RESUMO

Ao longo das últimas décadas assistimos à destruição de enormes manchas verdes com o intuito de explorar os maciços rochosos sob estas, a partir dos quais se produzem os agregados necessários à utilização na construção civil e nas obras públicas.

Porém, nos últimos anos, esta situação tem vindo a inverter-se, assistindo-se, cada vez mais, a uma preocupação global na mitigação do impacte ambiental de tal exploração desenfreada e na redução dos custos da construção.

A península de Troia foi um dos mais significativos exemplos na mitigação dessas preocupações, tendo-se reutilizado 109.200 m^3 de resíduos de construção e demolição na construção de novos arruamentos, na base de edifícios, na execução de poços drenantes e em infraestruturas provisórias, dos cerca de 130.700 m^3 de diversos tipos de resíduos produzidos, representando uma reutilização a rondar os 92%.

Pretende-se com esta dissertação, apresentar uma vertente de valorização dos RCD demonstrando as vantagens na sua reutilização, sem deixar de dar a conhecer um pouco melhor a Península de Troia, outrora tão importante nas rotas comerciais, o atual ponto de situação relativo à reutilização de RCD, assim como as atuais questões legais pelas quais se rege, atualmente, a utilização de Resíduos de Construção e Demolição.

Palavras chave

- Comportamento mecânico
- Reciclagem
- Resíduos de Construção e Demolição (RCD)
- Prevenção
- Reutilização
- Triagem
- Reciclagem
- Agregados
- Deflexão
- Resíduos

ABSTRACT

Over the past decades we have witnessed the destruction of huge green spots in order to explore the rock mass under these, from which are produced the required aggregates for use in construction and public works. But in the last years, this situation has been reversed, we can now watch, more and more, the increasing at a global concern in mitigating the costs of construction and reducing the environmental impact of such unbridled exploitation.

The peninsula of Troia was one of the most significant examples in mitigating these concerns, reusing about 109.200 m^3 of construction and demolition waste in the construction of new streets and buildings at the base. In this project, were produced approximately 130.700 m^3 of various types of waste, which are reused in construction a representative percentage of 92%.

The intention of this work is to bring forward the Project of recovery of CDW demonstrating the advantages of reuse, while giving a greater acknowledging of the peninsula of Troia, once so importante in trade routes, the current state of the art concerning the reuse of CDW, as well as the current legal issues for which falls today, the use of Construction and Demolition Waste.

Key-words

- Mechanical behavior
- Recycling
- Construction and Demolition Waste (CDW)
- Prevention
- Reuse
- Screening
- Recycling
- Aggregates
- Deflection
- Waste

AGRADECIMENTOS

A elaboração deste trabalho nunca teria sido possível sem a grata experiência que o projeto, a que aqui me refiro, representou para mim e sem a colaboração de todos aqueles a quem faço referência em baixo, não podendo deixar de pedir as mais sinceras desculpas àqueles que, eventualmente possam ter ficado esquecidos.

A presente dissertação foi realizada com a fundamental colaboração da Sonae, entidade à qual quero mostrar o meu agradecimento, nas seguintes pessoas:

- Dr. Marco Aurélio Nunes
- Arqº Climério Araújo
- Arqª Sofia Almeida
- Engº João Pedro Madeira
- Drª Inês Vaz Pinto
- Drª Teresa Machado

Quero também agradecer aos meus orientadores para esta Dissertação de Mestrado, pela sua dedicação e apoio na elaboração desta tese:

- Prof. Engº José Manuel Simões Gomes
- Prof. Engº Fernando da Conceição Gonçalves Martinho

Um particular agradecimento ao Prof. Engº Manuel Brazão de Castro Farinha, por ter aceitado o tema que lhe propus para esta dissertação

Um, também, muito especial agradecimento ao Prof. Engº Paulo Vaz Serra, pelo incessante apoio, encorajamento que sempre me deu para levar avante esta árdua tarefa.

Especiais agradecimentos a:

- Aos meus pais pelo apoio, compreensão, dedicação e disponibilidade;
- Às minhas lindas filhas (Inês e Carolina), pela capacidade de compreensão pela menor disponibilidade do pai, no período que durou a elaboração deste documento;
- À Ana, pelos seus incentivos e pela sua capacidade de compreensão e por todo o carinho demonstrado neste período;
- Aos filhos da Ana (Eduardo e Sara), pela sua paciência e compreensão;

E a todos os que aqui foram esquecidos mas que, de uma ou outra forma, contribuíram para a elaboração deste documento, o meu muito obrigado.

