



[Resíduos de Construção e Demolição]

[Estado da Arte]

Hugo Felipe Moreira da Silva Monteiro

2011/2012

Faculdade de Ciência da Universidade do Porto

Mestrado em Ciências e Tecnologias do Ambiente

Departamento de Geociência, Ambiente e Ordenamento do Território

Orientador: António Guerner Dias, Professor Doutor, Faculdade Ciências da Universidade do Porto

Agradecimentos

Um agradecimento especial ao Professor Doutor António Guerner Dias, orientador da presente tese, que com a sua experiência, paciência e conhecimentos seguiu, analisou e corrigiu o desenvolvimento deste trabalho.

Á família e amigos pela paciência e tempo despendido durante todo o trabalho.

Índice

Agradecimentos	2
Índice.....	3
Índice de Tabelas.....	5
Índice de Gráficos.....	8
Tabela de Siglas e Abreviaturas.....	10
1. Resumo.....	12
1. Abstract	13
2. Introdução	14
3. Definição global de Resíduos de Construção e Demolição e sua origem	15
4. Enquadramento Legal dos RCD na Europa.....	18
5. Enquadramento legal dos RCD em Portugal	21
6. Programas e Projectos associados aos RCD	27
6.1. Programa LIFE	27
6.1.1. ITEC – Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya	29
6.1.2. ARC – Agència de Residus de Catalunya	30
6.2. PROJECTO WAMBUCO -MANUAL EUROPEU DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS.....	32
6.3. PROJECTO WASTE TOOL.....	33

6.4.PROJECTO WASTE TRAIN.....	34
6.5.Outros Projectos/Estudos	35
7.Classificação de resíduos de construção e demolição	37
8.Distribuição da quantidade dos diferentes componentes dos RCD produzidos.....	43
8.1.Distribuição em Portugal.....	45
8.2.Perspectiva Internacional.....	52
9.Reciclagem e reutilização de resíduos de construção e demolição	60
9.1.Reciclagem e reutilização a nível internacional	62
10.Destino e tratamento dos resíduos de construção e demolição	75
11.Impacte ambiental	80
12.Contexto da produção global de resíduos de construção e demolição.....	99
13.Contexto da produção nacional de resíduos de construção e demolição	113
14.Discussão	116
15.Conclusão	119
16. Bibliografia	122

Índice de Tabelas

Tabela 1 – Índice de resíduos para edifícios de hotelaria e escritórios, com as mesmas áreas de construção e níveis de conforto (Lipsmeier et al., 2005).	33
Tabela 2 – Origem e Composição dos RCD (Brito, 2010).....	35
Tabela 3 – Distribuição percentual dos fluxos de materiais constituintes dos RCD ((Pereira, 2002) em (Coelho, 2009)).....	36
Tabela 4– Redistribuição percentual da composição média dos RCD, sem incluir solos e rochas não contaminadas (Coelho, 2009).....	36
Tabela 5-Diferentes formas de classificação de RCD (Projecto Reagir ,2007).....	37
Tabela 6 -Parte da Lista Europeia de Resíduos referente aos RCD (LER, 2004).	38
Tabela 7-Classificação de RCD de acordo com CONAMA 2002 (CONAMA, 2002, 2004).	41
Tabela 8 – Sumário de RCD gerados e reciclados (Symonds Group Ltd, 1990).....	45
Tabela 9- Composição (Porcentagem mássica) dos RCD na região da Grande Lisboa (Lima & Pinto,2000).....	46
Tabela 10 - Distribuição de diferentes componentes dos RCD em Portugal (Coelho, A., & Brito, J. d, 2011a).....	49

Tabela 11-Principal distribuição de RCD em alguns países (%) (Coelho, A., & Brito, J. d, 2011a).	53
Tabela 12- Estatísticas sobre materiais de construção de estradas (em toneladas) (Symonds Group Ltd, 1990).	67
Tabela 13 - Estatísticas de materiais reciclados na construção de estradas (em toneladas) (Symonds Group Ltd, 1990).....	68
Tabela 14- Vantagens e desvantagens do processo de reciclagem <i>in situ</i> de estradas.	69
Tabela 15-Reciclabilidade dos RCD (Brito, J., 2006).	77
Tabela 16 – Resumo dos impactes causados pelo processamento de agregados naturais e agregados reciclados.....	84
Tabela 17- tipos de perigos associados aos RCD (Symonds Group Ltd, 1990).	88
Tabela 18 – Resíduos produzidos entre 2004 e 2006, quantidades globais e por actividade de construção e demolição (1000 toneladas) pelos países pertencentes à EU27, mais Croácia, Turquia, Islândia e Noruega. (Eurostats, 2009b).....	104
Tabela 19- Coeficiente de resíduos para RCD (<i>Working Paper 2/2009</i> (Fischer e Werge 2009)).	112

Tabela 20 –Produção (ton) de Resíduos Industriais (RI) por Capítulo LER(1) e por actividade económica, que inclui RCD; dados referentes a 2002 e valores arredondados às unidades
(Parte da tabela) ((INResíduos 2007) in (Barros e Jorge 2008))..... 114

Índice de Gráficos

Gráfico 1 – Composição percentual dos resíduos produzidos na fase de estruturas com cofragem de madeira (Reixach et al. 2000a).	55
Gráfico 2 – Composição percentual dos resíduos produzidos na fase de estruturas com cofragem de metal (Reixach et al. 2000a).....	56
Gráfico 3-Composição percentual dos residuos produzidos na fase de alvenarias (Reixach et al. 2000a).....	57
Gráfico 4- Composição percentual dos resíduos produzidos na fase de acabamentos tradicionais (Reixach et al. 2000a).	58
Gráfico 5- Composição percentua dos resíduos na fase de acabamentos com cartão/gesso (Reixach et al.2000a).....	59
Gráfico 6 -Porcentagem de RCD reciclado gerado na UE e Noruega, com base em relatórios nacionais e estatísticas (Eurostat e ETC/RWM, 2008).	63
Gráfico 7– Composição percentual e desenvolvimento dos RCD reciclados na UE e Noruega (Eurostat e ETC/RWM, 2008, com base em relatórios nacionais e estatísticas) (Fischer e Werge 2009).	64

Gráfico 8- Tipo de tratamentos dados de resíduos, percentagens do total tratado (Eurostat, 2006).	102
Gráfico 9 – Resíduos gerados (em kg por pessoa) pelos países pertencentes à EU27 e Noruega, em 2006 (Eurostat 2009a). Tracejado corresponde ao valor médio dos países da EU27.	102
Gráfico 10 - Resíduos gerados por actividade económica em 2006 (em percentagem do total de resíduos gerados) (Eurostat2009b).	104
Gráfico 11 – Composição média dos RCD gerados por várias actividades (parte ligada à construção) dos países pertencentes à EU27, em 2006 (percentagens do total de resíduos gerados) (Eurostat 2009a).....	107
Gráfico 12- Produção de RCD (toneladas per capita) nos antigos Estados-membros da UE e na Noruega (Eurostat e ETC/RWM, 2008, com base nos relatórios nacionais e estatísticas) (Working Paper 2/2009 (Fischer e Werge 2009)).	109
Gráfico 13 – Geração de RCD nos vários países da CE a 15 ((SYMONDS GROUP 1999) in (Coelho 2009)).....	110

Tabela de Siglas e Abreviaturas

AEA	Agência Europeia do Ambiente
ARC	Agència de Residus de Catalunya
BRE	Building Research Establishment
CCP	Código dos Contractos Públicos
CER	Catálogo Europeu de Resíduos
CFC	Clorofluorcarboneto
DGXI	Directorate General XI of the European Commission
EUROSTAT	Gabinete de Estatísticas da União Europeia
GAR	Guias de Acompanhamento de Resíduos
GARRCD	Guias de Acompanhamento de Resíduos de Construção e Demolição
INE	Instituto Nacional de Estatística
INR	Instituto Resíduos
ITeC	Institut de Tecnologia dela Construcció de Catalunya
LER	Lista Europeia de Resíduos
LIFE	L'Instrument Financier pour l'Environment
MOR	Mercado Organizado de Resíduos

PERSU	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos
PERSUII	Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (2007 – 2016)
PCB	Bifenilos Policlorados
PGR	Plano de Gestão de Resíduos
PPG	Plano de Prevenção e Gestão
PPGRCD	Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RGGR	Regime Geral da Gestão de Resíduos
RH	Resíduos Hospitalares
RI	Resíduos Industriais
RSU	Resíduos Sólidos Urbanos
SIRAPA	Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente
SIRER	Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos
UE	União Europeia
WAMBUCO	European WA ste MA nual for BU ilding CO nstruction

1. Resumo

Nesta tese tenta-se compreender o estado da arte relacionado com a temática dos resíduos de construção e demolição, tal como o próprio tema o indica. Faz-se, por isso, um enquadramento legal, tanto a nível europeu como nacional, de forma a compreender como se formou a consciência ambiental associada a esta área. São, também, abordados assuntos como a sua definição, não sendo sempre a mesma para diferentes autores, origem e classificação, sendo esta diferente, também, em diferentes países e contextos.

São expostos dados e informações numéricas sobre produção, reciclagem e outros destinos de RCD de diferentes locais, com intuito de compreender onde há um maior desenvolvimento sustentável e eficiência ambiental nesta área. São, também, expostas informações sobre resíduos perigosos e tóxicos e quais os resíduos/componentes dos resíduos com maior taxa de reciclagem.

1. Abstract

This thesis attempts to understand the state of art related to the theme of construction and demolition waste, as the theme itself indicates. Therefore, it is done a legal context at European and national level, in order to understand how it formed the environmental awareness associated to this area. There are also addressed issues such as its definition, that it is not always the same for different authors, its origin and classification, which is also different in different countries and contexts.

There are exposed data and numerical information about production, recycling and other destinations of CDW of different locations, in order to understand where the greater environmental efficiency and sustainable development in this area is. There are also presented information about hazardous and toxic waste and which waste / waste components have the highest recycling rate.

2. Introdução

Esta Tese tem como objectivo contextualizar o assunto dos resíduos de construção e demolição (RCD) produzidos em Portugal, tendo como principais frentes a produção e distribuição dos RCD em Portugal, o enquadramento legal deste assunto, tratamentos a dar aos RCD e compreender o que pode ser melhorado.

São abordados vários temas relativos aos RCD, de forma a contextualizar várias temáticas associadas ao assunto. São abordados temas tais como a definição global de Resíduos de Construção e Demolição e a sua origem, a classificação de RCD, o seu tratamento e destino, o impacte ambiental que estes produzem, o seu enquadramento legal, a sua reciclagem ou reutilização, o contexto a nível global e nacional no que diz respeito á quantificação de RCD anualmente produzidos, entre outros.

É de destacar que nesta tese, em que são enfatizados alguns dos resultados do relatório da Symonds Group Ltd de 1990, a escrita tem o cuidado de ser no tempo verbal passado. Isto justifica-se pelo facto de este relatório poder não espelhar, de forma tão verdadeira, a realidade actual da produção de RCD na Europa, por determinadas razões. No entanto, e devido ao facto de ser o único documento do género disponível e com tais tipos de resultados, é importante a sua referência e a apresentação dos seus resultados, até porque proporciona uma perspectiva da consciência ambiental da altura, embora mais direccionada para a gestão de RCD.

3. Definição global de Resíduos de Construção e Demolição e sua origem

Os resíduos de construção e demolição são designados pela sigla RCD, sendo definidos como material pouco poluente a perigoso, e com origem nas demolições de edifícios, na construção de estradas e na construção ou remodelação de edifícios, podendo também conter solo e terra do local de escavação e preparação da obra. Estão associados à construção, remodelação e demolição de edifícios e outros tipos de obra de construção civil, sejam estas de carácter público ou privado. Este tipo de resíduos é também conhecido pela sua deposição ilegal.

Os RCD são compostos por vários tipos de materiais, sendo um resíduo heterogéneo, podendo ser constituído por qualquer material que faça parte de um edifício ou infra-estrutura e, ainda, por restos de embalagens ou outros materiais utilizados durante a elaboração de uma obra. Segundo a lista europeia de resíduos, (LER, 2004), transposta para a legislação portuguesa a 3 de Março de 2004 através da portaria nº209/2004, os RCD são compostos por:

- Betão, tijolos, ladrilhos, telhas e material cerâmico;
- Madeira, vidro e plástico;
- Misturas betuminosas, alcatrão e alguns produtos de alcatrão;
- Metais (incluindo ligas);
- Solos (incluindo o escavado de locais contaminados), rochas e lamas de dragagem;

- Materiais de isolamento e materiais de construção contendo amianto;
- Materiais de construção à base de gesso;
- Outros resíduos de construção e demolição.

A composição deste tipo de resíduos depende da origem, da época da infra-estrutura demolida e da técnica de construção utilizada na altura (Coelho e Brito, 2010).

Os resíduos de construção e demolição podem conter uma ampla variedade de diferentes materiais, estando divididos em diferentes categorias, sendo estas (Symonds Group Ltd, 1990):

- Resíduos gerados pela total ou parcial demolição de edifícios e/ou infra-estruturas civis;
- Resíduos gerados pela construção de edifícios e/ou infra-estruturas civis;
- Solo, rochas e vegetação gerada pela nivelção do pavimento, obras públicas e/ou fundações em geral;
- Resíduos produzidos pela aplanção de estradas e materiais associados a actividades de manutenção de estradas.

Existe um largo espectro de diferentes origens ou tipos de locais de produção de RCD, como se pode verificar a seguir (Symonds Group Ltd, 1990):

- Locais de demolição e limpeza – Locais com estruturas ou infra-estruturas prontas a serem demolidas, mas onde não está programada uma nova construção a curto prazo;
- Locais de demolição, limpeza e construção – Locais com estruturas ou infra-estruturas prontas a serem demolidas com o intuito de construir novas em substituição;
- Locais de renovação – Locais onde se dão alterações no interior (incluindo alterações de elementos estruturais), removendo e substituindo elementos;
- Locais verdes – Locais onde será construída uma nova estrutura ou infra-estrutura;

- Locais de construção de estradas – Locais onde uma nova estrada (ou semelhante) será construída, em locais verdes ou locais com cascalho livre;
- Locais de remodelação de estradas – Locais onde existe uma estrada (ou semelhante) que precisa de ser remodelada ou reconstruída uma substituinte.

4. Enquadramento Legal dos RCD na Europa

Neste capítulo pretende-se contextualizar a legislação europeia no âmbito do tema dos RCD. Esta contextualização tende a ser cronológica, tendo assim uma abordagem que permite compreender a evolução no que diz respeito à consciência ambiental.

Com o intuito de salvaguardar o ambiente de diversos impactes negativos, foram elaboradas diferentes directivas a nível europeu. Estas têm como objectivo gerir da melhor forma os problema que diversas actividades possam causar ao ambiente. A gestão de resíduos não foge ao objectivo.

A nível europeu as bases da gestão de resíduos foram estabelecidas pela Directiva nº 75/442/CEE, de 15 de Julho, pela Comunidade Económica Europeia. Mais tarde foi elaborada a Directiva nº 78/319/CEE, de 20 de Março, que teve como objectivo aproximar os Estados membros no que diz respeito à eliminação de resíduos tóxicos e perigosos.

Depois, é estabelecido o grau máximo de protecção ambiental, com os Planos de Gestão dos Resíduos, a executar pelas autoridades competentes designadas para tal pelos Estados-membros, através da transposição das Directivas n.ºs 91/156/CEE, de 18 de Março, e 91/689/CEE, de 12 de Dezembro, para o direito dos mesmos. Com isto, são esclarecidas as categorias de resíduos e procedimentos de eliminação, clarificando as medidas comunitárias

com o objectivo de melhorar a gestão dos resíduos perigosos e as suas condições de eliminação.

De seguida é aprovado o Catálogo Europeu de Resíduos (CER), pela Decisão n.º 94/3/CE, de 20 de Dezembro de 1993, e a Lista de Resíduos Perigosos pela Decisão n.º 94/904/CE, de 22 de Dezembro, sendo posteriormente revogadas pela Decisão n.º 2000/532/CE, de 3 de Maio, e reformada pelas Decisões n.ºs 2001/118/CE, de 16 de Janeiro, 2001/119/CE, de 22 de Janeiro, e 2001/573/CE, de 23 de Julho, que acolhe a nova Lista Europeia de Resíduos (LER) e as particularidades de perigo ligadas aos resíduos. A classificação das operações de eliminação e operações de valorização são adaptadas pela Decisão n.º 96/350/CE, da Comissão, de 24 de Maio, proveniente dos anexos da Directiva n.º 75/442/CEE, de 15 de Julho.

Posteriormente é codificada a regulamentação da comunidade acerca dos resíduos pela Directiva n.º 2006/12/CE, de 5 de Abril, promovendo um desenvolvimento do direito e da ciência adquirida, observando-se um equilíbrio que permite lançar um importante grupo de princípios e vectores no que diz respeito à gestão de resíduos.

A revisão da Directiva n.º 2006/12/CE, de 5 de Abril, levou à elaboração da Directiva n.º 2008/98/CE, de 19 de Novembro, criando objectivos claros quanto à reutilização e reciclagem, ao determinar o valor base de 70% em peso, até 2020, para a reutilização, reciclagem e valorização de RCD não perigosos.

Por fim, as Directivas 75/439/CEE, 91/689/CEE e 2006/12/CE, são revogadas pela Directiva n.º 2008/98/CE, de 19 de Novembro, sendo que esta tem como objectivo promover a

eliminação da relação existente actualmente entre o crescimento e a produção de resíduos.

Desta forma estabelece vectores para o tratamento de resíduos, promovendo a prevenção de impactes negativos na gestão e produção de resíduos, tendo sempre como fim a protecção do ambiente e da saúde humana. Esta directiva diz que os estados-membros necessitam tomar medidas para o tratamento dos seus resíduos, de acordo com a hierarquia de prioridades seguinte:

1. Prevenção ;
2. Preparação para a reutilização;
3. Reciclagem ;
4. Outros tipos de valorização, por exemplo energética;
5. Eliminação.

5. Enquadramento legal dos RCD em Portugal

Este capítulo tem como objectivo enquadrar a legislação Portuguesa no que diz respeito aos RCD. Pretende-se que seja uma contextualização cronológica, tendo assim uma abordagem que permite compreender a evolução no que diz respeito à consciência ambiental ao longo dos anos em Portugal, à semelhança do capítulo anterior.

O Decreto-Lei n.º 488/85, de 25 de Novembro, define pela primeira vez em Portugal, de forma legal, a gestão de resíduos, estabelecendo de forma clara a quantificação dos resíduos como parte fulcral na estratégia de decrescimento da produção de resíduos. Este diploma legal resulta da transposição da Directiva n.º 75/442/CEE, de 15 de Julho, para o quadro jurídico português. Promoveu também a evolução ambiental no que diz respeito a tratamentos tecnológicos de reciclagem, eliminação, aproveitamento energético e protecção ambiental, formulando, em anexo deste Decreto-Lei, a primeira lista de constituintes perigosos ou tóxicos. Conjuntamente com outros diplomas legais denota-se, nesta altura, uma maior consciência ambiental em Portugal, criando assim o ponto de partida para a gestão de resíduos. Esta informação culmina com a Lei de Bases do Ambiente (Lei nº11/87, de 7 de Abril).

Após 10 anos, é revogado o Decreto-Lei n.º 488/85, de 25 de Novembro, pelo Decreto-Lei n.º 310/95, de 20 de Novembro, transpondo as Directivas n.ºs 91/156/CEE, de 18 de Março, e 91/689/CEE, de 12 de Dezembro. Teve como objectivo, utilizar a experiência obtida, assim

como as emergentes discussões, de forma a compreender e adaptar tal legislação, de acordo com as circunstâncias ambientais do momento e revendo o quadro normativo vigente, compreendendo a evolução científico-técnica, de forma a atingir um desenvolvimento sustentável.

Mais tarde, o Decreto-Lei n.º 310/95, de 20 de Novembro, é reformulado pelo Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro. Este último teve como objectivo introduzir alguns aperfeiçoamentos ao Decreto-Lei anterior, como a autorização prévia das operações de gestão de resíduos e tornando mais compreensível o licenciamento das actividades que envolviam operações do género.

O Regime do Transporte de Resíduos no Território Nacional é entretanto estabelecido pela Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio. Esta, dita a norma do transporte de resíduos e o significado dos modelos das Guias de Acompanhamento de Resíduos (GAR).

Em 1997, é aprovado Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), em que os RCD são tidos como um dos nove fluxos de resíduos que constituem os RSU.

