolição delineada permitiu ao dono de obra uma economia que se reflectiu na fase de demolição, e que se irá reflectir ainda na fase de construção, com a incorporação de materiais provenientes da demolição.

3) Demolição do Hotel Estoril Sol, em Cascais (2007)

O Hotel Estoril Sol, situado à entrada de Cascais, apresentava-se como um edifício imponente da década de 50. Por questões de rentabilidade de exploração, os proprietários decidiram demolir o complexo, para construir três edifícios de serviços e habitação.

Sendo uma obra de elevada complexidade a nível da demolição, dada a altura do edifício (70 m) e a proximidade de infra-estruturas de transporte e outras, continha ainda o desafio de gerir as cerca de 80 000 ton de resíduos resultantes (97% inertes), numa zona em que a oferta de locais licenciados para a deposição e ou tratamento dos mesmos escasseia.

Os trabalhos iniciaram-se pela limpeza inicial do interior do edifício, nomeadamente no que se refere a portas, alcatifas, material eléctrico e electrónico, resíduos dispersos e equipamentos de cozinha, entre outros. Refira-se que, logo nesta fase, foram reaproveitadas cerca de 800 portas, que foram reutilizadas posteriormente em outras obras.

Os dismantelamentos permitiram a retirada de produtos contendo amianto e de outros elementos, nomeadamente tubagens embutidas na estrutura e lâ de vidro, que funcionava como isolamento nas paredes duplas interiores. A remoção manual ou semi-mecânica dos materiais potencialmente contaminantes, permitiu atingir dois objectivos: a maximização da fracção inerte, com qualidade suficiente para ser reutilizada em outras obras, e a triagem dos materiais não inertes permitindo maximizar os resíduos enviados para reciclagem.

Assim, atingiram-se taxas de reutilização de resíduos na ordem dos 97%, sendo que a quase totalidade dos resíduos reutilizados referem-se a inertes, utilizados como material de aterro, após trituração em obra. Os materiais não inertes, triados manualmente durante a fase de desconstrução, apresentavam baixos níveis de contaminação, fruto da estratégia de demolição seleccionada, permitindo a reciclagem da quase totalidade dos mesmos. Refira-se ainda que o aço proveniente do betão armado foi também integralmente triado em obra.

4) Demolições da Antiga Escola de Pesca, em Pedrouços, tendo em vista a Construção da Fundação Champalimaud (2009)

A Empreitada consistiu num processo de concepção/demolição, onde se pretendia a execução de todas as demolições e remoções necessárias à total limpeza do terreno onde virá a ser implantado o projecto “Champalimaud Centre for the Unknown” em Pedrouços – Lisboa, localizado na zona da APL designada como “Escola de Pesca”.

Os trabalhos envolveram um volume total de construção na ordem dos 80 000 m³, de que resultaram cerca de 21 000 m³ de agregados reciclados *in situ*, por trituração.

Dos materiais resultantes do processo foram recolhidas 3 amostras que foram encaminhadas para o Laboratório de Ensaios para Materiais para Pavimentação, do LNEC, tendo-se procedido a ensaios para caracterização dos constituintes, de acordo com o prEN 933-11 de Agosto de 2008. Os resultados obtidos são apresentados na Figura 6.