ÍNDICE DE TEXTO

1 – INTRODUÇÃO -- 1

1.1 - OBJETIVO DO TRABALHO --- 1

1.2 - METODOLOGIA -- 1

1.3 - ESTRUTURA DO TRABALHO -------------------------------------- 2

2 – A PENÍNSULA DE TROIA -- 4

2.1 - OS PRIMÓRDIOS DA HISTÓRIA ------------------------------------ 4

2.2 - OS ANOS 70, A TORRALTA E O SEU PROJETO ---------------- 8

2.3 - A SEGUNDA DÉCADA DOS ANOS 90, A SONAE E O SEU PROJETO --- 14

3 – ESTADO DA ARTE --- 16

3.1 - A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL E OS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO ------------------------------------- 16

3.1.1 - Definição de Resíduos de Construção e Demolição----- 17

3.1.2 - Composição dos Resíduos de Construção e Demolição -- 19

3.1.3 - A deposição de resíduos a vazadouro ---------------------- 26

3.1.4 - O reaproveitamento dos resíduos -------------------------- 29

3.1.5 - A valorização dos Resíduos de Construção e Demolição -- 31

4 – ESTUDO DO CASO - TROIARESORT -- 57

4.1 - A DEMOLIÇÃO -- 57

4.1.1 - A Gestão e a Valorização dos RCD no Troiaresort ----- 59

4.1.1.1 - A remoção e a triagem de resíduos ----------- 59

4.1.1.2 - A demolição das estruturas edificadas -------- 62

4.1.1.3 - O taqueamento e a britagem dos RCD -------- 71

4.2 - O PROJETO DE RECONVERSÃO URBANÍSTICA E SUA CALENDARIZAÇÃO -- 73

4.2.1 - O reaproveitamento dos RCD -------------------------------- 73

4.2.2 - A caraterização dos agregados britados obtidos --------- 81

4.2.3 - O controlo de qualidade -- 83

4.2.4 - Execução do troço experimental ---------------------------- 85

4.2.5 - Recomendações para a sua utilização -------------------- 86

4.3 - A APLICAÇÃO DOS AGREGADOS NOS ARRUAMENTOS DAS UNOP 1 E 2 -- 87

4.4 - O IMPACTE AMBIENTAL --- 93

4.5 - O IMPACTE FINANCEIRO -- 94

4.5.1 - Custo da viagem via marítima ------------------------------- 95

4.5.2 - Custo do transporte por via terrestre ---------------------- 95

4.5.3 - Custo com o transporte de RCD a vazadouro licenciado --- 96

4.5.4 - Custo com a britagem dos RCD ---------------------------- 96

4.5.5 - Resumo dos custos -- 99

5 – CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS ------------------------- 101

5.1 - CONCLUSÕES -- 101

5.2 – PERSPETIVAS FUTURAS -- 105

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS -- 106

ÍNDICE DE QUADROS

CAPÍTULO 3

Quadro 3.1 – Percentagem de resíduos, na UE, de acordo com a sua origem -- 20

Quadro 3.2 – Produção média de RCD na UE (por país e per capita) ------- 51

Quadro 3.3 – Produção de agregados (em milhões de tons) na UE em 2005 por tipologia -- 53

Quadro 3.4 – Composição média dos RCD na UE e seu reaproveitamento ---- -- 54

Quadro 3.5 – Percentagem dos destinos que se estima aconteçam em Portugal --- 55

CAPÍTULO 4

Quadro 4.1 – Quantidade de resíduos produzidos na fase de demolição, por tipologia --- 70

Quadro 4.2 – Quantidade de resíduos produzidos na fase de demolição e seu reaproveitamento --- 70

Quadro 4.3 – Quantidades e percentagens de resíduos produzidos na fase de construção, por tipologia ------------------------------------- 77/78

Quadro 4.4 – Percentagem de resíduos produzidos, por obra, na fase de construção --- 78

Quadro 4.5 – Quantidades totais de resíduos produzidos na fase de construção e tipo de reaproveitamento -------------------------- 79

Quadro 4.6 – Quantidades totais de resíduos produzidos no empreendimento e percentagens de reaproveitamento ----------------------------- 80

Quadro 4.7 – Quantidades e custos dos resíduos provenientes da 1ª fase das demolições -- 96/97

Quadro 4.8 – Quantidades e custos dos resíduos provenientes da 2ª fase das demolições -- 97/98

Quadro 4.9 – Quantidades totais dos resíduos provenientes das demolições e seu custo médio ponderado --------------------------------------- 99

Quadro 4.10 – Custo total com o reaproveitamento e sua economia ---------- 99

ÍNDICE DE GRÁFICOS

CAPÍTULO 3

Gráfico 3.1 – Contributo da origem de cada resíduo na UE ---------------------- 20
Gráfico 3.2 – Produção média de RCD na EU, per capita ----------------------- 52
Gráfico 3.3 – Produção de agregados (em milhões de tons) na EU em 2005 --- 53
Gráfico 3.4 – Composição média dos RCD na UE e seu reaproveitamento, consoante a sua tipologia --- 54

CAPÍTULO 4

Gráfico 4.1 – Quantidade de resíduos produzidos na fase de demolição e seu reaproveitamento -- 70
Gráfico 4.2 – Percentagem de resíduos produzidos, por obra, na fase de construção -- 79
Gráfico 4.3 – Quantidades totais de resíduos produzidos na fase de construção e tipo de reaproveitamento ----------------------------- 80
Gráfico 4.4 – Quantidades totais de resíduos produzidos na fase de construção e seu reaproveitamento em obra --------------------- 81