Posteriormente, em 2007, é aceite o Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos para o período de 2007 a 2016 (PERSU II), através da Portaria n.º 187/2007, de 12 de Fevereiro, tendo como objectivo estabelecer os vectores principais na estratégia de gestão de RSU, de acordo com o quadro legal e comunitário, corrigindo as fundamentais fragilidades demonstradas pelo PERSU.

Mais tarde, é aprovado o Plano Estratégico de Gestão dos Resíduos Industriais (PESGRI), através do Decreto-Lei n.º 516/99, de 2 de Dezembro, definindo os princípios estratégicos de gestão de resíduos, adaptados da Estratégia Comunitária de Gestão de Resíduos, adoptada pela Resolução do Conselho de Ministros da União Europeia de 24 de Fevereiro de 1997.

No PESGRI os RCD apresentam-se como resíduos industriais, elaborando as principais metas na gestão deste tipo de resíduos. O PESGRI tem com princípios fundamentais a hierarquia na gestão de resíduos, ou seja, a prevenção, reciclagem, valorização e a deposição como destino final, quando consumidas as outras possibilidades. Com este plano, desponta a responsabilidade que todos os intervenientes têm no ciclo de vida de um produto na sua escrupulosa gestão, com a maior importância associada ao fabricante do produto.

Sendo que o fim mais importante deste plano é o de reduzir a quantidade e perigosidade dos resíduos industriais, através da prevenção. Sendo depois, proposto o Plano Nacional de Prevenção de Resíduos Industriais – PNAPRI. Este é um instrumento de planeamento da Administração Pública e de todos os agentes económicos, tendo como objectivo diminuir a perigosidade e quantidade dos resíduos industriais, através de medidas e tecnologias de prevenção associadas aos procedimentos industriais.

Seguidamente, o Decreto-Lei nº 3/2004, de 03 de Janeiro, é publicado e define o regime jurídico do licenciamento, da instalação e da exploração dos centros integrados de recuperação, valorização e eliminação de resíduos perigosos (CIRVER).

Posteriormente, é aprovada a Lista Europeia de Resíduos, através da Portaria n.º 209/2004, de 3 de Março, tornando mais fácil os processos de eliminação e de valorização.

Mais tarde, o Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de Setembro, é revogado pelo Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, estabelecendo o novo regime jurídico no que diz respeito á gestão de resíduos. Este último Decreto-Lei transpõe para a legislação portuguesa a Directiva n.º 2006/12/CE, de 5 de Abril, e apresenta a definição de resíduo de construção e demolição, pela primeira vez no direito português. Este diploma tem como objectivo estabelecer princípios para a gestão de resíduos, promover a associação de novos instrumentos no quadro legal nacional e também introduzir novos conceitos económicos e financeiros da gestão de resíduos, como um mercado organizado de resíduos com procura e oferta de materiais de forma segura, eficaz e rápida.

Dentro do Regime Geral da Gestão de Resíduos (RGGR), elaborado a partir do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, aparece o Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos (SIRER), que é previsto por tal Decreto-Lei e regulamentado pela consequente portaria n.º 1408/2006, de 18 de Dezembro. Nesse ano, são lançadas algumas especificações técnicas pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil, como a guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos (E 471 – 2006); a guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central (E 472 – 2006); a guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos (E 473 – 2006); e a guia para a utilização de RCD em aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte (E 474 – 2006).

Um ano após é estabelecido o Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (RJUE), através da Lei n.º 60/2007, de 4 de Setembro, referindo o Regime da Gestão de Resíduos de Construção e Demolição (RGRCD), ao longo de alguns artigos deste diploma.

Seguidamente, através do Decreto-Lei n.º 18/2008, de 18 de Janeiro, é apresentado o novo Código dos Contractos Públicos (CCP), referindo várias vezes a importância do PPGRCD (Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição) na gestão de RCD, em vários artigos deste mesmo diploma. O Regime de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição, envolvendo a prevenção e reutilização e as operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de RCD é instituído, através do Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de Março. Sendo muito importante no que diz respeito à determinação das regras metodológicas associadas aos procedimentos de gestão de RCD, de acordo com o dito no artigo 20.º do Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de Setembro, assegurando o emprego das políticas de gestão de RCD no que diz respeito à reciclagem, reutilização e redução de resíduos.

Em 2008, são introduzidos alguns ajustes à Portaria n.º 335/97, de 16 de Maio, quando são homologados os modelos de Guias de Acompanhamento dos RCD (GARCD) através da Portaria n.º 417/2008, de 11 de Junho, que vem definir as Guias específicas a utilizar no transporte de RCD.

Posteriormente, o regime de constituição, gestão e funcionamento do mercado organizado de resíduos, é instituído pelo Decreto-Lei n.º 210/2009, de 3 de Setembro,

tentando colmatar as carências de normalização ligadas ao acompanhamento e inspecção das acções das entidades gestoras de mercados organizados de resíduos, tentando estabelecer uma ponte entre plataformas electrónicas dos mercados organizados e a plataforma SIRAPA (Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente), sendo uma evolução do SIRER (Sistema Integrado de Registo Electrónico de Resíduos).

Mais tarde, a Portaria nº 228/2010, de 22 de Abril, apresenta o logotipo do Mercado Organizado de Resíduos (MOR), a ser utilizado pelas entidades gestoras das plataformas de negociação.

Mais recentemente, o Decreto-Lei nº 73/2011, de 17 de Junho, altera o regime geral da gestão de resíduos e transpõe a Directiva n.º 2008/98/CE, de 19 de Novembro. Este tem como objectivo clarificar conceitos chave, como as definições de resíduo, prevenção, reutilização, preparação para a reutilização, tratamento e reciclagem, e a distinção entre os conceitos de valorização e eliminação de resíduos, com base numa diferença efectiva em termos de impacte ambiental, tendo também em conta a hierarquia dos resíduos como princípio fundamental da política de ambiente. Este diploma veio alterar os Decretos-Lei nº 178/2006, de 5 de Setembro, e o nº 46/2008, de 12 de Março.

6.Programas e Projectos associados aos RCD

Neste capítulo são descritos, de forma resumida, alguns dos programas ou projectos associados à temática dos RCD num âmbito ambientalmente sustentável. São apresentados alguns programas e projectos portugueses e outros internacionais.

6.1.Programa LIFE

O programa LIFE (sigla de “L’Instrument Financier pour l’Environnement” - Instrumento Financeiro para o Ambiente), apresentado pela Comissão Europeia em 1992, financiou mais de 118 projectos em Portugal, em que parte destes projectos foram/são dirigidos para a inovação ambiental e outra parte era/é centrada na conservação da natureza. O programa LIFE promoveu o desenvolvimento de políticas e de legislação comunitárias no âmbito do ambiente, reforçando as mesmas políticas e legislação e integrando outras da mesma forma. Este tem como objectivo apoiar o desenvolvimento de novas soluções para os problemas ambientais confrontados na comunidade europeia e cooperar para a emprego das políticas comunitárias definidas.

O programa LIFE-Ambiente co-financia projectos novos, originais e com potencial no que diz respeito ao ambiente na União Europeia. Este tem como objectivo simplificar a utilização

em grande escala dos resultados das actividades de investigação e desenvolvimento. Tem também como finalidade divulgar esses resultados. Dentro do programa LIFE- Ambiente existem cinco domínios elegíveis para financiamento que são:

- Ordenamento e valorização do território;
- Gestão dos recursos hídricos;
- Redução do impacte ambiental das actividades económicas;
- Gestão dos resíduos;
- Redução do impacte ambiental dos produtos através de uma política integrada de produtos.

Um exemplo em Portugal, de um projecto financiado pelo programa LIFE-Ambiente, foi o programa REAGIR (Reciclagem e reutilização de resíduos de construção e demolição (RCD) no âmbito da gestão integrada de resíduos). Este projecto teve a duração de cerca de 3 anos, iniciando a 1 de Dezembro de 2003 e terminando a 30 de Novembro de 2006. O projecto REAGIR teve como objectivo promover a sustentabilidade no sector da construção civil através da reciclagem e reutilização de RCD e da redução do consumo de matérias-primas. Este também alerta para o facto da gestão deste importante fluxo de resíduos ser várias vezes negligenciado, levando ao depósito ilegal destes e à degradação ambiental e paisagística. Outra das finalidades deste projecto foi a elaboração de um serviço de recolha e reciclagem de RCD e a delineação e aplicação de medidas para a gestão dos RCD (no município de Monte-Mor-o-Velho), auxiliadas por actividades de monitorização.

Outros exemplos de projectos associados ao programa LIFE foram conduzidos pelo ITeC (Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya) e ARC (Agència de Residus de Catalunya), sendo estes sinteticamente explicados a seguir.

6.1.1.ITEC – Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya

Dentro do Projecto LIFE e em conjunto com o ITeC (INSTITUT DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓ DE CATALUNYA), foi elaborado um trabalho associado à “Minimização e Gestão dos Resíduos da Construção”, durante o ano 2000. Ligado a este trabalho existem diversos documentos de alguma importância, como é exemplo a “Situação Actual e Perspectivas Futuras de Resíduos de Construção” (Reixach et al. 2000b), o “Manual para a Minimização e Gestão dos RCD” (Reixach et al. 2000c), o “Plano de Gestão de RCD” (Reixach et al.2000a), o “Software de Apoio à Implementação do PGR” (ITeC 2000) e a “Apresentação de Ensino para a Gestão Eficiente dos Resíduos” (Reixach et al. 2000d). O objectivo destes documentos era promover a consciência ambiental no âmbito do controlo e redução de resíduos mistos gerados pelas actividades de construção.

Reixach et al. (2000c), em "Manual para a Minimização e Gestão dos RCD", tentou incentivar novos hábitos entre os colaboradores das obras de forma a controlar todos os processos que geram resíduos durante uma obra. Este artigo tem em conta a gestão dos RCD e o seu tratamento, as alternativas de gestão e destino, recomenda a redução dos RCD e a

gestão eficiente dos mesmos, compreendendo objectivos de redução, reutilização e reciclagem como parte fulcral da gestão dos RCD. Já em "Plano de Gestão de RCD" (Reixach et al. 2000a), recorre-se a exemplos de forma a explicar como deve ser feito um plano de gestão de RCD. Neste artigo são apresentados valores referentes à produção de RCD, apresentando a composição percentual dos resíduos nas diversas fases de construção estudadas. Estas percentagens estão exposta e analisadas no subcapítulo "Perspectiva internacional" do capítulo "Distribuição da quantidade de componentes de RCD produzidos".

O ITeC, nos projectos associados á quantificação e caracterização dos RCD, tem como objectivos analisar os componentes dos RCD, tentando encontrar um procedimento a dar-lhe para que haja uma valorização dos mesmos, através da reciclagem, reutilização, etc.

Por fim, é através de um documento em particular, o "*Plan de gestión de residuos en las obras de construcción y demolición*", que o ITeC julga estarem reunidas todas as informações necessárias e referentes às etapas mais importantes e relevantes de qualquer obra, seja esta de construção ou de demolição.

6.1.2.ARC – Agència de Residus de Catalunya

Outra organização associada ao projecto LIFE, através do trabalho "Minimização e Gestão dos Resíduos da Construção" de 2000, é a Agència de Residus de Catalunya (ARC). Esta é uma

entidade de direito público na Catalunha, estando ligada à gestão de resíduos gerados na região, excepto resíduos radioactivos.

Nos dados obtidos neste trabalho pela ARC, observa-se que, na secção respeitante aos resíduos de construção em obras novas, existem algumas diferenças no que diz respeito às quantidades de resíduos produzidas quando equiparadas as obras com cofragem metálica e divisórias interiores em gesso cartonado comparadas com obras com cofragem de madeira e divisórias interiores de alvenaria, em que os valores de quantidades eram de $102,87\text{kg/m}^2$ e $117,75\text{ kg/m}^2$, respectivamente.

No mesmo estudo, e relativamente aos fluxos de RCD, são apresentados alguns valores de quantidades por componentes, destacando-se componentes como o betão, os tijolos, as misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos e os materiais de construção à base de gesso. Relativamente aos resíduos de escavação, estes são avaliados, nesse estudo, de forma diferente, sendo citados com unidades de complexa interligação com outros resíduos, e aparecem numa tabela independente.

6.2.PROJECTO WAMBUCO -MANUAL EUROPEU DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS

O Projecto WAMBUCO (*European Waste Manual for Building Construction*) é um projecto que foi financiado pela União Europeia, dentro do Programa Crescimento Competitivo e Sustentável. Este teve como resultado o Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios (Lipsmeier et al. 2005).O referido manual tem duas visões distintas no que diz respeito à quantificação dos RCD, fichas de resíduos específicos de construção e as fichas de resíduos de edifícios.

Neste projecto, analisaram-se elementos funcionais mais elementares da construção (paredes, tectos, pavimentos, fachadas, coberturas e revestimentos), da perspectiva quantitativa e qualitativa, não excluindo a importância destes na gestão de resíduos de obra.

Este manual tem em conta a construção de um ponto de vista de produção de resíduos, mas também, ao nível da gestão global de resíduos. A partir deste é possível fazer uma ligação entre o tipo de edifício (habitação, hotelaria e escritórios) e a quantidade de resíduos produzidos na construção. No entanto, essa ligação não é assim tão clara, destacando-se o caso exemplificativo (Tabela1) que compara os edifícios de hotelaria e escritórios, com áreas de construção e níveis de conforto iguais (Lipsmeier et al. 2005).

Tabela 1 – Índice de resíduos para edifícios de hotelaria e escritórios, com as mesmas áreas de construção e níveis de conforto (Lipsmeier et al., 2005).

Tipo de edifício	Área bruta de pavimento (ABP)	Nível de Conforto	Comprimento	Largura	Pé direito	Número de pisos	Quantidade de resíduos	Índices de resíduos
	[m ²]		[m]	[m]	[m]	[-]	[t]	[kg/m ² ABP]
Edifício de escritórios	70.000	médio	80.00	48,61	3,50	18	2375.34	33.93
Edifício de hotelaria	70.000	médio	80.00	48,61	3,50	18	2355.90	33.66

Como já foi explicado anteriormente, o projecto WAMBUCO teve a colaboração de organizações portuguesas, em que se destacam duas dessas, sendo elas a CEIFA AMBIENTE (Centro de Estudos, Informação e Formação para o Ambiente, Lda) e a TECMINHO (uma Associação Universidade, Empresa para o Desenvolvimento).

6.3.PROJECTO WASTE TOOL

O Projecto “Waste-Tool” (Technische Universität Dresden et al. 2006) aparece a partir da união de empresas, instituições públicas, tal como universidades, associações ou federações, todas estas ligadas ao sector da construção civil, e provenientes de países como Alemanha, França, Polónia, Espanha e Portugal.

Esta ferramenta de resíduos, "Waste-Tool", tenta criar uma forma de laborar com a gestão de RCD provenientes de qualquer tipo de actividade. Este projecto ou ferramenta tem como objectivos, entre outros, ampliar a competitividade, com auxílio do cálculo, de forma a planear de forma mais acurada os diferentes destinos que os RCD podem ter, poupando esforço, meios e dinheiro. Através da estimativa, este projecto tenta propor um método de quantificação de RCD.

6.4.PROJECTO WASTE TRAIN

O Projecto Waste Train (ABZ Essen et al. 2009) tem como objectivo auxiliar a educação nas actividades ligadas à construção civil, estando exclusivamente ligado á gestão de resíduos desta actividade.

Este enfatiza, de forma indirecta, os resultados do Projecto Waste Tool, no entanto, o Projecto Waste Train iniciou a ideia do método de aprendizagem activo e transmitindo o resultado final para órgãos responsáveis pela formação nos países participantes no projecto, ou seja, na Bulgária, Reino Unido, França e Portugal, ajustando o software aos requisitos de uma formação inicial / formação contínua nas actividades do sector da construção e da gestão de resíduos.

6.5. Outros Projectos/Estudos

Também é de salientar alguns estudos provenientes de projectos, a partir dos quais se obtiveram informações importantes, como as apresentadas nas tabelas 2, 3 e 4. Estas informações são relevantes no âmbito da temática dos RCD e no que diz respeito à origem e composição, e à distribuição dos mesmos.

Tabela 2 – Origem e Composição dos RCD (Brito, 2010).

Materiais	% do peso total
Betão, alvenaria e argamassa	50
Madeira	5
Papel, cartão e outros combustíveis	1-2
Plásticos	1-2
Metais (aço incluído)	5
Solos de escavação, brita de restauração de pavimentos	20-25
Asfalto	5-10
Lamas de dragagem e perfuração	5-10

Tabela 3 – Distribuição percentual dos fluxos de materiais constituintes dos RCD ((Pereira, 2002) em (Coelho, 2009)).

Materiais	%
Betão, tijolos e alvenarias	35.0
Madeira	5.0
Papel e cartão	1.0
Vidro	0.5
Plásticos	0.5
Metais	5.0
Isolamentos	0.5
Solos e britas	40.0
Asfalto, betuminoso	6.0
Outros resíduos	6.5

Tabela 4– Redistribuição percentual da composição média dos RCD, sem incluir solos e rochas não contaminadas (Coelho, 2009).

Materiais	%
Betão, tijolos e alvenarias	58.33
Madeira	8.33
Papel, cartão	1.67
Vidro	0.83
Plásticos	0.83
Metais	8.33
Isolamentos	0.83
Asfalto, betuminoso	10.00
Outros resíduos	10.83

7. Classificação de resíduos de construção e demolição

Os resíduos de construção e demolição são classificados de diferentes formas. São classificados segundo:

- A Lista Europeia de Resíduos (LER, 2004);
- O tipo de obra;
- O tipo de material que se encontra presente;
- O destino final dos resíduos.

Para efeitos legais os RCD devem ser classificados de acordo com a Lista Europeia de Resíduos – LER, sendo que esta foi gerada com o objectivo de facilitar e uniformizar a identificação destes (referido na tabela 5).

Tabela 5-Diferentes formas de classificação de RCD (Projecto Reagir ,2007).

Classificação segundo a Lista Europeia de Resíduos

Após a Lista Europeia de Resíduos ter sido transporta para a portaria nº 209/2004, de 3 de Março, os RCD são classificados pelo código 170000, em que os últimos 4 dígitos variam de acordo com o tipo de RCD em questão.

Classificação segundo o tipo de obra

Resíduos de construção – material com origem em novas obras de construção de edifícios e infra-estruturas.

Resíduos de Demolição – material com origem em obras de demolição de edifícios ou infra-estruturas.

Resíduos de Remodelação – material com origem em obras de remodelação ou reparação de edifícios e infra-

	estruturas.
Classificação segundo o tipo de material que se encontra presente	Resíduos inertes – solo, terra, tijolos, telhas, etc.
	Resíduos não inertes – embalagens, plástico, madeira, metal, vidros, etc.
	Resíduos perigosos – óleos, tinta, solventes, amianto, etc.
Classificação de acordo com o destino final dos resíduos	Resíduos reutilizáveis – material que pode ser reutilizado directamente no local da obra ou noutras.
	Resíduos recicláveis – material que pode ser reciclado
	Resíduos não recicláveis – material que, devido às suas características ou por se encontrar contaminado, não pode ser reciclado.

Na tabela 6 está descrito ao pormenor a parte da Lista Europeia de Resíduos que diz respeito aos RCD.

Tabela 6 -Parte da Lista Europeia de Resíduos referente aos RCD (LER, 2004).

17	Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados):		
17	01	Betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos:	
17	01	01	Betão.
17	01	02	Tijolos.
17	01	03	Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos.
17	01	06	Misturas ou fracções separadas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos contendo substâncias perigosas.
17	01	07	Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidos em 17 01 06
17	02	Madeira, vidro e plástico:	
17	02	01	Madeira
17	02	02	Vidro
17	02	03	Plástico
17	02	04	Vidro, plásticos e madeira contendo ou contaminados com substâncias perigosas.
17	03	Misturas betuminosas, alcatrão e produtos de alcatrão:	
17	03	01	Misturas betuminosas contendo alcatrão
17	03	02	Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01

Resíduos de Construção e Demolição – Estado da Arte

Hugo Monteiro

17	03	03	Alcatrão e produtos de alcatrão.
17	04		Metais (incluindo ligas):
17	04	01	Cobre, bronze e latão
17	04	02	Alumínio
17	04	03	Chumbo
17	04	04	Zinco
17	04	05	Ferro e aço
17	04	06	Estanho
17	04	07	Mistura de metais
17	04	09	Resíduos metálicos contaminados com substâncias perigosas
17	04	10	Cabos contendo hidrocarbonetos, alcatrão ou outras substâncias perigosas
17	04	11	Cabos não abrangidos em 17 04 10
17	05		Solos (incluindo solos escavados de locais contaminados), rochas e lama de dragagem:
17	05	03	Solos e rochas contendo substâncias perigosas
17	05	04	Solos e rochas não abrangidas em 17 05 03
17	05	05	Lamas de dragagem contendo substâncias perigosas
17	05	06	Lamas de dragagem não abrangidas em 17 05 05
17	05	07	Balastros de linha de caminho de ferro contendo substâncias perigosas
17	05	08	Balastros de linha de caminho de ferro não abrangidos em 17 05 07
17	06		Materiais de isolamento e materiais de construção contendo amianto:
17	06	01	Materiais de isolamento contendo amianto
17	06	03	Outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas
17	06	04	Materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03
17	06	05	Materiais de construção contendo amianto
17	08		Materiais de construção à base de gesso:
17	08	01	Materiais de construção à base de gesso contaminados com substâncias perigosas
17	08	02	Materiais de construção à base de gesso não abrangidos em 17 08 01
17	09		Outros resíduos de construção e demolição:
17	09	01	Resíduos de construção e demolição contendo mercúrio
17	09	02	Resíduos de construção e demolição contendo PCB (policlorobifenilo) (por exemplo, vedantes com PCB, revestimentos de piso à base de resinas com PCB, envidraçadas vedados contendo PCB, condensados com PCB).