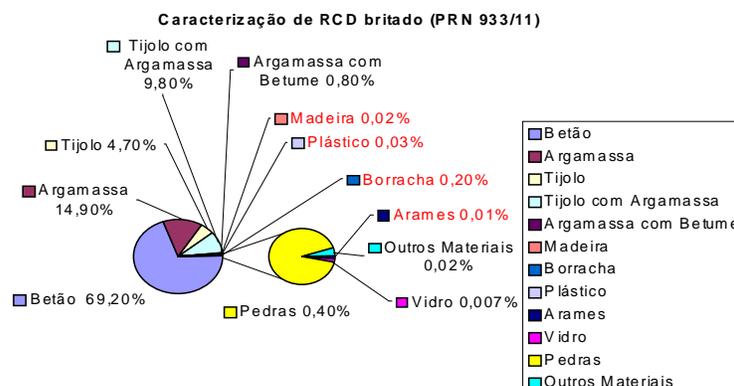


Figura 6 – Caracterização do agregado reciclado

Os agregados reciclados foram armazenados no local de produção tendo em vista a sua posterior reintegração na fase de construção (situação já prevista no projecto que integrou o caderno de encargos colocado a concurso pelo dono de obra).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As vertentes fundamentais para abordar a questão da reciclagem dos RCD passam pelos aspectos económicos, pela engenharia, nomeadamente no que se refere à existência de especificações técnicas e ao conhecimento do comportamento dos materiais e pelas questões do ambiente, que normalmente resultam num enquadramento legal.

Mesmo em áreas onde as aplicações de RCD têm sido mais numerosas, como na construção rodoviária, têm sido identificados diversos obstáculos à utilização de materiais reciclados, muitos deles de carácter não técnico, nomeadamente (PIARC, 2007): legislação e regulamentação de resíduos pouco adequada (complexidade na gestão de resíduos e no licenciamento de sistemas); aspectos económicos (percepção de que os materiais reciclados poderão conduzir a obras mais caras); falta de conhecimento e falta de confiança dos técnicos envolvidos; problemas de ajuste entre oferta e procura; problemas de planeamento territorial relacionados com a autorização de instalação de centros de reciclagem; falta de normas e especificações técnicas; falta de métodos adequados ao ensaio dos materiais reciclados; condições contratuais pouco flexíveis e que não encorajam a inovação; problemas relacionados com o controlo da qualidade e a falta de confiança nos materiais reciclados; problemas relacionados com a poluição ambiental.

O sucesso num processo de promoção da utilização de RCD poderá advir do estabelecimento de procedimentos como os que se descrevem a seguir: implementação de um plano de gestão de resíduos, para as fases de planeamento, concepção, construção e

conservação das obras; incentivo forte à demolição selectiva e à separação no local, de forma a obter resíduos inertes de boa qualidade para a reciclagem; incentivo à reciclagem no local da obra; revisão e adequação das especificações técnicas, de forma a remover os obstáculos à aplicação de RCD; criação de condições para a instalação de zonas de reciclagem; promoção do uso de RCD nas obras públicas e privadas; promoção da criação de instalações de reciclagem, em zonas adequadas e com localização estratégica; promoção da colaboração entre as empresas do sector da construção, os *stakeholders* e as instituições de I&D, para incrementar a investigação e poder ampliar o âmbito de aplicação dos RCD.

Para além disso, a criação de uma bolsa de resíduos disponíveis para emprego na construção, tecnicamente caracterizados e apresentados a preços concorrenciais, poderá dar um forte impulso à generalização do uso dos RCD, aproximando a oferta da procura.

No limite, poderá ser necessário estabelecer medidas de discriminação positiva a favor dos RCD e, eventualmente, medidas de discriminação negativa contra a utilização dos agregados naturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aurstad, J.; Dahlhaug, J. & Berntsen, G. (2009). “Unbound crushed concrete in high volume roads – evaluation of field behavior and structural performance”, Proceedings of 8th International Conference on the BC2RA, Champaign, IL.

Bragstad, R. (2005). “Final field measurements on the trial sections for recycled concrete and asphalt on the Former Fornebu Airport, Oslo”, Workhop – Recycled materials in road and airfield pavements. Oslo.

Broere, P. (2003). “The Recycling of Construction & Demolition Waste”. RECCON’03.

Celemín, M.; Cano, H. (2004). “Valorización de los residuos de la construcción y demolición (RCD’s) mediante su aprovechamiento en la construcción de un terraplén en Guadabajaque (Cádiz)”, Lisboa, LNEC.

Cordis (2000). “Alternative materials in road construction”, <http://cordis.europa.eu/transport/src/alt-mat.htm>, Julho de 2009.