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 2.1 A Península de Troia -- 4
Figura 2.2 Os tanques de salga (Oficina 1) -------------------------- 5
Figura 2.3 A Necrópole / Mausoléu ------------------------------------ 5
Figura 2.4 A Basílica --- 6
Figura 2.5 A Rua da Princesa -- 7
Figura 2.6 A Necrópole / Mausoléu ------------------------------------ 7
Figura 2.7 As Termas -- 8
Figura 2.8 Troia no início do séc. XX --------------------------------- 8
Figura 2.9 A construção de Troia nos anos 70 /séc. XX) --------- 10
Figura 2.10 A Marina de Troia segundo o projeto Aquarius em 1991 -- 12

CAPÍTULO 3

Figura 3.1 O produto dos maus exemplos da construção em Portugal no passado --------------------------------------- 27

CAPÍTULO 4

Figura 4.1 A demolição do PT 8 --------------------------------------- 59
Figura 4.2 O desfardamento da Torre 06 --------------------------- 60
Figura 4.3 Os Morcegos Rabudos ------------------------------------ 60
Figura 4.4 A proteção dos pisos com cargas explosivas da Torre 06 --- 62
Figura 4.5 O momento da implosão (8 de setembro de 2005) --- 62
Figura 4.6 a 4.9 As fases da implosão da Torre 06 ---------------------- 63
Figura 4.10 Resíduos resultantes da Torre 04 ---------------------- 64
Figura 4.11 e 4.12 A instrumentação dos edifícios adjacentes às torres a demolir -- 65

Figura 4.13	Cabeças de estacas removidas para britagem -------- 66
Figura 4.14	Cordão de segurança -------------------------------------- 67
Figura 4.15	Controlo de cordão de segurança ----------------------- 67
Figura 4.16	Planta de localização dos edifícios existentes do anterior Parque de Campismo ---------------------------- 68
Figura 4.17 e 4.18	Exemplos de antigos edifícios existentes no anterior Parque de Campismo (Refeitório e Instalações Sanitárias das Senhoras) --------------------------------- 69
Figura 4.19 e 4.20	Exemplos de antigos edifícios existentes no anterior Parque de Campismo (Instalações Sanitárias dos Homens) --- 69
Figura 4.21 a 4.23	A britagem -- 72
Figura 4.24	A Área de Desenvolvimento Turístico de Troia -------- 73
Figura 4.25	Planta da UNOP 1 (Unidade Operativa de Planeamento e Gestão) -- 75
Figura 4.26 a 4.29	Equipamento de controlo ---------------------------------- 85
Figura 4.30 a 4.32	Execução de um arruamento com recurso a RCD --- 89
Figura 4.33 e 4.34	Aplicação de agregados provenientes de RCD nas fundações do Ácala --- 91
Figura 4.35	Os detritos provenientes das anteriores construções -- 93

<u>CAPÍTULO 5</u>

Figura 5.1	A Troia atual (Unop 1) ------------------------------------ 103
Figura 5.2	A Troia atual (Unop 2) ------------------------------------ 103
Figura 5.3	A Troia atual (Vista geral sobre a Unop 1) ----------- 106

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABGE	Agregados Britados de Granulometria Extensa
ADT	Área de Desenvolvimento Urbanístico
APA	Agência Portuguesa do Ambiente
CCDR	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional
CCDRn	Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional do Norte
CEE	Comunidade Económica Europeia
CRAFT	Ação de Investigação em Cooperação – Incentivo Tecnológico para as PME
DIP	Defletómetro de Impacto Portátil
DRE	Direção Regional de Energia
EAE	Estudo Ambiental Estratégico
EEA	Agência Europeia de Ambiente
EN	European Norm (o mesmo que NE)
FWD	Falling Weight Deflectometer (Defletómetro de Impacto Pesado)
GARCD	Guia de Acompanhamento de Resíduos de Construção e Demolição
GNR	Guarda Nacional Republicana
ISQ	Instituto de Soldadura e Qualidade
LER	Lista Europeia de Resíduos
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil
LWD	Light Weight Deflectometer (o mesmo que DIP)
MOR	Mercado Organizado de Resíduos
MSSS	Ministério da Solidariedade e Segurança Social
NE	Norma Europeia (o mesmo que EN)
NP	Norma Portuguesa
NP EN	Norma Portuguesa - European Norm
PME	Pequenas e Médias Empresas
PPGR	Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos

PPGRCD	Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos de Construção e Demolição
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RELAI	Regulamento do Licenciamento da Atividade Industrial
SIRAPA	Sistema Integrado de Registo da Agência Portuguesa do Ambiente
TGR	Taxa Geral de Resíduos (o mesmo que TRG)
UE	União Europeia (o mesmo que EU – European Union)
UEPG	Union Européenne des Produteurs de Granulats
UNOP	Unidade Operativa de Planeamento e Gestão
US-EPA	Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos
WAMBUCO	European Waste Manual for Building Construction (*Manual Europeu de Resíduos da Construção de Edifícios*)