Resíduos de Construção e Demolição – Estado da Arte

Hugo Monteiro

17	09	03	Outros resíduos de construção e demolição (incluindo misturas de resíduos) contendo substâncias perigosas.
17	09	04	Mistura de resíduos de construção e demolição não abrangidos em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03.

No Brasil os resíduos de construção e demolição podem ser classificados em 4 grupos, tendo em conta a origem e o tipo de resíduo. Esta classificação está de acordo com a resolução nº 307/2002 do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente), no Brasil. A tabela 7 diz respeito à classificação referida.

Tabela 7-Classificação de RCD de acordo com CONAMA 2002 (CONAMA, 2002, 2004).

Classe	Origem	Tipo de Resíduo
Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados	De pavimentação e de outras obras de infra-estrutura, inclusive solos provenientes de operações de terraplanagem.
		Da construção, demolição ou remodelação de edifícios (componentes cerâmicos, tijolos, telhas, placas de revestimento e betão)
Classe B	Resíduos como outras destinações	Plásticos, papel, papelão, metais, vidro, madeiras e outros
Classe C	Resíduos para os quais ainda não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações que permitam a sua reciclagem ou recuperação	Gesso e produtos de gesso
Classe D	Resíduos perigosos oriundos de processos de construção	Tintas, solventes, óleos, amianto
	Resíduos contaminados provenientes de demolições ou remodelações	Clínicas de radiologia, instalações industriais e outros

Esta resolução teve como objectivo principal estabelecer as directrizes, critérios e procedimentos relativos à gestão dos resíduos da construção civil no Brasil.

De acordo com Morais (2006) e com as normas brasileiras da Associação Brasileira de Normas Técnicas (2004), os RCD são classificados como material ambientalmente inerte, ou seja, quando sujeitos a experiências de solubilização não exibem qualquer composto solubilizado com concentração acima do valor padrão, não alterando a potabilidade da água.

Morais (2006), diz também que os resíduos da “Classe C” e “Classe D” da classificação elaborada no CONAMA (2002), podem conter contaminantes que não se apresentam na classe de inertes, nomeadamente, o gesso, amianto, tintas, solventes e óleos, de acordo com as normas NBR 10004, 10005 e 10006.

8. Distribuição da quantidade dos diferentes componentes dos RCD produzidos

A distribuição das quantidades que os diferentes componentes dos RCD representam individualmente, torna-se relevante quando há necessidade de tratamento dos mesmos, seja para eliminação ou para reciclagem. Estas quantidades permitem compreender o que se fazia no passado e o que se faz actualmente, ou seja, quais as práticas mais utilizadas na construção, os materiais mais requeridos e qual o tipo de obra.

De acordo com o relatório sobre as práticas de gestão e impactes económicos dos RCD, elaborado pela Symonds Group Ltd, e seguindo a resolução do conselho, de 7 de maio de 1990, é necessário estabelecer uma ordem ou hierarquia no que toca ao tratamento e destino dos RCD. Nesse relatório compreende-se tal hierarquia, designada para estabelecer objectivos no que diz respeito a um programa que lança as bases para a gestão de RCD, este programa designa-se de programa de fluxos de resíduos prioritários, elaborado na resolução do conselho mencionada anteriormente.

A hierarquia resume-se da seguinte forma:

- I. Prevenção ou redução;
- II. Reutilização;
- III. Reciclagem ou recuperação de materiais;
- IV. Recuperação energética;
- V. Deposição;

Este programa, que tenta estabelecer esta mesma hierarquia, veio aliviar a pressão nos aterros, que tinham praticamente o mesmo volume de RCD que RSU, tornando mais ampla a escolha e a noção ambiental e económica e os seus respectivos impactes. Programa como LIFE, entre outros, promoveram ainda mais esta implementação da hierarquia de gestão de RCD (Symonds Group Ltd, 1990).

Na tabela 8 contempla-se o “núcleo” de RCD gerados em vários países da europa, sendo que, para efeitos desse estudo, esse “ núcleo” é a mistura de materiais obtidos quando um edifício ou parte deste é demolida, incluindo também os materiais envolvidos na construção de um edifício. Não inclui material resultante da construção de estradas, solos escavados para construção de edifícios, material de ligação ao exterior (tubagens de água, gás e electricidade) e vegetação á superfície (Symonds Group Ltd, 1990).

De a cordo com o relatório, e com o exposto na tabela 8, cerca de 480 kg por pessoa por ano, apenas aproximadamente 28% dos RCD eram reciclados, sendo que 72% dos RCD tinham como destino aterro. Também é de destacar que Alemanha, Reino Unido, Itália, França e Espanha, eram os estados membros da UE-15 que mais eram produziam RCD (“Nucleo” de RCD), representando cerca de 80% do total produzido (Symonds Group Ltd, 1990).

Tabela 8 – Sumário de RCD gerados e reciclados (Symonds Group Ltd, 1990).

Estado Membro	“Núcleo” de RCD gerados (m ton, arredondado)	% Reutilizada ou Reciclada	% Incinerada ou Depositada em aterro
Alemanha	59	17	83
Reino Unido	30	45	55
França	24	15	85
Itália	20	9	91
Espanha	13	<5	>95
Holanda	11	90	10
Bélgica	7	87	13
Áustria	5	41	59
Portugal	3	<5	>95
Dinamarca	3	81	19
Grécia	2	<5	>95
Suécia	2	21	79
Finlândia	1	45	55
Irlanda	1	<5	>95
Luxemburgo	0	n/a	n/a
EU-15	180	28	72

8.1. Distribuição em Portugal

Como já foi referido anteriormente, os RCD são uma mistura de materiais (Tabela 9), sendo constituídos por materiais como betão, cerâmicas, solos, entulhos, entre outros, podendo, também, conter papel/cartão, metais, vidro e plástico. Se estes componentes não estiverem contaminados podem ter valor económico e serem utilizados no mercado de reciclagem (Barros, E & Jorge, F., 2008).

É comum que edifícios mais antigos tenham alguns constituintes perigosos na sua composição, como é o caso do amianto, dos clorofluorocarbonetos (CFC's) e do policlorobifenilos (PCb's). Actualmente os edifícios apresentam menor probabilidade de conter materiais perigosos, como os citados acima, visto que o controlo é maior (Barros, E & Jorge,F., 2008).

Normalmente, os constituintes dos RCD são substâncias orgânicas, caso do plástico e da madeira, ou inorgânicas, caso dos metais, vidro e minerais, existindo ainda outros materiais que são compostos por mais do que uma substância. Por esta razão torna-se difícil caracterizar os RCD, pois cada material tem as suas particularidades, e, determinado impacte específico no meio ambiente. Isto torna a desagregação das fracções mais difícil e, por consequência, uma barreira à valorização económica dos RCD (Barros, E & Jorge,F., 2008).

Tabela 9- Composição (Percentagem mássica) dos RCD na região da Grande Lisboa (Lima & Pinto,2000)

Fracção dos RCD	Percentagem do Total (%)
Madeira	48.4
Metais	33.4
Inertes	10.6
Plásticos e Borracha	2.2
Cobre	0.2
Chumbo	0.1

A quantificação da distribuição que cada componente de RCD produzido apresenta, foi calculada por vários autores, para diferentes tipos de obras, sejam elas de construção ou de demolição (Coelho, A., & Brito, J. d, 2011a; Franklin Associates, 1998; Reixach et al., 2000; Pereira, 2002; Costa & Ursella, 2003). No entanto estes autores parecem ignorar a classificação definida pela Lista Europeia de Resíduos. Os componentes de RCD produzidos considerados nestes estudos são os seguintes: betão, cerâmicas, metais, madeira, plásticos, betão e outros.

De acordo com os autores anteriormente referenciados, os componentes solo e pedras (não contaminados), betão e cerâmicas – parte inerte do RCD – são a porção mais representativa, havendo aqui um consenso. Se esta parte inerte apresentar solo e pedras não contaminadas, representa cerca de 75 a 95%, se esta parte inerte excluir solo e pedras não contaminadas, representa cerca de 60 a 85%. Sendo preferível não considerar o solo e pedras, sendo estes provenientes do processo de escavação. Não devem ser considerados por variadas razões tais como o facto de não provocarem impacte, não contribuindo para o défice de recurso, não são fabricados, podendo não ser considerados como resíduos. No que diz respeito aos restantes componentes, as suas quantidades variam largamente de autor para autor (Tabela 9).

A tabela 10 resume percentualmente os componentes dos RCD mais relevantes em Portugal, como anteriormente mencionado neste capítulo. No entanto, esta tabela realça valores para os três tipos de operações e para dois tipos de edifício dentro desses tipos de operações. Seguidamente realçam-se os valores mais importantes. São tidos em conta as

operações de demolição, remodelação e (nova) construção, e os tipos de edifício analisados foram os edifícios de habitação e os edifícios de serviços.

Na demolição de edifícios de habitação denota-se que, os componentes betão (10.5%), tijolos (15.1%), mistura ou fracções separadas de betão, tijolos, telhas e materiais cerâmicos não contaminados (10.4%) e a solo e rochas contaminados (50.3), representam as maiores percentagens em comparação com o total dos componentes dos RCD. Sendo que a mistura de metais apresenta, largamente, a maior percentagem.

Na demolição de edifícios de serviços observa-se que, os componentes betão (74.6%) e mistura ou fracções separadas de betão, tijolos, telhas e materiais cerâmicos não contaminados (12.3%), representam as maiores percentagens em comparação com o total dos componentes dos RCD. Neste caso, verifica-se que a componente betão dos RCD é a mais gerada.

Na remodelação de edifícios de habitação verifica-se que, os componentes tijolos (51.7%) e mistura ou fracções separadas de betão, tijolos, telhas e materiais cerâmicos não contaminados (31.3%), representam as maiores percentagens em comparação com os restantes componentes de RCD listados. Verificando-se que os tijolos são o componente que mais relevância apresenta.

Na remodelação de edifícios de serviços denota-se que, os componentes betão (14.5%), tijolos (12.6%) e mistura ou fracções separadas de betão, tijolos, telhas e materiais cerâmicos não contaminados (56.6%) representam as maiores percentagens em comparação com o total

dos componentes de RCD listados. Sendo que o componente mistura ou fracções separadas de betão, tijolos, telhas e materiais cerâmicos não contaminados é o mais produzido.

Na construção de edifícios de habitação ou de serviços o componente mais gerado é a mistura ou fracções separadas de betão, tijolos, telhas e materiais cerâmicos não contaminados, com percentagens de 82.9% e 72.7% respectivamente. Sendo este componente o mais relevante, no que diz respeito a este tipo de obra e para este tipo de edifício.

Tabela 10 - Distribuição de diferentes componentes dos RCD em Portugal (Coelho, A., & Brito, J. d, 2011a).

Material	Demolição (%)		Remodelação (%)		Nova construção (%)	
	Edifício de habitação	Edifício de serviços	Edifício de habitação	Edifício de serviços	Edifício de habitação	Edifício de serviços
Betão	10.5	74.6	2.3	14.5		
Tijolos	15.1	1.5	51.7	12.6		
Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos	0.66	0.31	1.6	1.3		
Mistura ou fracções separadas de betão, tijolos, telhas e materiais cerâmicos não contaminados	10.4	12.3	31.3	56.6	82.9	72.7
Madeira	3.8	5.1	1.7	1.7	4.2	7.4

Resíduos de Construção e Demolição – Estado da Arte

Hugo Monteiro

Vidro	0.12	0.31	0.18	0.13		
Plásticos	0.02	0.14	0.03	0.24	0.16	0.63
Papel e Cartão			0.29	0.60	1.2	2.6
Alcatrão e produtos de alcatrão	0.01					
Misturas betuminosas contendo alcatrão		0.74				
Alumínio	0.01	0.06		0.01		
Chumbo	0.05		0.09			
Ferro e Aço	0.49	2.4	0.19	0.10		
Mistura de metais	0.03	0.61	0.62	1.33	4.5	7.8
Solos e rochas contaminados	50.3		5.53	5.19		
Materiais de isolamento não contaminados	0.01	0.34				
Materiais de isolamento contendo substâncias perigosas		0.36				
Materiais de construção contendo amianto	0.02					
Material de gesso não contaminado	4.40	0.01	4.25	5.21	6.4	7.5

Resíduos de Construção e Demolição – Estado da Arte

Hugo Monteiro

RCD contaminado com substâncias perigosas	0.69	1.0				
Mistura de resíduos sólidos municipais com materiais equivalentes			0.21	0.40	0.75	1.5
Outros resíduos	3.5	0.18				

8.2.Perspectiva Internacional

De acordo com Coelho, A., & Brito, J. (2011a), Portugal apresenta valores semelhantes aos da Alemanha no que diz respeito á distribuição de betão, tijolos e maçonaria, sendo estes perto de 73,6% do total de RCD produzidos. Também apresenta valores baixos no que diz respeito à distribuição de plásticos, podendo isto ser explicado pelo facto que a indústria no país está mais associada à nova construção, ao invés da remodelação, e pelo que ao longo do tempo a indústria de nova construção e de remodelação investiram mais na utilização de outros materiais. Os valores de distribuição de madeira também se apresentam baixos, sendo que não é tradição no país a utilização de grandes quantidades desse material.

É de especial importância o tipo de construção e o tipo de operação no que diz respeito á distribuição de materiais nos RCD, sendo também importante a idade dos edifícios, especialmente no que diz respeito a operações de demolição, dando uma noção do tipo de distribuição de materiais que os RCD irão apresentar (Coelho, A., & Brito, J., 2011a).

Seguindo a tabela 11, denota-se a quase ausência de misturas betuminosas sem alcatrão em países como Alemanha e Estados Unidos da América, sendo que esta ausência pode ser explicada pelo facto de estes materiais estarem associados a outra categoria das apresentadas. Nesta categoria (misturas betuminosas sem alcatrão) destacam-se o Japão e Suíça com valores elevados. Por outro lado, no que diz respeito à distribuição de metais nos RCD, estes apresentam elevados valores nos Estados Unidos da América, onde a indústria da construção

investe bastante na utilização deste tipo de materiais. A partir da tabela 11, constata-se também, um contraponto relativo a Portugal na distribuição de madeira como material de RCD em comparação com países como Estados Unidos da América e Alemanha, apresentando estes dois últimos valores bastante elevados, sendo que nestes países é tradição a utilização de materiais de madeira nas actividades de construção, ao contrário de Portugal, como foi dito anteriormente (Coelho, A., & Brito, J., 2011a).

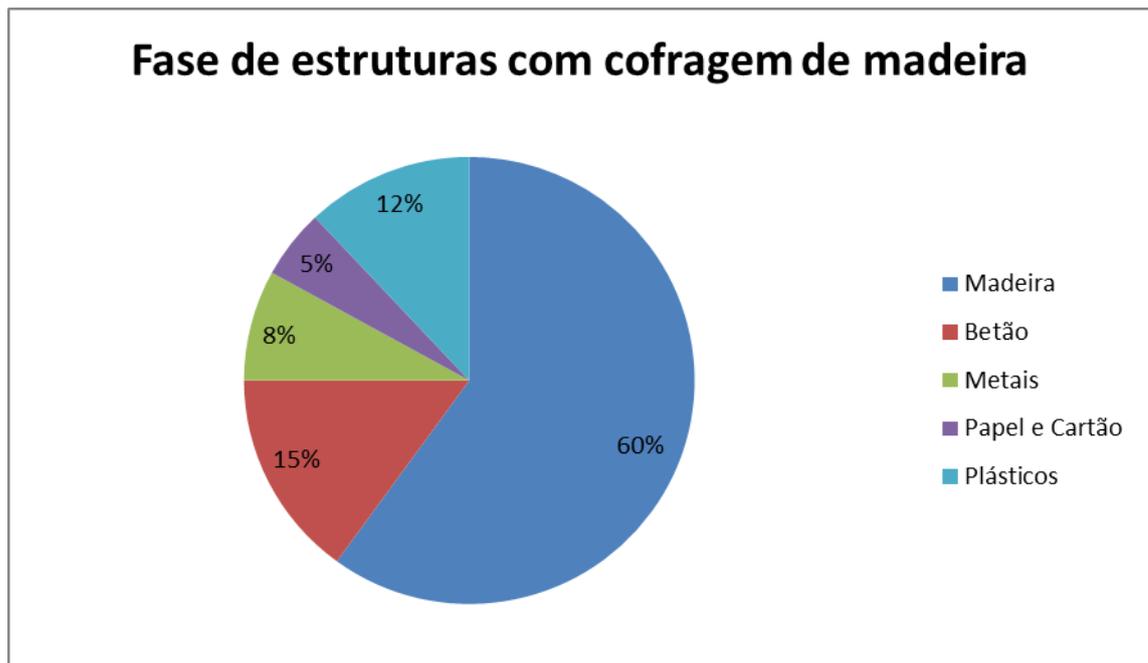
Tabela 11-Principal distribuição de RCD em alguns países (%) (Coelho, A., & Brito, J. d, 2011a).

Materiais	País						Média
	Portugal	Japão	Suíça	E.U.A.	Alemanha	Noruega	
Betão, tijolos e maçonaria	73.6	42.3	32.2	72.6	75.7	53.3	58.3
Metais	2.2	1.3	2.5	7.8	1.1	3.0	3.00
Madeira	3.2	6.0	3.0	13.3	13.4	12.9	8.65
Plásticos	0.1	1.3	1.3	1.5	0.6	1.1	0.98
Misturas betuminosas sem alcatrão	13.5	34.0	52.8	0.0	0.0	12.2	18.8
Outros RCD	7.4	15.0	8.2	4.8	9.2	17.5	10.3

De acordo com o explicado no capítulo “Programas e Projectos associados aos RCD”, o ITeC elaborou um trabalho, “Plano de Gestão de RCD” (Reixach et al. 2000a), em que deste saíram alguns números interessantes no que diz respeito à distribuição dos componentes dos RCD produzidos na Catalunha. Os gráficos e os textos auxiliares seguintes, explicam de forma sintética a realidade desse território, no âmbito da produção de RCD em diferentes fases de construção estudadas.

Como se pode denotar no gráfico 1, neste estudo os resultados apontam que, na fase de estruturas com cofragem de madeira, os resíduos mais produzidos são os compostos por madeira, apresentando uma percentagem de 60%.

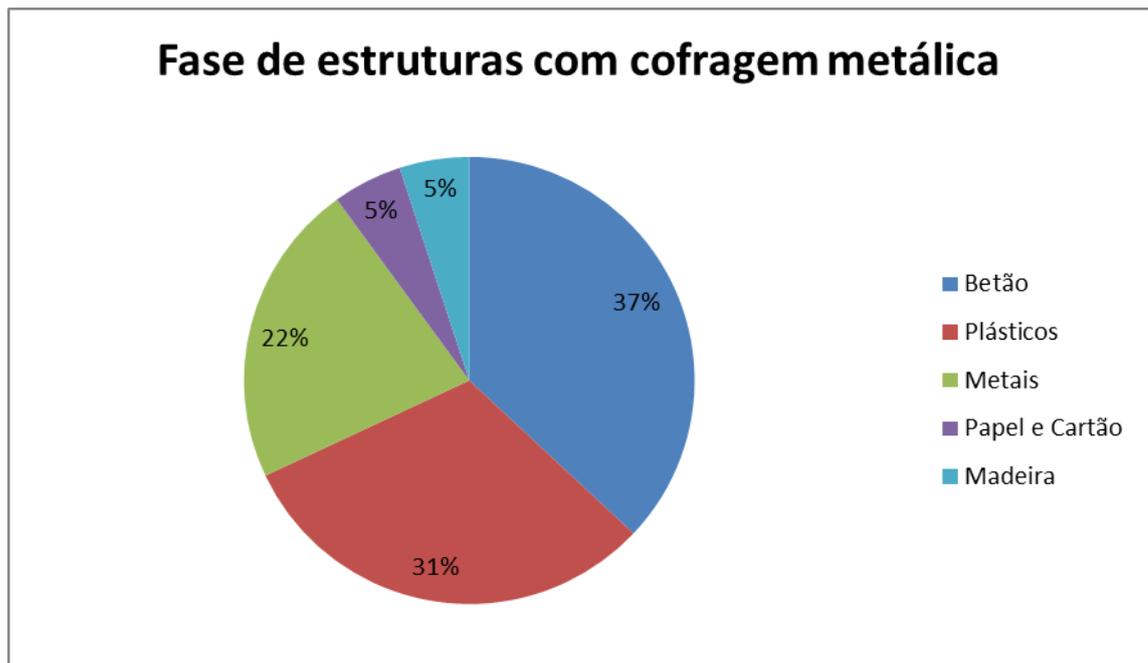
Gráfico 1 – Composição percentual dos resíduos produzidos na fase de estruturas com cofragem de madeira
(Reixach et al. 2000a).