Costa, C.; Águas C.; Curto P.; Presumido M. (2006). “Reciclagem de resíduos da construção e demolição. Alguns exemplos portugueses”, 10^o Con.. Nac. Geotecnia, Lisboa.

D’Andrea, A.; Rossi, G. (2005). “C&D aggregates for design controlled low strength materials (CLSM) as filling”, Proceedings of 2nd Symposium International TREMTI 2005. Traitement et Retraitement des Matériaux pour Travaux d’Infrastructures. Paris.

Destombes (2003). “Guide technique pour l’utilisation des matériaux régionaux d’Ile-de-France: les bétons et produits de démolition recyclés”. Ministère de L’équipement. Laboratoire regional de l’ouest parisien des ponts et chaussées. France.

EN 933-11:2009 – “Tests for geometrical properties of aggregates. Part 11: Classification test for the constituents of coarse recycled aggregate”, CEN, 2009.

EN 13242:2002+A1 – “Aggregates for unbound and hydraulically bound materials for use in civil engineering work and road construction”, CEN, 2007.

ETC/SCP (2009). “EU as a Recycling Society. Present recycling levels of Municipal Waste and Construction & Demolition Waste in the EU”. European Topic Centre on Sustainable Consumption and Production.

Fernández, F. (2002). “Utilización de residuos en la construcción de capas de firmes de carreteras”. Ingeniería Civil, 128.

Fortunato, E. (2005). “Renovação de plataformas ferroviárias. Estudos relativos à capacidade de carga”. Dissertação de Doutoramento, Universidade do Porto.

LCPC/SETRA (1992). “Réalisation des remblais et des couches de forme”, GT. Paris.

Leek, C. (2008). “Use of recycled crushed demolition materials as base and sub-base in road construction”. <http://www.wastenet.net.au/issues/materialtype/roads>, Julho de 2009.

OECD (1977). “Use of waste materials and by-products in road construction”, OECD, Paris.

OECD (1997). “Recycling strategies for road works”, OECD, Paris.

PIARC (2007). “Review of the growth and development of recycling in pavement construction”. TC4.3-WG2.

SETRA (1984). “Reemploi de beton de demolition dans le domaine routier”, SETRA.

BCSD (2006). “Desmantelamento do Estádio das Antas”. BCSD Portugal. Revista Sustentabilidade. Conselho Empresarial para o Desenvolvimento Sustentável. Março.

Silveira, P. (2002). “Utilidade e valorização de inertes reciclados provenientes de resíduos da construção”, Conferência Científica e Tecnológica em Engenharia. ISEL.

Sommer, H. (1994). “Recycling Concrete Pavements”, Proceedings of the 7th International Symposium on Concrete Roads, Vol. 3, Cembureau, Vienna, 147-150.

UE (2008). Directiva 2008/98/EC do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 Novembro.

Vedroni, J. e Carvalho, D. (2006). “Estudo de Caso da Utilização do RCD nos Reparos de Pavimentos de Ruas e Avenidas de Piracicaba SP”, Actas do XIII COBRAMSEG - Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica. Curitiba, Brasil.

WRAP (2009a). “Use of recycled ballast as fill to embankment on a railway”, Waste & Resources Action Programme. <http://www.wrap.org.uk/>, Julho de 2009.

WRAP (2009b). “Recycled aggregate for use as sub-base layers”, Waste & Resources Action Programme. <http://www.wrap.org.uk/>, Julho de 2009.

WRAP (2009c). “On site recycling of construction and demolition material to produce aggregates for redevelopment of the site”, Waste & Resources Action Programme. <http://www.wrap.org.uk/>, Julho de 2009.

Yeung, A.; Moka, K.; Thama, L.; Lee, P.; Pei, G. (2006) Use of inert C&D materials for seawall foundation: A field-scale pilot test. <http://www.sciencedirect.com>, Julho de 2009.