Como se pode observar no gráfico 2, neste estudo os resultados apontam que, na fase de estruturas com cofragem metálica, os compostos de RCD mais produzidos são o betão (37%) e os plásticos (31%).

Gráfico 2 – Composição percentual dos resíduos produzidos na fase de estruturas com cofragem de metal

(Reixach et al. 2000a).



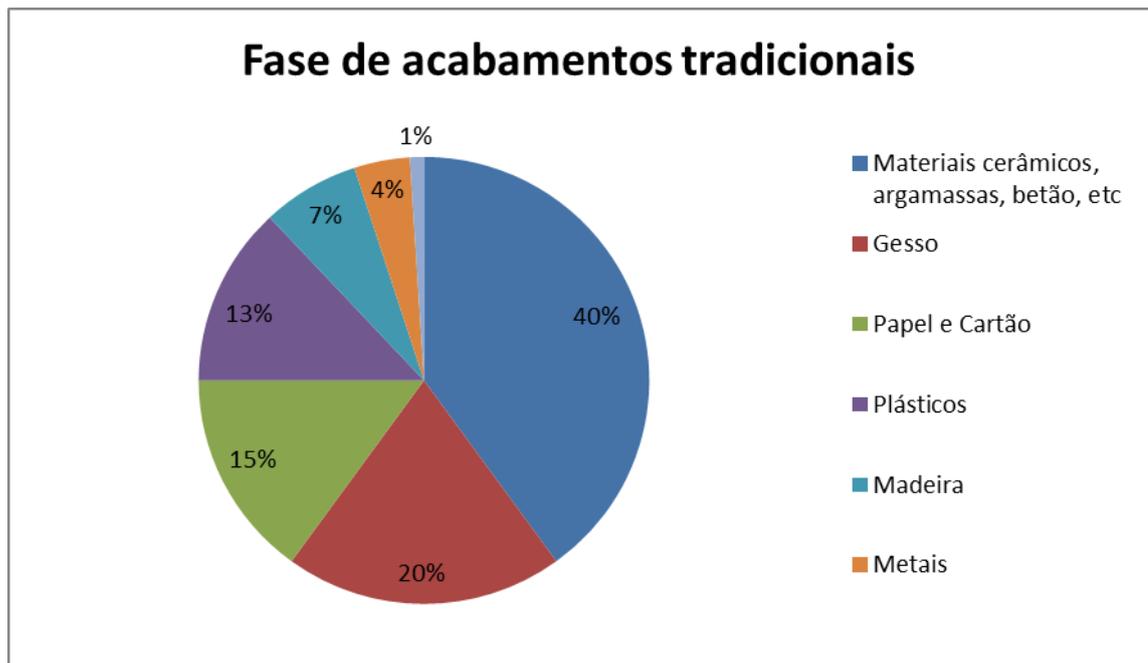
Como se pode observar no gráfico 3, neste estudo os resultados apontam que, na fase de alvenarias, os compostos de RCD mais produzidos são os materiais cerâmicos, argamassas, betão e etc., com uma percentagem de 84%.

Gráfico 3-Composição percentual dos resíduos produzidos na fase de alvenarias (Reixach et al. 2000a).



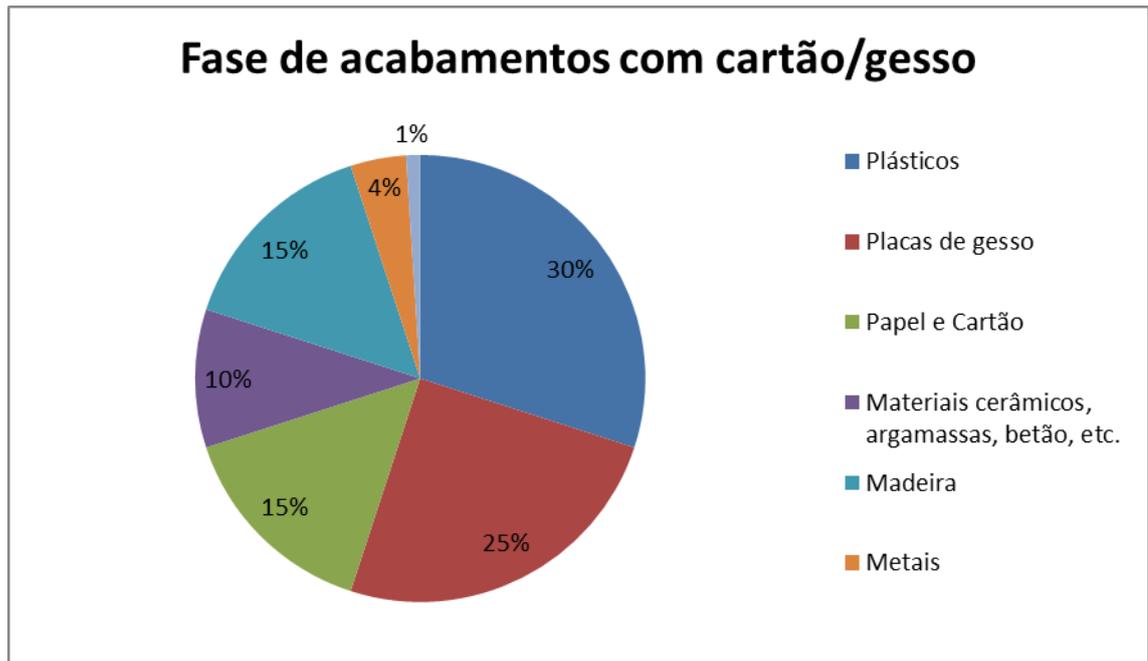
Como se pode verificar no gráfico 4, neste estudo os resultados apontam que, na fase de acabamentos tradicionais, os compostos de RCD mais produzidos são os materiais cerâmicos, argamassas, betão e etc., com uma percentagem de 40%.

Gráfico 4- Composição percentual dos resíduos produzidos na fase de acabamentos tradicionais (Reixach et al. 2000a).



Como se pode verificar na gráfico 5, neste estudo os resultados apontam que, na fase de acabamentos com cartão/gesso, os compostos de RCD mais produzidos são os plásticos (30%) e as placas de gesso (25%).

Gráfico 5- Composição percentua dos resíduos na fase de acabamentos com cartão/gesso (Reixach et al.2000a).



9. Reciclagem e reutilização de resíduos de construção e demolição

Após a produção de resíduos de construção e demolição por uma determinada obra, estes podem ser reciclados ou reutilizados em outras obras ou na mesma de onde estes têm origem.

A estimativa dos diferentes materiais que compõem os RCD provenientes de uma determinada fonte é importante do ponto de vista da previsão da gestão dos custos dos resíduos e/ou receita de venda dos materiais separadamente, sendo para aplicação noutras obras. Alguns materiais constituem importantes fontes de receita, tais como plásticos e metais (Coelho, A., & Brito, J., 2011a). Tendo em conta que os agentes de reciclagem de RCD cobram taxas de acordo com a densidade que o material apresenta, o nível de contaminante e existência de materiais específicos no RCD, o cálculo da composição de RCD demonstra ser importante para ambas as partes, produtores e gestores da reciclagem de RCD (Coelho, A., & Brito, J., 2007).

De acordo com Coelho, A., & Brito, J., (2011b), devem ser feitos mais estudos a nível regional para permitir uma melhor gestão de RCD, colocando as centrais de reciclagem de RCD de capacidade correcta nos locais adequados.

Tendo em conta o que foi explicado no capítulo anterior, entende-se que a quantidade de determinado material, composto de RCD, influencia a sua aplicação e reciclagem, visto que

cada composto é reciclado de uma determinada forma. Em Portugal, estima-se que haja uma elevada produção de materiais inertes, betão, tijolos e alvenaria, em comparação com outros compostos de RCD (Coelho, A., & Brito, J., 2011a). Estes materiais inertes são facilmente recicláveis dependendo das técnicas de separação e tratamento a que sejam submetidos (Mulder et al., 2007). Podendo ser reutilizados na construção de estradas (Mehus et al., 2005), no preenchimento de fundações, na fabricação de novo betão (Grübl et al., 1999) e como matéria-prima secundária para fabricação de tijolos (Klang et al., 2003).

9.1. Reciclagem e reutilização a nível internacional

A nível internacional verifica-se que, no que diz respeito á prática da reciclagem e reutilização, os dados são mais certos e existem mais fontes de informação. Seguidamente, o assunto da reciclagem e reutilização será abordado de um ponto de vista internacional.

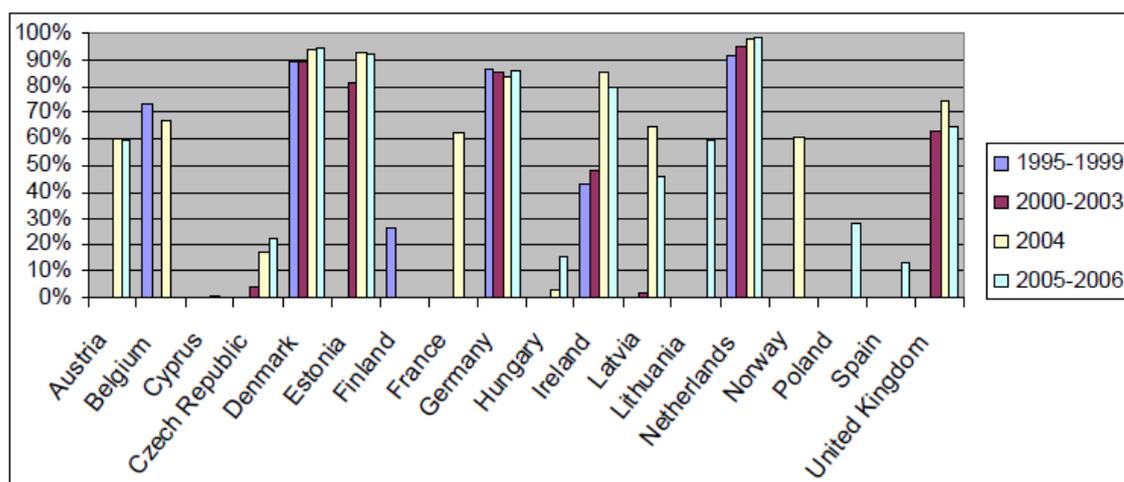
9.1.1. Europa

Relativamente à reciclagem, o estudo *Working Paper 2/2009* apenas apresenta dados ligados à reciclagem de RCD em 18 dos 28 países integrados no estudo geral (27 da UE e Noruega).

Pode-se verificar neste estudo que os países com elevada produção de RCD *per capita*, como é exemplo França, Alemanha e Irlanda, têm valores de reciclagem muito elevados (entre as 2 e 3,5 toneladas *per capita*), sendo que outros apresentam valores de reciclagem elevados (entre as 0,5 e 1,5 toneladas *per capita*), como o caso a Áustria, Bélgica, Dinamarca, Estónia, Holanda e o Reino Unido, apresentando baixos valores de produção de RCD *per capita*.

De acordo com este mesmo estudo, observa-se que a maior parte dos países da UE e Noruega têm valores percentuais de reciclagem acima dos 60%, se comparados os valores de reciclagem de RCD com as quantidades totais geradas. Alguns países, caso da Dinamarca, Alemanha, Irlanda, Holanda e Estónia, têm valores de reciclagem elevados, cerca de 80%, do total de RCD produzidos. Outros países, como a República Checa, Finlândia, Hungria e Polónia, apresentam valores de reciclagem entre 15% a 30%, do total da produção de RCD (gráfico 6).

Gráfico 6 - Percentagem de RCD reciclado gerado na UE e Noruega, com base em relatórios nacionais e estatísticas (Eurostat e ETC/RWM, 2008).



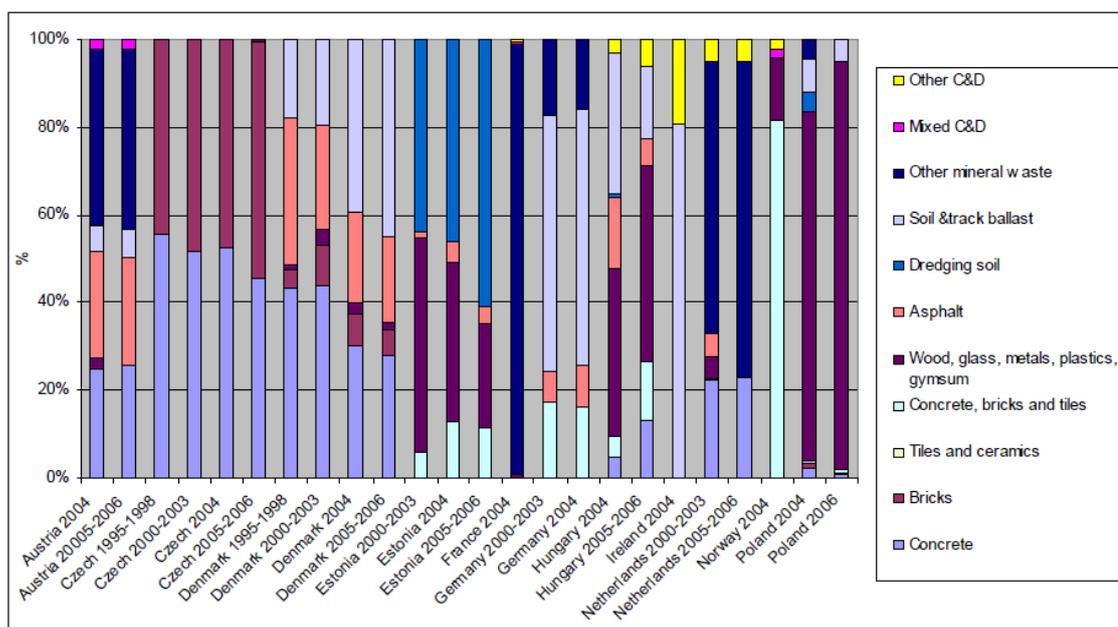
Nos últimos anos, verifica-se que a percentagem de reciclagem tem aumentado ligeiramente nos países que apresentam maior nível de reciclagem, como são exemplo a Dinamarca, Alemanha, Holanda e Reino Unido. Por outro lado, países como a República Checa, Estónia, Hungria e Irlanda, que tinham no início percentagens baixas de reciclagem de RCD, tendo ultimamente, obtido um aumento apreciável.

Uma das razões pelas quais os países de elevados níveis de reciclagem, apresentarem esses mesmos níveis, é o facto da composição de RCD ser favorável a tal tratamento ou destino.

O gráfico 7 apresenta a composição dos RCD reciclados e como esta se desenvolveu ao longo do tempo, sendo possível verificar que:

- Reciclagem de betão, tijolos, telha e asfalto é feita em todos os países excepto na Irlanda e França;
- Elevada percentagem de reciclagem de betão, tijolos e telhas na Noruega, e República Checa;
- Maior percentagem de reciclagem de asfalto verifica-se na Áustria, Dinamarca e Hungria.

Gráfico 7– Composição percentual e desenvolvimento dos RCD reciclados na UE e Noruega (Eurostat e ETC/RWM, 2008, com base em relatórios nacionais e estatísticas) (Fischer e Werge 2009).



Quando são grandes as quantidades de RCD convencionais é possível proceder a sua reciclagem, depois de devido tratamento, sendo mais propriamente a fracção constituída por betão, tijolos e telhas que é reciclada. É prática comum na Europa a utilização desses

componentes de RCD como material de enchimento de estruturas e de sub-bases de estradas, sendo de destacar que a reutilização de agregados como material de enchimento na indústria de construção de estradas (inclui a construção de estradas, parques de estacionamento e etc.) é a prática mais utilizada por a maior parte dos estados membros. No entanto, a indústria de construção de estradas prefere materiais virgens (devido a razões baseadas na ajustabilidade dos materiais à função que irão executar) uma vez que:

- Baixo custo dos novos materiais;
- Baixo custo da deposição em aterro;
- Local de tratamento e/ou reciclagem dos RCD muito distante;
- Alto custo do tratamento e/ou reciclagem dos RCD;

Tornando assim, difícil a competição económica entre RCD reciclados e novos materiais (Symonds Group Ltd, 1990).

Na reciclagem de betão utilizando agregados de RCD é necessário ter em conta uma série de factores. Peter Gröbl desenvolveu o artigo “Concrete made from recycle aggregate: experiences from building project “Waldspirale””, em que, como o próprio nome indica, foram feitas várias experiências tendo em conta os tais factores referidos anteriormente, tais como a consistência inicial e final, a concentração de água a utilizar, rigidez necessária e força compressiva a aplicar no processo de reciclagem. As experiências foram desenvolvidas com intuito de que o betão reciclado obtido seja possível de ser utilizado na construção, mais propriamente em fundações, paredes, tectos, pilares, etc.

O senão nos resultados obtidos é o facto de estes serem apenas bons devido ao facto de terem sido elaborados com o objectivo de serem utilizados numa “obra experiência”, pois quando comercializado em maior quantidade o betão terá, certamente, de ser melhorado e as suas características modificadas para obras de diferentes tipos e exigências. Esta referência tem como objectivo provocar uma curiosidade de pesquisa e leitura de tal artigo, mas, também, compreender que a reciclagem de componentes essenciais para uma obra necessita de ser mais desenvolvida, assim como, a promoção do desenvolvimento sustentável ao nível da indústria da construção civil.

A reciclagem de RCD permite uma libertação de espaço e pressão sobre os aterros. Na UE, a Holanda é um dos países com maior tradição neste tipo de práticas, expressando preocupação de tal forma que apresentam uma elevada percentagem de RCD reutilizado ou reciclado (Symonds Group Ltd, 1990).

A construção de estradas consiste, convencionalmente, na escavação dos materiais e, depois, na sua substituição por novos. Estes que substituem os antigos podem ser matéria-prima derivada de recurso natural ou RCD reciclados. No que diz respeito à utilização de RCD reciclados para a construção de estradas pode-se usar material betuminoso, sendo este o material mais utilizado neste tipo particular de reciclagem (Symonds Group Ltd, 1990).

A nível europeu são usadas misturas quentes de asfalto, misturas frias betuminosas ou materiais betuminosos na construção de estradas. A tabela 12 apresenta algumas estatísticas disponíveis do material utilizado na construção de estradas (Symonds Group Ltd, 1990).

Tabela 12- Estatísticas sobre materiais de construção de estradas (em toneladas) (Symonds Group Ltd, 1999).

Estados Membros	Mistura quente de asfalto Produção 1997	Mistura Fria betuminosa 1997	Consumo de material betuminoso na indústria de estradas 1997
Alemanha	65,000	n/a	2,680
Reino Unido	27,500	n/a	1,810
França	38,600	1,500	2,900
Itália	39,800	n/a	1,950
Espanha	23,900	1,450	1,320
Holanda	7,900	26	330
Bélgica	4,600	0	220
Áustria	6,100	50	320
Portugal	8,100	240	580
Dinamarca	3,500	24	180
Grécia	5,200	2	370
Suécia	5,300	700	320
Finlândia	3,800	1,000	250
Irlanda	2,400	120	210
Luxemburgo	n/a	n/a	n/a
EU - 15	241,700	5,112	13,440

Como se pode denotar na tabela 12, Espanha, Holanda e Suécia apresentam os valores mais elevados no que diz respeito à utilização de misturas frias betuminosas, esclarecendo a maior aposta na utilização de misturas frias betuminosas na construção das suas estradas. No entanto países como Alemanha, França e Itália apresentam valores mais elevados no que diz respeito à utilização de misturas quentes de asfalto, demonstrando que apostavam mais na construção de estradas com misturas quentes de asfalto.

Como se pode constatar na tabela 13, a Alemanha apresenta uma maior percentagem de material usado para reciclagem a quente, no entanto não é o estado membro que apresenta

maior percentagem de material utilizado nas novas, sendo, nesse capítulo, a Holanda a nação que mais recorre a material utilizado em novas produções.

Tabela 13 - Estatísticas de materiais reciclados na construção de estradas (em toneladas) (Symonds Group Ltd, 1999).

Estado Membro	Material disponível para reciclagem	% Usado na reciclagem a quente	% de novas produções de contendo material utilizado
Alemanha	15,00	80	18
Reino Unido	≈5,000	n/a	10
França	>1,000	≈25	<3
Itália	1,200	50	5
Espanha	700	n/a	n/a
Holanda	3,000	50	20
Bélgica	≈1,500	10-40	15
Áustria	500	25	5
Portugal	67	n/a	n/a
Dinamarca	160	67	37
Grécia	600	n/a	n/a
Suécia	900	8	2
Finlândia	300	50	5-10
Irlanda	n/a	n/a	n/a
Luxemburgo	n/a	n/a	n/a
EU-15	29,927	n/a	n/a

As técnicas de reciclagem podem ser feitas *in situ* ou *ex situ*.

No que diz respeito à reciclagem *in situ* de estradas, esta envolve a remediação do material existente, reprocessando-o e incorporando material de revestimento. O processo é bastante utilizado em países escandinavos, envolvendo uma série de passos (Symonds Group Ltd, 1990).

O processo geralmente segue os seguintes passos (Symonds Group Ltd, 1990):

- O material de estrada existente é quebrado e misturado;
- Mistura-se ao material anterior material de revestimento;
- A mistura resultante é classificada e compactada;
- A superfície é selada com material betuminoso e areia como preparação para uma nova camada.

Antes deste processo se dar, deve-se efectuar um estudo ao pavimento, incluindo a profundidade do mesmo, para saber qual a profundidade necessária e qual a percentagem de revestimento a misturar. Normalmente o revestimento utilizado é cimento, misturas de cimento e calcário, cinzas ou espuma de asfalto (Symonds Group Ltd, 1990).

Este processo acima descrito apresenta vantagens e desvantagens relativamente ao processo tradicional. A tabela seguinte resume essa informação.

Tabela 14- Vantagens e desvantagens do processo de reciclagem *in situ* de estradas.

Vantagens	Desvantagens
Não há necessidade de utilizar agregado natural utilizando material existente de estrada.	Serviços (gás, água, telefone e etc) perto da superfície podem ser interrompidos.
Menos transporte de materiais.	Buracos escavados devem ser menos profundos e selados antes do início do processo.
Processo mais rápido.	
Custos mais baixos, geralmente.	

No que diz respeito à reciclagem *ex situ*, esta envolve escavação e remoção dos materiais de construção de estradas existentes para depois processar, classificando e misturando com material de revestimento apropriado antes de ser compactado para formar uma nova estrada (Symonds Group Ltd, 1990).

A abordagem *ex situ* permite um maior controlo sobre a qualidade do material que a *in situ*, e um maior controlo nas actividades de construção. Permite mais facilmente a produção de material consistente, tornando este material ideal para estradas mais frequentadas (Symonds Group Ltd, 1990).

Características da reciclagem *ex situ* (Symonds Group Ltd, 1990):

- Planta de reciclagem é mais fácil de transportar e pode ser fixada num determinado local em poucas horas;
- A planta de reciclagem não emite fumo, odor ou ruído;
- O local da planta de reciclagem pode ser escolhido de forma a reduzir os impactes ambientais e mitigando os mesmos;
- Os impactes ambientais no sítio de reconstrução podem ser reduzidos ao mínimo;
- Amplo espectro de materiais que podem ser processados, incluindo pavimento de estrada, betão esmagado e maçonaria;

- Os materiais podem ser processados de acordo com um objectivo no que diz respeito ao material final a ser utilizado;
- Todos os materiais são processados num ambiente controlado, resultando na produção de material de alta qualidade;
- O material classificado pode ser armazenado até ser necessário novamente;
- Material de ligação pode ser utilizado, se correctamente armazenado, até 4 semanas após produção;
- O material escavado da estrada e o seu substituto podem ser processados utilizando material e equipamento convencional;
- Agregados secundários (como cinzas) podem ser incorporados na nova estrada, diminuindo a necessidade de utilização de agregados primários.

Quando os agregados primários são “fracos” ou de má qualidade, podem ser utilizados materiais de revestimento apropriados e especiais no processo de reciclagem. Tal acontece com alguma frequência no Canadá (Symonds Group Ltd, 1990).

A construção de estradas através de material reciclado é semelhante, senão igual, à construção de parques de estacionamento e estruturas do género, de tal forma que o acima dito para a construção de estradas usando material reciclado é também aceitável para a

construção de parques de estacionamento ou estruturas do género (Symonds Group Ltd, 1990).

9.1.2. Brasil

Os agregados reciclados de RCD podem ser também utilizados na pavimentação. No Brasil estes agregados são utilizados precisamente dessa forma, sendo que segundo o GEIPOT (2000), cerca de 10% da malha rodoviária do país é pavimentada.

9.1.3. Japão

No Japão é necessário que haja uma melhoria significativa do estado ambiental, para que isso aconteça é importante a mudança da sociedade de consumo lá existente. A elevada poluição, o uso exaustivo de recursos naturais e a diminuição da capacidade dos aterros, demonstram a urgência desta mudança. Anualmente são produzidos cerca de 75 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição. Devido ao facto de esta ser uma quantidade elevada e alarmante considera-se importante a reciclagem ou reutilização de alguns destes resíduos, tal como a reciclagem de betão, sendo que assim iria reduzir em cerca de 37% dos RCD produzidos, demonstrando-se ser uma via de importante promoção (Kiyoshi, 2006).

No entanto, esta reciclagem de betão nem sempre compensa devido ao preço elevado que o betão reciclado tem neste país. Foram elaboradas novas experiências de forma a tentar que o resultado obtido seja competitivo a nível económico e ambiental. Por fim, conclui-se que a mistura de agregados reciclados derivados de RCD e agregados naturais podem promover a estabilidade e qualidade necessária ao betão, a um custo competitivo. A mistura promove a

redução de RCD para aterro e promove a diminuição da utilização de recursos naturais (Kiyoshi, 2006).

Os RCD são produzidos normalmente por razões antrópicas, no entanto estes, nalgumas partes do globo, são produzidos também por outras razões: razões naturais. Estas razões naturais descrevem-se como sendo sismos, furacões, tornados e inundações (Tansel et al., 1994). O Japão é o exemplo de um país em que a produção de RCD também resulta da ocorrência de fenómenos naturais (Wen-Ling Huang, 2002).

10. Destino e tratamento dos resíduos de construção e demolição

Como foi explicado anteriormente, nem todos os RCD são recicláveis ou reutilizáveis, ou seja, parte destes materiais tem outros destinos que envolvem a eliminação destes.

Existe uma clara ligação entre o possível destino dos RCD e destino final dos resíduos, sendo que é possível definir um conjunto de possíveis destinos/utilizações após estes serem recolhidos no local. Os destinos podem ser um ou mais dos que são a seguir enumerados (Symonds Group Ltd, 1990):

Opções de reutilização:

- Reutilização no local para um intuito original;
- Reutilização fora do local para um intuito original;

Opções de reciclagem:

- Processamento no local para recuperação de elevados valores de materiais próprios para venda;
- Processamento fora do local para recuperação de elevados valores de materiais próprios para venda;

- Reciclagem no local com um propósito de baixo valor;
- Reciclagem fora do local com um propósito de baixo valor;

Opções de incineração:

- Incineração fora do local com recuperação de energia;
- Incineração fora do local sem recuperação de energia;

Opções de deposição em aterro:

- Deposição fora do local dos materiais dos resíduos segregados;
- Deposição fora do local os resíduos não segregados.

No que diz respeito a tais destinos enumerados acima, e mais directamente à reciclagem, existem muitas técnicas na literatura, por exemplo no que diz respeito à aplicação de material reciclado na construção de estradas. Alguns destes destinos apenas se aplicam em alguns casos, por exemplo a incineração apenas é executável em resíduos como madeira não contaminada e alguns plásticos. Relativamente à deposição em aterro, esta é feita num aterro especial para resíduos de construção e demolição, com a visão futura de recuperação para quando as condições do mercado estiverem mais favoráveis (Symonds Group Ltd, 1990).

O destino dos RCD pode depender do material de que é feito, do potencial de reciclagem dos produtos que este material possa oferecer, e da perigosidade associada a alguns RCD,

desta forma compreende-se porque razão alguns RCD são recicláveis e outros não. A tabela 15 mostra de forma sucinta o desenvolvido previamente.

Tabela 15-Reciclabilidade dos RCD (Brito, J., 2006).

Materiais	Produtos de potencial reciclagem		Grau potencial de reciclagem	
	1º ciclo	2ºciclo	%	Comentários
Betão, alvenaria e argamassas	Agregados, areias	Agregados, areias	90	Acumulação de finos e contaminação pode criar problemas
Solos, areias	Enchimento ou areias	Enchimentos ou areias	100	Desde que o solo não esteja contaminado
Asfalto	Asfalto	Asfalto, agregados ou areias	100	Já bem implantado na Europa
Lamas de drenagem e perfuração	Enchimentos	N/a	100	Material apenas utilizáveis após tratamento térmico ou desaguagem

Relativamente à reciclabilidade dos RCD existe uma hierarquia associada ao potencial de reciclagem que determinado material pode ter (Brito, J., 2006). Desta forma podemos alinhar os materiais de acordo com a sua reciclabilidade:

- A. Reutilizáveis em boas condições e com efeito imediato: algumas componentes arquitectónicas, madeira, aço e pedra.
- B. Reutilização e aplicação proveitosa após processamento: entulho (alvenaria e betão) e madeira. Deve-se considerar uma subdivisão em material inicialmente contaminado e limpo.

- C. Incineração: papel, têxteis, madeira.
- D. Produção de novos materiais, após processamento: metais, madeira para pirólise, vidro e plástico.
- E. Matérias inúteis, materiais contaminados não reutilizáveis (amianto, resíduos químicos), material não contaminado mas não reutilizável (reboco, vidro, lixo misturado).

De acordo com Hendriks & Janssen, (2003), existe um modelo relativo aos RCD com o objectivo de nos guiar para a melhor decisão no que diz respeito à reutilização/reciclagem ou outro destino deste tipo de materiais. Este modelo é designado por Deltf ladder, dando uma ordem aos resíduos de acordo com o destino, deste modo:

1. Prevenção;
2. Reutilização na construção;
3. Reutilização dos produtos;
4. Reutilização dos materiais;
5. Aplicações úteis;
6. Imobilização com aplicação útil;
7. Imobilização sem aplicação útil;

8. Combustão com aproveitamento energético;

9. Combustão;

10. Aterro.

11. Impacte ambiental

Os impactes ambientais apresentados têm em conta os aspectos ambientais naturais (físicos, químicos e biológicos) e aspectos ambientais humanos (sociais e económicos). Estes dizem respeito aos resíduos de construção e demolição, componentes dos RCD e às matérias-primas (recurso natural). Englobam também, os materiais perigosos, tóxicos ou inertes que compõem os RCD, estejam esses associados apenas à sua presença ou ao processo de produção dos mesmos. Os impactes abordados também contemplam as consequências ambientais da reciclagem, reutilização ou eliminação dos mesmos.

Os resíduos de construção e demolição podem causar impacte ao ambiente em diferentes níveis, independente do destino que lhes seja dado, ou seja, os RCD irão causar impacte ambiental caso sejam depositados em aterro, reutilizados, reciclados ou incinerados. No que diz respeito ao impacte, este depende dos materiais que o compõem. Neste capítulo aborda-se o impacte ambiental associado aos RCD e tenta-se compreender qual o melhor destino, isto é, o que menos impacte signifique para o ambiente.

Para além da utilização da matéria-prima de origem, ou seja, recurso natural, do tratamento dos agregados naturais através da extracção, processamento e separação destes, geram-se impactes ambientais óbvios. No entanto, para além deste ainda existem impactes associados ao transporte, armazenamento e natureza dos materiais a utilizar/utilizados em determinada obra (Symonds Group Ltd, 1990).

Relativamente aos impactes associados à extracção de recursos naturais, estes dependem em escala e detalhe do recurso a extrair. A seguir são enumerados os diferentes impactes ligados à extracção de recursos (Symonds Group Ltd, 1990):

- Ruído e poeiras;
- Alguma poluição atmosférica;
- Vibração;
- Poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos;
- Impactes visuais e estéticos;
- Mudança da forma da superfície;
- Mudanças de habitats naturais e possível destruição de artefactos históricos.

A utilização de agregados naturais pode causar impactes para o ambiente como é explicado acima. Relativamente à poluição atmosférica, esta pode ser causada devido ao recurso a explosões, mas mais devido à utilização de motores de combustão interna. No que diz respeito à vibração, esta pode ser causada, também, pelas explosões, que podem proporcionar a abertura de fissuras nas rochas alterando o percurso de drenagem, consequentemente causando poluição nos recursos hídricos subterrâneos. Relativamente aos recursos hídricos, tanto superficiais como subterrâneos, estes podem ser poluídos e sofrem

com isto impacte devido à utilização de lubrificantes e óleos na maquinaria aquando da extracção dos recursos naturais (Symonds Group Ltd, 1990).

Estes impactes podem não ser só ambientais, podem também afectar a saúde pública, desta forma alguns destes apresentam-se como impactes na saúde humana, no entanto, nesta tese, os impactes na saúde humana tem uma importância de segunda ordem, dando mais ênfase aos impactes ambientais de uma forma geral.

Ao favorecer a utilização de agregados naturais, ao invés de agregados reciclados provenientes de RCD, está-se a promover a construção de mais aterros ou o alargamento dos existentes e conseqüentemente o aumento do depósito em aterro. Embora a maior parte dos RCD seja inerte, existem sempre impactes associados tanto ao transporte, como à composição, com a existência de alguns materiais nocivos ao ambiente, como gesso (Symonds Group Ltd, 1990).

A utilização de agregados de RCD e não agregados primários favorece a escapatória a alguns impactes mas, introduz outros. O impacte dos agregados de RCD seria maior na saúde humana pois a obtenção e reutilização destes é mais provável de ser feita num ambiente urbano. O tratamento e preparação dos agregados de RCD envolve a fractura, escolha ou classificação e armazenamento destes. Associado a este tratamento estão os seguintes impactes ambientais (Symonds Group Ltd, 1990):

- Ruído e poeiras;

- Alguma poluição atmosférica;
- Potencial poluição dos recursos hídricos á superfície e subterrâneos;
- Impactes visuais e estéticos;
- Mudanças de habitats naturais e possível destruição de artefactos históricos.

Tal como com os agregados naturais, os agregados provenientes dos RCD também causam impactes ao ambiente, sendo que há uma coincidência em alguns dos impactes tanto na utilização de agregados de RCD como na utilização de agregados naturais. Relativamente ao impacte ruído e odor, este é causado pela utilização dos agregados de RCD, este é causado pela utilização de motores de combustão interna. Os impactes relativos á poluição de recursos hídricos são devidos á utilização de lubrificantes e óleos na maquinaria, tal como nos impactes causados pela utilização de agregados naturais. O impacte visual e estético é causado quando o local de construção/demolição é numa zona verde ou urbana, tal também acontece com os impactes relativos á mudança de habitats naturais e possível destruição de artefactos históricos se o local de construção/demolição é numa zona verde (Symonds Group Ltd, 1990).

Os impactes ambientais associados ao transporte e entrega de RCD reciclados ou de recurso natural são semelhantes caso o transporte seja feito por estrada. No entanto, caso o RCD possa ser processado e utilizado no mesmo local é posto de parte os impactes associados ao transporte e entrega dos mesmos, mas, é difícil encontrar um local de reciclagem de RCD no mesmo local da utilização dos RCD reciclados, sendo mais provável que o tratamento de

fracturação tenha o equipamento no mesmo local da obra. É de importante compreensão que esta informação é relativa à fracção inerte dos RCD, pois é a que se pode reciclar em agregados (Symonds Group Ltd, 1990).

A tabela seguinte resume os impactes ambientais que o processamento dos agregados naturais e agregados reciclados podem causar.

Tabela 16 – Resumo dos impactes causados pelo processamento de agregados naturais e agregados reciclados.

Impactes	Agregados Naturais	Agregados reciclados
Ruído e poeiras	+++	++
Poluição atmosférica	+++	_____
Vibração	++	++
Poluição dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos	+++	+
Poluição estética e visual	+++	+
Mudança de habitats naturais e destruição de artefactos históricos	+++	+

Quanto á fracção não-inerte, esta pode ter um destino diferente da fracção inerte, incluindo deposição em aterro ou incineração, tornando estes destinos ainda mais importantes quanto mais perigosos forem os componentes constituintes da fracção não-inerte. Mesmo que

se tenha benefícios em evitar a deposição em aterro ou a incineração, tem de se ter em conta que o processamento desta fracção dos RCD não é uma actividade livre de impactes (Symonds Group Ltd, 1990).

Dentro dos impactes listados anteriormente, denota-se que dependem do processamento dado aos RCD, ou seja, o nível de impacte causado pelo processamento dos RCD depende da intensidade em que são tratados. Também se pode compreender que o impacte mais importante é o associado aos recursos hídricos. Para evitar tal é necessário investir na mitigação dos mesmos, desta forma passa a existir um outro tipo de impacte, o impacte económico (Symonds Group Ltd, 1990).

É mais desejável ambientalmente a reciclagem de RCD em agregados derivados de RCD do que o processamento dos recursos naturais para a produção de agregados naturais, ou seja, o processamento de recursos naturais para a produção de matéria-prima é mais nocivo para o ambiente que o processamento de RCD para mesmo efeito (Symonds Group Ltd, 1990).

Tal como é explicado no capítulo “Definição global de Resíduos de Construção e Demolição e sua origem”, os RCD são constituídos por vários tipos de materiais, sendo agrupados em diferentes categorias. No entanto, nem sempre estas categorias estão isoladas, sendo que é possível haver uma mistura de materiais e consequente contaminação e este tipo de contaminação ocorre em locais de construção e demolição. É aqui que está a grande preocupação, principalmente quando a mistura envolve materiais classificados como

perigosos, como por exemplo o amianto, alguns metais pesados (como chumbo), solventes e adesivos (Symonds Group Ltd, 1990).

Alguns materiais que compõem os RCD são ideais para a reciclagem e tratamento, com intuito de se tornarem em agregados de RCD, como é o caso dos materiais com o código 170100 da lista europeia de resíduos, no entanto outros materiais não são os mais indicados, tais como o amianto (170105) e o gesso. Os materiais com amianto não são indicados para reciclagem pois libertam fibras perigosas para a atmosfera se esmagados, no caso dos materiais com gesso também não são indicados para a reciclagem em agregados pois, o gesso afecta negativamente a qualidade dos agregados derivados de RCD (Symonds Group Ltd, 1990).

Nos locais de construção ou de demolição podemos encontrar alguns materiais potencialmente perigosos ou tóxicos. Seguidamente são enumerados alguns desses materiais para as respectivas actividades.

Em locais de construção é possível encontrar materiais perigosos, mas também é possível encontrar materiais, que por si só, não são perigosos (alguns adesivos, revestimentos e isolantes), mas a sua interacção com outros materiais perigosos pode torna-los como tal. Estes são alguns dos elementos perigosos ou possivelmente perigosos que podem existir num local de nova construção (Symonds Group Ltd, 1990):

- Aditivos de betão com base em solventes;
- Químicos de impermeabilização;
- Adesivos;

- Emulsões com base de asfalto;
- Fibras minerais;
- Algumas tintas e revestimentos;
- Madeira tratada;
- Resinas;
- Placa de reboco;
- Garrafas de gás vazias ou parcialmente vazias.

Tal como acontece nos locais de nova construção, nos locais de demolição também se verifica a presença de materiais perigosos e outros que, por si só, não o são (como lâmpadas de amianto, mercúrio ou sódio), mas quando em contacto com outros materiais de natureza perigosa, tornam-se como tais. Estes são alguns dos elementos perigosos ou potencialmente perigosos que podem existir num local de demolição (Symonds Group Ltd, 1990):

- Aditivos de betão com base em solventes;
- Químicos de impermeabilização;
- Adesivos;
- Equipamento eléctrico contendo componentes tóxicos;
- Refrigerantes com base em CFC;
- Sistemas de combate a fogos com base em CFC;
- Radionuclídeos;
- Materiais biologicamente perigosos;
- Garrafas vazias ou parcialmente vazias.

No que diz respeito á actividade de remodelação e aos materiais perigosos, existe uma mistura de materiais de construção e demolição. Visto que a maior parte dos elementos constituintes do edifício sofrem uma substancial alteração é mais provável que haja uma elevada percentagem de materiais perigosos nas actividades de remodelação que nas de construção ou demolição (Symonds Group Ltd, 1990).

Alguns materiais podem não ser perigosos no local mas, tornam-se perigosos dependendo do destino. Por exemplo, algumas madeiras tratadas ou revestidas podem emanar fumos tóxicos quando incinerada, por outro lado a madeira não tratada quando reciclada pode diminuir o valor do agregado, aplicando-se o mesmo a vários plásticos e têxteis. O gesso quando colocado em aterro pode libertar sulfureto de hidrogénio, um gás ácido, este material quando reciclado pode diminuir a qualidade do agregado (Symonds Group Ltd, 1990).

A tabela seguinte explica de forma sucinta os tipos de perigos associados aos RCD.

Tabela 17- Tipos de perigos associados aos RCD (Symonds Group Ltd, 1990).

Fluxos de Resíduos	Exemplos
Alguns fluxos de RCD são perigosos pois os materiais originalmente utilizados contem uma elevada proporção de materiais que são perigosos.	Amianto, chumbo, alcatrões, tinta e resíduos conservantes, adesivos, agentes ligantes e zelantes e certos plásticos.
Alguns materiais tornam-se perigosos como resultado directo do ambiente em que existem á vários anos.	Fabrica onde reacções á superfície entre os materiais de construção originalmente não perigosos e químicos existentes no ar (ou água) poluído associado com processos perto ou dentro da fábrica, resulta na alteração desses materiais para perigosos, e requerendo especial manuseamento e tratamento.
Alguns fluxos de RCD tornam-se perigosos se materiais perigosos são colocados nestes e/ou subsequentemente misturados com estes.	Exemplo clássico das tintas com base de chumbo numa pilha de tijolos e betão, tornando tudo o material perigoso.

A avaliação do impacto ambiental pode ser feita utilizando métodos de pesagem. Os métodos de pesagem promovem resultados com classificação e mais agregados, pois baseiam-se em valores, sendo estes diferentes dependendo do indivíduo, organização e sociedade. Desta forma os diferentes métodos de pesagem apresentaram resultados diferentes, realçando diferentes aspectos (Thormark, 1999).

Existem diferentes métodos de pesagem:

- The Environmental Theme Method, ET (Heijungs, 1992) – método guiado por objectivos políticos e ecológicos, utilizando a crítica para avaliar os RCD produzidos e comparando com o que se estipula de aceitável;
- The Ecological Scarcity Method, Eco (Abhe et al, 19909 – método com início em fins políticos. Neste método os valores obtidos são comparados entre si directamente, definindo uma média/ratio de impacto ambiental para os impactes mais importantes numa determinada área definida;
- The Environmental Priority Strategies, EPS (Steen & Ryding, 1992) – neste método são definidos os cinco objectos a salvaguardar e cuja reparação se está disposto a pagar. Os objectos são:
 - Diversidade biológica;
 - Saúde humana;

- Produção;
- Recursos naturais;
- Valores estéticos.

A forma como alcançar a sustentabilidade ecológica ou ambiental está associada à forma como lidamos com os resíduos em sociedade. De acordo com um estudo feito pelo Instituto Mundial de Pesquisa, mostra-se que cerca de metade a um terço dos resíduos produzidos anualmente, em países industrializados, volta para o ambiente como resíduo no espaço de um ano (Hutter, 2000). Demonstra-se que um ciclo fechado de materiais, por reutilização ou reciclagem, nem sempre é o melhor caminho. Por vezes, a reciclagem de determinado material produz mais impactes ambientais que o contrário sendo, por isso, importante fazer uma avaliação da gestão dos resíduos antes de tomar alguma decisão (Klang, 2002). Com esta consciência ambiental, a avaliação do ciclo de vida de um material tornou-se numa ferramenta importante actualmente, tendo sido desenvolvidos standards (Internacional Organization for Standardization, 1998), sendo que estes standards foram estudados de forma a produzir uma declaração ambiental sobre tal produto (Swedish Environmental Management Council, 2000). À medida que os anos passam são feitas mais declaração de outros tantos standards de outros materiais, proporcionando no futuro, possivelmente, uma comparação de forma a compreender os custos e benefícios da reutilização ou reciclagem de RCD (Klang, 2002).

De acordo com o artigo “Environmental analysis of a building with reused building materials”, é possível compreender que, a utilização de material reciclado na construção trás

as suas vantagens, principalmente ambientais. Entende-se, com tal artigo, que a comparação entre os casos estudados permite acompanhar os impactes provocados pela utilização de material reciclado e de material “virgem”. É transmitida a ideia ou conclusão de que, as obras que utilizam material reciclado contribuem para a diminuição do impacte ambiental produzido pelo sector.

No entanto, nem todos os materiais reciclados são adequados para a utilização numa obra. Por vezes estes materiais não se enquadram nas necessidades da obra, ou ao processo de produção de um determinado componente da obra. O caso do betão que dependendo da obra terá de apresentar características diferentes, sendo por vezes difícil adequar o material reciclado na sua produção e com as características necessárias para determinada obra (Grübl, s/d). Neste sentido, compreende-se que a utilização de RCD nem sempre é a melhor via para solucionar o problema da demanda de recursos naturais e, conseqüentemente, o impacte ambiental gerado pelos processos associados.

Tal como Sérgio Ângulo alertou as técnicas de reciclagem de RCD, têm as suas vantagens e desvantagens, sendo necessário explorar de outras formas a utilização dos RCD nas obras de construção. Desta forma, promove-se o desenvolvimento de técnicas mais viáveis para o aumento da utilização de RCD nas novas construções

A indústria dos resíduos de construção e demolição actua num meio onde existem muitos perigos, materiais tais como esteiras de amianto, ligações contaminadas com PCB, gases de instalações de CFC e outros tantos. Tais materiais têm de ser compreendidos no que diz

respeito ao valor. De maneira a que isso seja possível é importante que haja um quadro legislativo adequado, para que as empresas possam obter lucros e, ao mesmo tempo, promovendo a reciclagem e a reutilização indo, assim, ao encontro das normas da legislação vigente. Para proporcionar tal, é necessário que sejam desenvolvidas técnicas que sejam mais eficientes, quer ambientalmente quer economicamente, tanto para a reciclagem e reutilização como para o controlo. Um exemplo disto é a introdução de taxas para o material que vai para aterro (Morris, 1998, & Klang, 2002).

Tijolos

A reciclagem de tijolos apresenta, associada a si mesmo, alguns problemas na medição da qualidade e de acordo com os standards ambientais no que diz respeito á resistência à fracturação e condutividade térmica. No entanto, estes têm a vantagem de serem reutilizados na mesma obra, tirando-os das paredes interiores e reutilizando noutras paredes também interiores, resolvendo de alguma forma os problema descritos anteriormente (Klang, 2002).

O impacte ambiental provocado pela reutilização de tijolos é apenas uma pequena parte do potencial impacte provocado pela produção primária, sendo por isso mais sustentável do ponto de vista ambiental. Se for necessário o transporte deste material, é acrescentado o impacte das emissões de CO₂, no entanto teria de ser um percurso demasiado elevado, não excedendo o impacte ambiental provocado pela produção e transporte primários. Se não for

necessário o transporte dos tijolos para reutilização o impacto é reduzido largamente, tal como dito acima (Klang, 2002).

Tendo em conta os efeitos económicos da reutilização de tijolos e a produção de novos e comparando-os, tal como Klang (2002) fez, conclui-se que é mais sustentável, economicamente, a reutilização de tijolos do que produção de novos. Mesmo comparando o custo inerente ao valor que estes terão, salários a trabalhadores e energia consumo.

No que diz respeito aos impactos a nível social, e mais propriamente para os trabalhadores que operam na limpeza e preparação dos tijolos para reutilização, este é considerado um trabalho pesado. Considera-se que a legislação deveria prever um mínimo de trabalho manual e o desenvolvimento de técnicas que permitam o trabalho mais leve (Klang, 2002).

Metais

Os equipamentos de metal, tal como os utilizados em chuveiros e casas de banho, podem ser vendidos como material para reutilização ou podem ser reciclados. Os equipamentos mais bem conservados são vendidos no mercado de reutilizados, o resto é colocado para reciclagem. A comparação entre os efeitos ambientais da reciclagem dos equipamentos em pior estado e a produção de novos demonstra que, a reciclagem, apresenta um pequeno impacto ambiental comparado com o impacto produzido pela produção de novos equipamentos (Klang, 2002).

Do ponto de vista dos impactes económicos, as conclusões quanto à sustentabilidade da reciclagem ou reutilização de equipamentos metálicos são difíceis de sustentar. Neste ponto deve-se ter em conta qual a finalidade a dar ao material, reciclagem, reutilização ou aterro, tendo em conta estes aspectos deve-se depois ter em conta os valores económicos de desmantelamento e venda por peças, para a reutilização, valores de reciclagem e dos produtos saídos da reciclagem e valores das taxas de deposição em aterro. Sendo assim a sustentabilidade deste material, a nível económico, depende da demanda da altura (Klang, 2002).

Porcelana sanitária

As peças de porcelana, utilizadas em casas de banho e em divisões semelhantes, são peças que podem ser reutilizadas numa obra de remodelação ou construção após demolição. Os efeitos ambientais da reutilização de porcelanas sanitárias comparados com os efeitos provocados pela produção de novas peças são mínimos. Se for tido em conta o transporte, esses efeitos aumentam mas não significativamente, sendo muito mais sustentável a reutilização neste caso (Klang, 2002).

Relativamente à sustentabilidade económica da reutilização de porcelanas sanitárias, esta depende dos custos salariais, energéticos e do transporte. No entanto, a procura no mercado de porcelanas reutilizáveis é bastante grande, sendo que os preços são bastante atractivos,

revelando que o impacte económico da reutilização deste tipo de material é positivo (Klang, 2002).

Os impactes sociais, no que diz respeito ao desmantelamento de peças de porcelana ou de metal, estão associados ao levantamento de pesos, trabalho em locais com fumos ou poeiras, transporte e descarga desses materiais, impactes que, no geral, são insatisfatórios. Sendo assim a recomendação é semelhante à anterior para os impactes sociais associados à reutilização de tijolos, estabelecer uma legislação que preveja a melhoria do trabalho nos aspectos focados (Klang, 2002).

Betão

A reciclagem de betão pode ser utilizando agregados derivados de RCD (Mulder, 2007) ou uma mistura de agregados naturais com agregados de RCD (Kiyoshi, 2006). Ambos podem ter impactes ambientais como custos de transporte, emissões de gases para a atmosfera e custos associados à sua produção e processamento.

Dentro destes, a reciclagem se for feita o mais perto possível da obra a utilizar o reciclado, os custos de transporte diminuem significativamente e, conseqüentemente, há um decréscimo das emissões de gases para atmosfera (Mulder, 2007). Se a reciclagem for feita *in situ*, o transporte não é necessário sendo este um impacte ambiental não ocorrente. No entanto, o processo em si, de reciclagem de betão, arca alguns efeitos ambientais, como a emissão de

gases (CO₂ neste caso), apresentando, mesmo assim, valores menores aos da produção de betão utilizando agregados naturais (Kiyoshi, 2006).

Os custos a nível económico da reciclagem de betão são menores que a produção de betão a partir de recursos naturais, sendo que se for feita em quantidades elevadas este valor torna-se ainda mais competitivo (Kiyoshi, 2006).

São considerados impactes ambientais positivos(ou mais correctamente, pouco a moderadamente negativos), na reciclagem de RCD ou na produção de matérias-primas (recurso natural), aqueles que apresentam características como (Mulder, 2007):

- Actividades com pequeno consumo de energia;
- Actividades com menores emissões de CO₂;
- Actividades com reduzida produção de RCD;
- Actividades com menor utilização de área útil de terra na deposição de RCD.

Um impacte ambiental positivo é o objectivo do ciclo fechado de alguns componentes da construção civil (“Close Cycle Constrution”). Este ciclo fechado de componentes de construção civil tenta alcançar o desenvolvimento sustentável e, ao mesmo tempo, produzir materiais reciclados com melhor qualidade, menor reutilização de fracções de solo e diminuir a quantidade de RCD a depositar em aterro. O conceito de “Close Cycle Constrution” é o processamento de materiais para reutilização com a mesma qualidade inicial e a diminuição de RCD para aterro. Existem alguns bons exemplos de materiais que podem ter um ciclo fechado, tais como o betão e a maçonaria (Mulder, 2007).

Com este conceito foram também desenvolvidas algumas técnicas para reciclagem, frisando o que é dito ao longo desta tese, ou seja, que a necessidade de atingir um desenvolvimento sustentável com impacte ambiental positivo, promove a evolução de técnicas nesse mesmo sentido. Existem várias técnicas de separação e de mistura de RCD, tais

como, técnicas de separação de metal e vidro (Jongand Fabrizi, 2004), técnicas a seco (Jongand Fabrizi, 2004), técnica de separação automática (Evert Mulder, 2007). Sendo que nesta área o desenvolvimento tem sido mais próspero e confirmado.

Algumas das vantagens do “Close Cycle Construction” (Mulder, 2007) são:

- Maior lucro para a indústria da construção civil, pois há maior recuperação de material de elevada qualidade para a produção de novo material, como betão e tijolos, diminuindo a necessidade de exploração de recursos naturais para produção de matéria-prima;
- Maior “lucro” ambiental, pois pode haver uma reutilização da fracção de combustível obtido dos RCD e diminuição de RCD depositados em aterro;
- Diminuição dos custos de transporte, significando menor consumo de combustível e menor emissão de gases para a atmosfera.

No entanto é necessário ter em conta o facto de que, este conceito não significa necessariamente, que durante os processos de reciclagem ou de reutilização os materiais não percam algumas propriedades ou características. Ou seja, os materiais ao longo do ciclo e dos sucessivos processos de reciclagem ou reutilização, vão perdendo propriedades ou características, sendo adaptados a diferentes funções em diferentes obras. Desta forma retira-se a ideia de que este processo seja sempre a melhor solução, assim como já foi dito anteriormente, ao longo da presente tese.

12.Contexto da produção global de resíduos de construção e demolição

Para quantificação destes materiais foram desenvolvidos alguns utensílios informáticos que ajudam nessa tarefa. O software, SMATWaste™ tool (BRE, 2009), foi desenvolvido pela British Research Establishment, tendo como objectivo gerar resultados no que diz respeito à quantificação de RCD. Este software é citado por Adams (2003) e Hurley (2003).

A British Research Establishment (BRE) é uma organização não-governamental que se dedica a colocar em prática projectos e ferramentas, tentando elaborar uma biblioteca de informação com dados de referência, designados por *benchmarks*, permitindo compreender e prever as quantidades de RCD. A plataforma “*Understanding & Predicting C&D Waste*” tem como objectivo criar um nível mínimo das informações obtidas, e de forma consistente, a partir de actividades de construção, remodelação e demolição, obtendo indicadores de produção de RCD e dados padrão, para depois utilizá-la para comparação. Esta plataforma funciona associada à ferramenta SMATWaste™, com o objectivo de auxiliar as actividades de construção na previsão de RCD produzidos numa determinada obra. Desta forma, estes utensílios informáticos requerem a introdução de informação em dois grupos distintos: dados obrigatórios (custo da obra; área de pavimento; localização; tipo de obra; duração; número de trabalhadores) e dados dos resíduos (tipo de resíduo produzido; quantidade; custo do resíduo; percentagens de resíduo tratado). Através destes dados é possível obter indicadores e valores

padrão. Sendo que esta a informação obtida poderá ajudar na delineação de metas no âmbito da gestão de RCD, podendo a partir dos resultados de outras obras obter informação útil para uma obra semelhante, podendo também obter uma previsão da quantidade de resíduos a produzir ao longo da obra. No entanto, a informação é apenas de obras de construção (“*new build only*”), não sendo disponibilizados, pela BRE, informação para outros géneros de actividades, tendo apenas em conta a fase de construção, excluindo a demolição, a escavação ou outro tipo de trabalho.

Os RCD, como já foi anteriormente referido, dependem, quantitativamente e no tipo de material, do tipo de técnicas de construção utilizadas, do tipo de material utilizado na construção e na idade do edifício. Desta forma, compreende-se que a nível mundial haja diferenças entre países, no que diz respeito á produção de RCD.

O valor médio de produção de RCD na Europa é de 502 kg por pessoa por ano (Symonds Group Ltd, 1999), sendo os sectores da remodelação e demolição os que mais contribuíram para este número. Em países como França, Suécia, Alemanha ou Dinamarca, o investimento nestes sectores foi reforçado, sendo que o investimento no sector da remodelação aumentou 22% (Ferreira, 2001).

A Alemanha é um país líder na produção de RCD, gerando a volta de 720 kg por pessoa por ano. Por outro lado, um dos países que menos produz é a Irlanda, gerando cerca de 162 kg por pessoa por ano (Symonds Group Ltd, 1999).

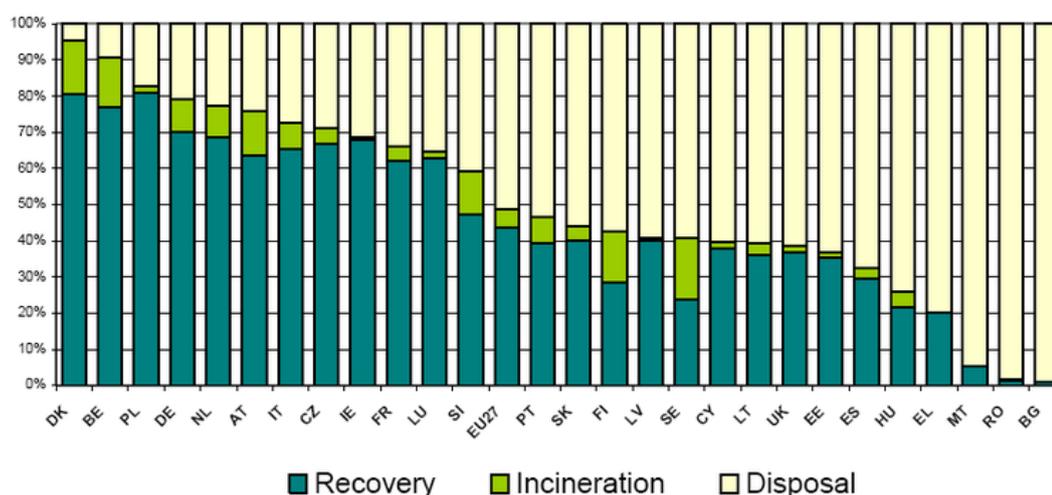
Nos Estados Unidos da América são produzidos anualmente, um total de 136 milhões de toneladas de RCD, o que equivale a uma produção anual à volta de 464 kg de RCD por pessoa (dados de 1996) (Franklin Associates, 1998). Segundo a EPA (Environmental Protection Agency), em 1996, o fluxo de RCD residencial representava 43% (58.2 milhões de toneladas) de 136 milhões de toneladas de RCD provenientes de obras em edifícios. Destes 43%, 6.6 milhões de toneladas (11%) são gerados por obras de nova construção. Cerca de 20% a 30% de todo o fluxo de RCD produzido nesse ano foi recuperado, e cerca de 35% a 45% do total terá ido para aterro e por fim 30% a 40% terá ido para incineração ou para aterros ilegais (EPA, s/d).

Outros países, fora da Europa, como por exemplo a Austrália e o Japão, produzem cerca de 400 e 780 kg de RCD por pessoa por ano (CIB, 2003).

Estes valores de produção de RCD são, em grande parte, devido à indústria de remodelação e demolição. Na Alemanha cerca de 68% dos RCD são produzidos pelos sectores da remodelação e demolição, representando perto de 30 milhões de RCD. Na EU são produzidos anualmente 175 milhões de RCD por estes sectores, por outro lado, 40 milhões de RCD são produzidos pelo sector da construção (Symonds Group Ltd, 1999). Nos Estados Unidos da América cerca de 90% dos RCD produzidos é responsabilidade dos sectores da remodelação e demolição (Coelho, A., & Brito, J. d, 2011b). Estes números reforçam o anteriormente dito, sendo que proporcionam uma visibilidade da tendência e do futuro no que diz respeito á geração de RCD globalmente.

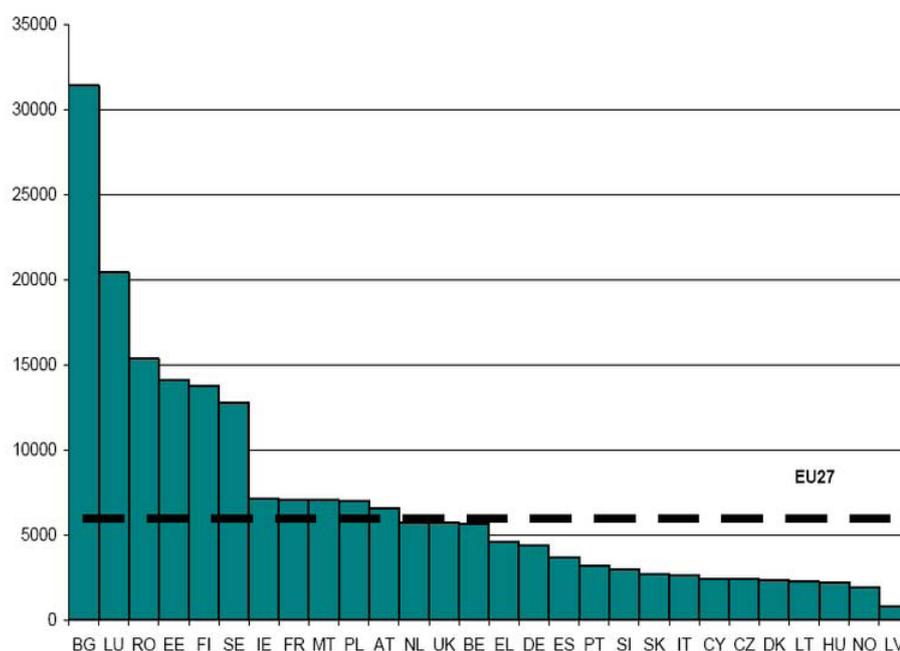
Segundo o Gabinete de Estatísticas da União Europeia (Eurostat), entre 1996 e 2006, a percentagem de resíduos cujo destino final foi o aterro reduziu de 60% para 41%, isto significa que terá havido um aumento da relevância das técnicas alternativas de tratamento de resíduos (gráfico 8).

Gráfico 8- Tipo de tratamentos dados de resíduos, percentagens do total tratado (Eurostat, 2006).



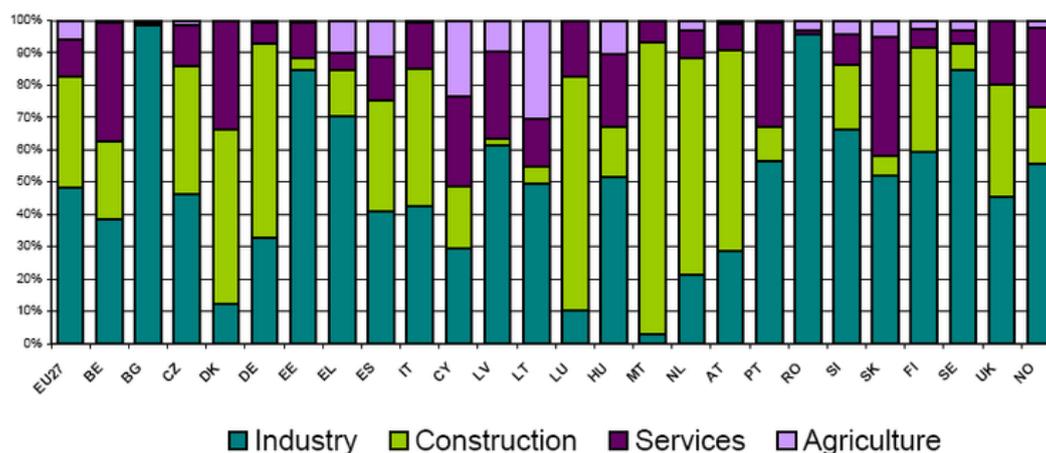
O mesmo Gabinete de Estatísticas divulgou as quantidades de resíduos gerados pelos países da EU27 e Noruega, como se pode observar no gráfico 9 (todos os resíduos, RSU, RCD, RI, RH, etc.). Sendo de assinalar países como a Bulgária, que se apresenta como a maior produtora de resíduos na Europa, Luxemburgo, Roménia, Estónia, Finlândia e Suécia, que estão bem acima do valor médio de resíduos dos países da UE27.

Gráfico 9 – Resíduos gerados (em kg por pessoa) pelos países pertencentes à EU27 e Noruega, em 2006 (Eurostat 2009a). Tracejado corresponde ao valor médio dos países da EU27.



De acordo com a mesma fonte, as maiores quantidades de resíduos têm como origem as actividades mineiras e de construção e demolição, sendo a construção o sector que, conjuntamente com a indústria, gera mais de 50% dos resíduos. É de destacar que Malta apresentou em 2006 uma percentagem de 90% dos resíduos produzidos como RCD (gráfico 10) (Eurostat, 2009b).

Gráfico 10 - Resíduos gerados por actividade económica em 2006 (em percentagem do total de resíduos gerados) (Eurostat2009b).



As quantidades globais de RCD produzidas em 2004 e 2006, como estão expostas na tabela 18, demonstram que há, em quase todos os países do estudo, um aumento de produção, sendo que são raras as excepções de decréscimo de produção de RCD entre 2004 e 2006.

Tabela 18 – Resíduos produzidos entre 2004 e 2006, quantidades globais e por actividade de construção e demolição (1000 toneladas) pelos países pertencentes à EU27, mais Croácia, Turquia, Islândia e Noruega. (Eurostats, 2009b).

Construção e Demolição		
	2004	2006
EU-27	-	-
Bélgica	11037	13090

Resíduos de Construção e Demolição – Estado da Arte

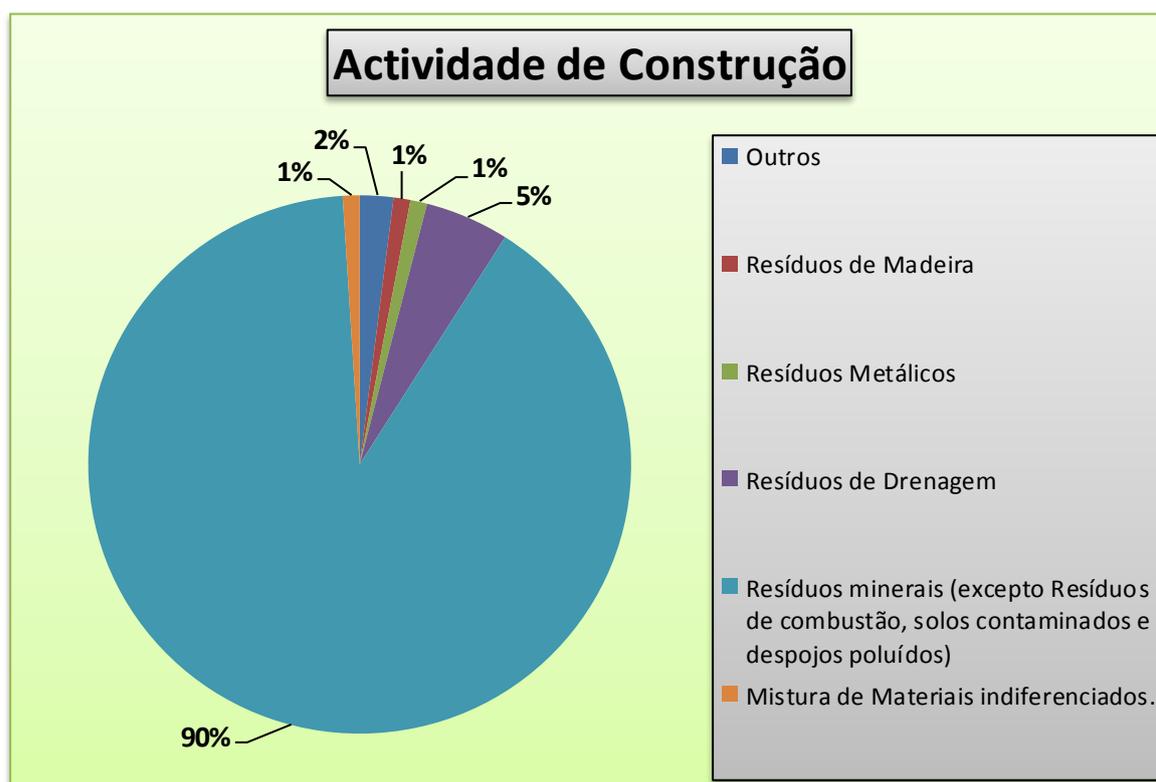
Hugo Monteiro

Bulgária	2999	1023
Republica Checa	8131	8380
Dinamarca	4274	5802
Alemanha	191563	196536
Estónia	489	717
Irlanda	11287	16599
Grécia	3324	6829
Espanha	46320	47323
França	-	-
Itália	49151	52316
Chipre	488	307
Letónia	8	19
Lituânia	357	349
Luxemburgo	6985	6775
Hungria	1736	3045
Malta	2206	2493

Holanda	49612	56610
Áustria	27935	31322
Polónia	1993	14141
Portugal	2626	3607
Roménia	54	34
Eslovénia	908	995
Eslováquia	1404	916
Finlândia	20843	23146
Suécia	10272	8943
Reino Unido	99234	109546
Croácia	646	-
Turquia	-	-
Islândia	19	-
Noruega	1101	1248

No gráfico 11 denota-se que, para a actividade de construção nos países constituintes da EU27, em 2006, em média foram produzidos cerca de 90% de Resíduos Minerais (excepto resíduos de combustão, solos contaminados e despojos poluídos) em comparação com o total dos RCD. Demonstra-se desta forma que a fracção inerte é a mais representada dentro dos resíduos produzidos na actividade de construção, no período do estudo (2006).

Gráfico 11 – Composição média dos RCD gerados por várias actividades (parte ligada á construção) dos países pertencentes á EU27, em 2006 (percentagens do total de resíduos gerados) (Eurostat 2009a).



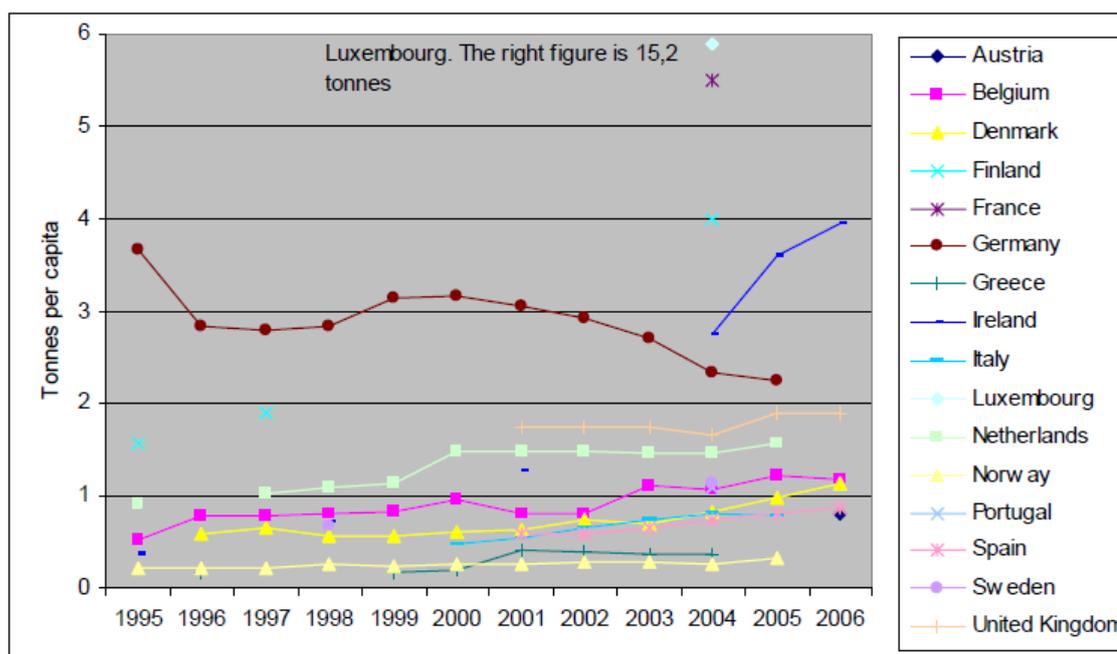
A Agência Europeia do Ambiente (AEA), disponibiliza de informação periódica, pertinente, concreta e de confiança para o público em geral, e para os responsáveis por implementação de

políticas, de forma a cooperar na tomada de decisões. Esta informação é obtida através da EIONET (*European Environmental Information and Observation Network*). Através da informação obtida pela EIONET, a AEA produziu o *Working Paper 2/2009*, que facultava indicadores associados aos RSU e RCD.

Este estudo aponta que são produzidos cerca de 850 milhões de toneladas de RCD na UE, por ano, representando 31% do total de resíduos gerados na UE (Fischer e Werge 2009). Isto significa que houve um aumento da produção de RCD na UE, pois se compararmos com os 22% (corresponde a 290 milhões de toneladas de RCD por ano) publicados pela AEA em 2006 (Barros e Jorge 2008), verifica-se uma diferença positiva de 9%. No entanto, segundo a APA são produzidos, actualmente, cerca de 100 milhões de toneladas de RCD na EU, por ano, significando que houve um enorme decréscimo na produção de RCD.

Como se pode observar no gráfico 12, presente no mesmo estudo, e que representa o desenvolvimento da produção de RCD, por pessoa, nos antigos Estados Membros da UE e Noruega, a geração de RCD varia muito.

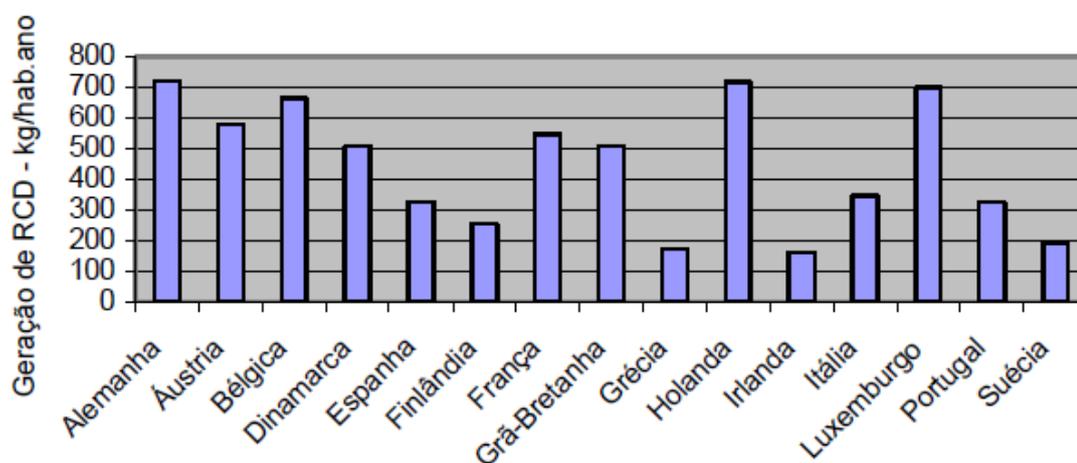
Gráfico 12- Produção de RCD (toneladas per capita) nos antigos Estados-membros da UE e na Noruega (Eurostat e ETC/RWM, 2008, com base nos relatórios nacionais e estatísticas) (Working Paper 2/2009 (Fischer e Werge 2009)).



Países como a França e Luxemburgo apresentam dados pontuais altos, com a produção de 7 a 15 toneladas por ano, respectivamente. A Alemanha e Irlanda produzem entre 2 e 4 toneladas, enquanto o resto dos países produzem entre 0,2 toneladas (Noruega) e 2 toneladas (Reino Unido), por pessoa.

A Alemanha apresenta uma diminuição de produção de RCD nos últimos anos, embora descontínua e não muito acentuada. A Irlanda, como se denota no gráfico 13, embora apareçam apenas dados relativos ao período de 2004 a 2006, apresenta uma grande evolução na produção de RCD. Por outro lado a maior parte dos restantes países, com dados disponíveis num período superior a 1 ano, apresenta uma produção constante e equilibrada, com um aumento na produção *per capita* no período de 1995 a 2006.

Gráfico 13 – Geração de RCD nos vários países da CE a 15 ((SYMONDS GROUP 1999) in (Coelho 2009)).



Comparando estes dados publicados no estudo *Working Paper 2/2009* (Fischer e Werge 2009), com os apresentados no relatório à DGXI da Comissão Europeia em 1999 (Symonds Group Ltd, 1999), a maior parte dos restantes países, com dados disponíveis num período superior a 1 ano, apresenta uma produção constante e equilibrada, com um aumento na produção *per capita* no período de 1995 a 2006. Verifica-se, também, que os valores dados a Portugal, Espanha e Luxemburgo derivaram da extrapolação de valores apropriados de acordo com a situação de cada país.

De acordo com o *Working Paper 2/2009* (Fischer e Werge 2009), denotam-se elevadas diferenças na produção por pessoa entre os novos Estados-membros, o valor mais baixo é de duas toneladas *per capita*. No entanto, a geração de RCD *per capita* é bastante semelhante à dos antigos Estados-membros da UE e da Noruega, excluindo a Letónia, Lituânia, Polónia e Roménia. Devido ao facto dos dados apresentados relativamente à Roménia serem demasiado baixos, acredita-se que estes não reflectem a realidade deste país, no que diz respeito à produção de RCD.

Seguem-se algumas razões pelas quais se verificam algumas diferenças de produção de RCD:

- Tradição na construção;
- Geologia / geografia local;
- Actividade económica no sector.

No caso da Alemanha, as actividades de construção têm vindo a abrandar após um grande desenvolvimento na actividade devido à unificação da Alemanha em 1990, sendo por isso a Alemanha um exemplo da diminuição de produção de RCD devido á diminuição da actividade económica na construção.

Na tabela 19 mostram-se as quantidades de RCD produzidas por investimento de milhões de euros no sector da Construção, observando-se grandes desníveis, de coeficiente de RCD, quando comparando com graus inferiores de *per capita*. Verifica-se que existem grandes diferenças entre os antigos Estados-Membros da EU e membros mais recentes.

Tabela 19- Coeficiente de resíduos para RCD (*Working Paper 2/2009* (Fischer e Werge 2009)).

Austria	0.460	Bulgaria	4.530
Belgium	0.955	Cyprus	0.545
Germany	2.406	Czech Rep.	4.034
Denmark	0.578	Estonia	4.144
Spain	0.525	Hungary	1.629
Finland	3.239	Lithuania	0.343
France	5.016	Latvia	0.118
Greece	0.344	Malta*)	#N/A
Ireland	1.312	Poland	0.410
Italy	0.778	Romania	0.020
Luxembourg*)	#N/A	Slovenia	1.261
Netherlands	1.264	Slovakia	1.047
Portugal	1.574	Norway	0.194
Sweden	1.029	UK	1.140

(Source: ETC/RWM forthcoming Working Paper, 2008)

*) For Luxemburg data for construction & demolition waste is lacking for 2004 and for Malta data for the production within the construction and building sector is missing.

13.Contexto da produção nacional de resíduos de construção e demolição

Não existem estudos precisos sobre a quantidade de RCD produzidos em Portugal, tendo-se apenas algumas noções sobre a sua distribuição.

Segundo Coelho (2008) os RCD significam cerca de 1/5 do total de resíduos produzidos em Portugal, sendo que está de acordo com o que se passa noutros países europeus (Coelho, A., & Brito, J. d, 2011b; Symonds Group Ltd, 1999).

Existem alguns estudos, não completamente precisos, que lançam alguns valores para a produção nacional anual de RCD, total ou por pessoa, como 25.253 ton por ano (Salinas, 2002), 6.440.000 ton por ano (Carvalho, 2001), 325 kg por ano por pessoa (Symonds Group Ltd, 1999) e 63.614 ton ano (Pereira, 2002). A produção em Portugal não foge à tendência mundial, seguindo-a, havendo um aumento das actividades de remodelação e de demolição nos últimos anos (Ferreira, 2001; INE, 2007a).

Mesmo não havendo dados fidedignos sobre a produção de RCD em Portugal, existem alguns valores de distritos, municípios ou de regiões, como são exemplo os valores de produção de RCD apresentados pelo distrito do Alentejo, município do Barreiro e pela região autónoma dos açores, 422,5 kg por pessoas por ano (Sobral s/d), 12,6 kg e 260 kg por pessoa por ano (Coelho, A., & Brito, J. d, 2011b)., respectivamente.

Segundo Coelho, A., & Brito, J. d (2011b), Portugal produz actualmente cerca de 185,6 kg por pessoa por ano de RCD, sendo um valor substancialmente menor que o apontado pelo relatório da Symonds Group Ltd (1999) para a união europeia, que aponta para a produção de 325 kg por pessoa por ano de RCD. O mesmo estudo de Coelho, A., & Brito, J. d (2011b) Portugal irá gerar, até 2020, cerca de 415,7 kg por pessoa por ano de RCD.

Em 2002, o Instituto Nacional de Resíduos (INR), actualmente instinto, publicou dados de produção de resíduos desse mesmo ano, sendo que os apresentados na tabela 20 são apenas os relativos ao código LER 17, ou seja, relativo aos resíduos de construção e demolição.

Tabela 20 –Produção (ton) de Resíduos Industriais (RI) por Capítulo LER⁽¹⁾ e por actividade económica, que inclui RCD; dados referentes a 2002 e valores arredondados às unidades (Parte da tabela) ((INResíduos 2007) in (Barros e Jorge 2008)).

Capítulos LER	Indústrias Extractivas	Indústria Transformadora	Produção e Distribuição de Electricidade, Gás e Água	Alojamento e Restauração	Indústrias não Especificadas(2)	Total	Percentagem do Total (%)
17 Resíduos de construção e demolição (incluindo solos escavados de locais contaminados)	34.807	252.588	6.342	0	21.485	315.222	2,4
Total	3.634.161	8.976.688	369.368	11.426	100.587	13.092.230	

Anos antes, em 1998, o INR publicou que 63.164 toneladas de resíduos foram produzidos pelas empresas do sector da construção ((INResíduos 1999) in (Carvalho 2001)). Sendo este valor muito baixo, tratando-se de uma subestimativa.

Em 1995 e 1997, o INE (Instituto Nacional de Estatística) publicou os valores de 10.931.628 toneladas e 7.690.749 toneladas de RCD, respectivamente, sendo estes valores resultado de um estudo utilizando métodos de selecção de amostra regional, a empresas com mais de 20 empregados, e com recurso a inquéritos e entrevista directa (Carvalho, 2001).

14.Discussão

Pode-se denotar, ao longo desta tese, que existem várias referências a uma hierarquia de prioridades, no que diz respeito à gestão de RCD, sendo esta hierarquia apresentada por vários autores e estando prevista na lei (Decreto-Lei nº 73/2011). Compreende-se, portanto, que a gestão do destino dos diferentes componentes dos RCD é muito importante, tanto a nível económico, como a nível de impactes ambientais ou mesmo para a saúde humana. É por isto fulcral que continuem a ser executados programas e projectos associados aos RCD, permitindo obter mais informações e actualizações sobre o assunto.

Relativamente às informações disponíveis, tanto as qualitativas, relativas às técnicas de reciclagem e aos impactes ambientais, como as quantitativas, relativas às produções anuais de RCD e percentagens de reciclagem dos mesmos, estas são relevantes mas, infelizmente, não são todas correctas ou fidedignas, como é o caso da situação de Portugal, ou, então, são só disponibilizadas em certos anos. Por isso é que relatórios, como da Symonds Group de 1990 e do Eurostat de 2006, e os projectos como o LIFE e o WAMBUCO, foram iniciativas importantes e marcantes tanto a nível da gestão e da apresentação de números efectivos relativos á produção de RCD, como da informação ao nível da gestão de destinos de RCD. Este tipo de iniciativas é importante que continuem, para que haja uma continuidade de valores e para que seja possível fazer uma melhor avaliação do estado actual da temática e tentar melhorar no futuro. Estas promovem o desenvolvimento de novas técnicas, a diminuição dos impactes

ambientais e descubrem novas reutilizações de componentes de RCD. Seria, deste modo, importante que se desse continuidade a estas iniciativas pois, poderão expor resultados efectivos sobre produção e reciclagem de RCD sobre países que não tenham esse tipo de informações no passado, ou que tenham informações ou estimativas não fidedignas. O caso de Portugal é crucial, sendo que os valores são todos diferentes, embora não fugindo à regra mundial. Era importante efectuar um estudo exaustivo sobre a produção nacional de RCD e sua gestão em termos de destino. Desta forma, se se tiver valores relevantes em Portugal, é possível delimitar com maior facilidade a gestão nacional e, provavelmente, seria importante para o Mercado Organizado de Resíduos (MOR).

Relativamente aos valores da reciclagem, estes são muito diferentes de país para país, compreendendo-se isso, devido ao facto de serem países com diferentes poderes económicos e objectivos ambientais.

Com o desenrolar dos resultados descritos e comentados ao longo da tese, verifica-se que a área da reciclagem e da gestão de RCD em geral, por parte de alguns países, é secundária nas suas estratégias ambientais. Por isto, deveria haver uma uniformização a nível tanto de técnicas como de resultados. Para que isso seja alcançado, será necessário lançar financiamentos e directivas, a nível europeu ou mundial, que motivem os estados membros, de forma a alcançar melhores resultados e com mais uniformização. Alguns dos vectores desses financiamentos ou directivas podiam envolver a utilização de mais materiais reciclados ou reutilização de outros, sendo que haveria sempre um ganho económico, com menor investimento directo, e ambiental, com a utilização de material de baixo impacte ambiental.

Desta forma, com esta tese entende-se a evolução, ao longo do tempo, da consciência ambiental relativa ao assunto dos RCD, tanto a nível nacional como internacional, sendo que esta, também, realça alguns valores com intuito de compreender os resultados do ponto de vista da sustentabilidade, tanto economicamente como ambientalmente. No entanto, espera-se a ainda mais evolução ao nível das técnicas e da importância da reutilização destes materiais na indústria da construção, de forma a haver um maior desenvolvimento sustentável e mais eficiente.

15. Conclusão

Relativamente à produção de RCD a nível nacional, esta segue a tendência global, ou seja, há um aumento gradual da produção. Embora os resultados dos estudos referidos na tese sejam todos diferentes e de fiabilidade, por vezes, duvidosa, é possível denotar que há um aumento das actividades de remodelação e demolição, promovendo, como consequência, o aumento da produção a nível nacional de RCD. Também é possível compreender que, com o aumento de produção de RCD e das diferentes actividades/obras (construção, demolição e remodelação), os RCD passam a ser constituídos por componentes diferentes dependendo da actividade/obra, sendo que estes componentes encontram-se em diferentes quantidades dependendo da actividade/obra. Infelizmente, em Portugal, não existe um registo efectivo tanto da produção como da reciclagem efectuada aos RCD em anos anteriores, sendo por isso importante uma aposta nesse tipo de investigação de modo efectivo. Tal aposta seria bastante importante do ponto de vista da gestão, não só económica, como também ambiental, dos RCD em Portugal, com o objectivo de se obterem dados quantitativos e também qualitativos.

No que diz respeito à produção de RCD do ponto de vista internacional, esta varia de país para país, sendo que depende, principalmente, dos objectivos governamentais, económicos e ambientais de cada país, assim como das condições que estes países apresentam ao nível da actividade económica da construção, da tradição e da geologia/geografia do país. Verifica-se, assim, que países com maior consciência ambiental apresentam resultados de produção de

RCD baixos e utilizam mais materiais reciclados, e vice-versa. No geral, e de acordo com o exposto ao longo da tese, a tendência é para o aumento da produção de RCD nos últimos anos. No entanto existem valores muito diferentes de produção comparando os países entre si, bem como diferente distribuição dos diversos componentes que constituem os RCD.

A reciclagem a nível internacional revela uma grande evolução, tanto de técnicas como de diferentes aplicações ou reutilizações em diversos países, sendo que este tipo de evolução beneficia o ambiente e a economia de uma forma directa, promovendo o aumento da confiança no mercado da reciclagem. No entanto, existem outros destinos que não devem ser colocados de parte, como a deposição em aterro ou a incineração, devido ao facto de existirem componentes/materiais dos RCD que não são reutilizáveis ou recicláveis, podendo ser ou virem a ser perigosos ou tóxicos, ou, ainda, não ser rentável qualquer processo de valorização. Sendo por isso necessário, nesses casos, recorrer a uma hierarquia relativa à gestão dos destinos dos componentes de RCD. No entanto, as opções por de deposição em aterro ou incineração têm vindo a diminuir percentualmente, aumentando a quantidade de materiais reciclados e reutilizados, devido ao aumento da oferta no que se refere às técnicas e aplicações dos RCD.

Prevê-se que, futuramente, as técnicas e aplicações sejam ainda mais diversificadas e acessíveis, para que seja possível a todos os países alcançarem resultados positivos e competitivos tanto a nível da produção como da reciclagem/reutilização de RCD, assim como ao nível económico e ambiental. Compreende-se, também, que o conceito de “Close Cycle Construction” será mais desenvolvido de forma a revolucionar a indústria e o mercado da

construção. Espera-se, por isso, uma evolução no sector, de tal forma que os ganhos serão, principalmente, económicos e ambientais, sendo estes os mais importantes.

Em suma, ao longo desta tese foram adquiridos importantes conhecimentos, do ponto de vista legal e técnico da temática que, conjuntamente com os conhecimentos adquiridos durante o curso, fizeram com que se tornasse interessante a pesquisa e escrita da mesma. A escrita foi elaborada de uma forma consequente e semi-planeada, sendo que as informações surgiam e tomavam o respectivo lugar, dependendo do seu destaque e importância. Apesar de, inicialmente, a tese ter um tema diferente do tema final, esta foi elaborada como consequência da pesquisa efectuada e resultado da mesma. Assim, devido ao facto da pesquisa inicial ter sido tão abrangente, esta acabou por favorecer a tese no final. A pesquisa promoveu uma melhoria das capacidades de procura e escolha de informação. A comparação de realidades nacional e internacional do assunto dos RCD, permitiu ter uma melhor noção do que já foi feito e do que ainda será preciso fazer, tanto a nível nacional como internacional, para melhorar e evoluir.

16. Bibliografia

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 10004*: Resíduos Sólidos – Classificação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. *NBR 10005*: Lixiviação de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. *NBR 10006*: Solubilização de Resíduos Sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

ABZ Essen, Glavbulgarstroy (Bulgária), BBCC - Associação de Indústria de Construção (Bulgária), u.bus (Alemanha), Bauindustrieverband des Landes Nordrhein-Westfalen (Alemanha), Inenieur- und Beratungsbüro Hoppe IBH (Alemanha), ModernLearning GmbH, Bildung mit Neuen Medien GmbH (Alemanha), CONVIS (França), RUDOLOGIA Pôle compétences de déchets (França), Nimtech (Reino Unido), GJH Management Services (Reino Unido), e CEIFA ambiente, Lda. – Centro de Estudos, Informação e Formação para o Ambiente, Lda. (Portugal). (2009). *WASTE TRAIN - Projecto europeu de investigação no âmbito do Programa Leonardo da Vinci*. ERBIL - Project Consulting Engineering. European Union.

Adams, KT (2003) *How to identify the best practicable environmental option for construction and demolition waste?* CIB Report 287. Abdol R.Chini, University of Florida, Gainesville, FL, USA

Ahbe S. et al. (1990) *Methodik für Oekobilanzen auf der Basis öologischer Optimierung* Schriftenreihe Umwelt Nr 13. Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft(BUWAL).Bern.

Barros, E., e Jorge, F. C. (2008). “Gestão de RCD - Resíduos de Construção e Demolição, na Obra de Ampliação do Aeroporto Francisco Sá Carneiro.” *Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia. Porto.*, (n.5), 62-74.

BRE. (2010).“SMARTWaste – Waste Benchmark Data.” Building Research Establishment.

Brito, J. (2006) A reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição. *Workshop “A Reciclagem na Casa do Futuro” (AVEIRODOMUS)*.

Brito, J. (2010). “Aplicações Inovadoras de Resíduos na Construção Civil - Casos de Estudo.” *Seminário “Valorização de Resíduos da Construção e Demolição”*, Agência Portuguesa do Ambiente.

Carvalho, P. (2001). “Gestão de Resíduos na Construção.” Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico, Lisboa. Eurostat. (2009a). “Waste generated, 2006 (kg per capita).” *Waste Statistics. Statistics Explained. Eurostat - European Commission*.

CIB Report (2003) In: Abdol R. Chini (ed.) *Deconstruction and Materials Reuse – an International Overview*. TG39 Deconstruction, Publication 300, University of Florida. Gainesville, Florida, USA.

Coelho A and de Brito J(2007) Construction and Demolition waste management in Portugal. In: *Proceeding of Conference ‘ Portugal SB07 – Sustainable Construction, Materials and Practice’*. September 2007, 767-774.

Coelho, A. (2009). “Análise de Viabilidade de Implantação de Centrais de Reciclagem de Resíduos da Construção e Demolição em Portugal. Parte I - Estimativa da Geração de Resíduos de Construção e Demolição.” Universidade Técnica de Lisboa - Instituto Superior Técnico.

Coelho, A., & Brito, J. d. (2011a). Distribution of materials in construction and demolition waste in Portugal. *Waste Management & Research*, 29 (8), pp. 843–853.

Coelho, A., & Brito, J. d. (2011b). Generation of construction and demolition waste in Portugal. *Waste Management & Research*, 29 (7), pp. 739–750.

Costa, U. & Ursella, P. (2003) Construction and demolition waste recycling in Italy. In: Proc. Conference Wascon 2003 – Progress on the Road to Sustainability, San Sebastian, Spain. The Netherlands: Iscowa, pp. 231 – 239.

De Jong, T.P.R., Fabrizi, L., 2004. Dry separation of mixed construction and demolition waste, in *Recycling Internacional*, December 2004, pp.24-27.

Eguchi, K (2006) Application of recycled coarse aggregate by mixture to concrete construction. *Construction and Building Materials* 21(2007) 1542 – 1551

Eurostat. (2009b). “Waste generated by economic activity, 2006 (in percent of total waste generated).” Waste Statistics. Statistics Explained. Eurostat - European Commission.

Eurostat. (2009c). “Generation of waste, total arising and by selected economic activities (1.000 tonnes).” Waste Statistics. Statistics Explained. Eurostat - European Commission.

Eurostat. (2009d). “Types of waste treatment, 2006 (in percent of total waste treated).” Waste Statistics. Statistics Explained. Eurostat - European Commission.

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). Construction and demolition waste landfills. 1995. Disponível em: <http://www.epa.gov>.

Ferreira AS (2001) *Implementation of a maintenance and rehabilitation policy in Portugal*. Master’s Thesis in Construction, Lisbon Technical Institute (in Portuguese).

Fischer, C., e Werge, M. (2009). “ETC/SCP working paper 2/2009: EU as a Recycling Society. Present recycling levels of Municipal Waste and Construction & Demolition Waste in the EU.” European Environment Agency.

Franklin Associates (1998) *Characterization of Building-related Construction and Demolition Debris in the United States*. Prepared for US Environmental Protection Agency, Municipal and Industrial Solid Waste Division, Franklin Associated.

GEIPOP. Anuário Estatístico dos Transportes. Empresa Brasileira de Planejamento de Transportes. Brasília. Ministério dos Transportes. 2000.

Grübl P, Nelson A and Schmidt N (1999) Concrete made from recycled aggregate: *experiences from the building project “Waldspirale”*.

Heijungs R. (1992). (ed.) et al. *Environmental life cycle assessment of products – background and Environmental life assessment of products – Guide*, CML, TNO. B&G, Leiden.

Hendriks, Ch., F. & Janssen, G.M.T. (2003) Use of recycled materials in constructions. *Materials and Structures*, Vol. 36. pp604 – 608.

Huang W-L, Lin D-H, Chang N-B & Lin K-S (2002) Recycling of construction and demolition waste via a mechanical sorting process. *Resources Conservation & Recycling* 37(1): 23-37

Hurley JW (2003) Valuing the Pre-demolition Audit Process, CIB Report 287. Abdol R. Chini, University of Florida, Gainesville, FL, USA.

Hutter C. (2000) The weight of nations—material outflows from industrial economies. Washington: World Resources Institute.

Internacional Organization for Standardization, 1998. ISO 14000 – Meet the whole family! ISO Central Secretariat. ISO 1998-10/10000. Genève.

Instituto Nacional de Estatística (INE) (2007a) *Housing and construction statistics*.

INResíduos. (2007). “Tabela de Produção de Resíduos Industriais por Capítulos da Lista Europeia de Resíduos.” INR - Instituto dos Resíduos.

ITeC. (2000). *Programa d'ajuda a la Realització del Pla de Gestió de Residus*. Minimización y gestión de residuos de la construcción (Proyecto Life 98/351). Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya - ITeC.

Klang AB, Vikman P-A and Brattebø H (2003) Sustainable management of demolition waste – an integrated model for the evaluation of environmental, economic and social aspects. *Resources, Conservation and Recycling* 38(4): 317-334.

Lipsmeier, K., Günther, M., TU-Dresden, Umbra, Ceifa Ambiente, TecMinho/Universidade do Minho, IAT, CAFOC, e Raadvad. (2005). *Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios*. Institute for Waste Management and Contaminated Sites Treatment of Dresden

Lista Europeia Resíduos (LER), 2004.

Mehus, J. Petkovic CJ , Elgensen CJ, Karlsen, J & Lillestøl B (2005) Recycled aggregates. A viable alternative for the Norwegian building and construction industry. In: Proc. Conference World sustainable Building Conference, Tokyo, Japan University Press, pp. 753 – 763.

Morais, G. M. D. *Diagnóstico da deposição clandestina de resíduos sólidos da construção e demolição em bairros periféricos de Uberlândia: Subsídios para uma gestão sustentável*. 2006. 220p. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Engenharia Civil. Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG.

Morris JR, Phillips PS, Read AD. The UK landfill tax: an analysis of its contribution to sustainable waste management. *Resour Conserv Recycling* 1998;23;259-70

Mulder E, de Jong, Tako PR and Feenstra L (2007) Closed cycle construction: and integrated process for separation and reuse of C&D waste. *Waste Management* 27 (10): 1408-1415.

Pereira, L. (2002). “Construction and Demolition Waste Recycling: The case of the Portuguese northern region.” Universidade do Minho.

Reixach, F., Barroso, J., e Cuscó, A. (2000a). *Plan de Gestión de Residuos en las Obras de Construcción y Demolición*. Minimización y gestión de residuos de la construcción (Proyecto Life 98/351). Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya - ITeC.

Reixach, F., Barroso, J., e Cuscó, A. (2000b). *Situación Actual y Perspectivas de Futuro de los Residuos de la Construcción*. Minimización y gestión de residuos de la construcción (Proyecto Life 98/351). Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya - ITeC.

Reixach, F., Barroso, J., e Cuscó, A. (2000c). *Manual de Minimización y Gestión de Residuos en las Obras de Construcción y Demolición*. Minimización y gestión de residuos de la construcción (Proyecto Life 98/351). Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya - ITeC.

Reixach, F., Barroso, J., e Cuscó, A. (2000d). “Programa Docente para la Gestión Eficiente de los Residuos.” Minimización y gestión de residuos de la construcción (Proyecto Life 98/351). Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya – ITeC.

Salinas LA (2002) *Construction and Demolition Waste Management – a Contribution for the Evaluation and Municipal Management of CDW in Portugal*. Master’s Thesis in Construction Science, Coimbra University (in Portuguese).

Steen et al. (1992). *The EPS Enviro. Accounting Method*. Report B 1080. Swedish Environmental Research Institute (IVL). Göteborg, Sweden.

Swedish Environmental Management Council. Requirements for Environmental Product Declaration EPD – An application of ISO TR 14025 Type III environmental declarations. Miljøstyrningsrådet MSR 1999:2. Stockholm; 2000.

Symonds Group Ltd. (1999) *Construction and Demolition Waste Management Practice, and their Economic Impacts*. Report to DGXI, European Commission, Final Report. Symonds Group Ltd.

Technische Universität Dresden, e3 ecology energy economy (Alemanha), ModernLearning GmbH, Bildung mit Neuen Medien GmbH (Alemanha), Ausbildungszentrum der Bauindustrie Essen (Alemanha), CCL Consulting und Construction Logistics GmbH (Alemanha), CEIFA ambiente, Lda. – Centro de Estudos, Informação e Formação para o Ambiente, Lda. (Portugal), Centre Académique à la Formation Continue (França), Consur S. Coop (Espanha), CONVIS (França), TECMINHO - Associação da Iniversidade do Minho e Industria, Uniwersytet Warminsko - Mazurski (Polónia), e Fundacja Rozwoju Przedsizbiorczo FRP (Polónia). (2006). *WASTE TOOL - Projecto europeu de investigação no âmbito do Programa Leonardo da Vinci*. WasteTool Consortium.

Thormark C (2000) Environmental analysis of a building with reused building materials. *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings 1*.

University of Technology. Financiado pela União Europeia, no âmbito do Programa Crescimento Competitivo e Sustentável (1998-2002), Tradução: Said Jalali, Luís Pereira, TecMinho/Universidade do Minho.

Weihong X (2004) *Quality Improvement of Granular Secondary Raw Building Materials by Separation and Cleansing Techniques*. PhD thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.