



**FEUP** FACULDADE DE ENGENHARIA  
UNIVERSIDADE DO PORTO

**MESTRADO EM ENGENHARIA DO AMBIENTE 2022/2023**

**GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO:  
IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DE RECICLAGEM**

**TIAGO ANDRÉ DA SILVA MOURA**

Dissertação submetida para obtenção do grau de  
**MESTRE EM ENGENHARIA DO AMBIENTE**

**Orientador Académico:**

Castorina Fernanda Silva Vieira, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

---

**Coorientador Académico:**

Joana Maia Moreira Dias, Professora Auxiliar do Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

---

**Supervisor da Empresa:**

Duarte Filipe da Silva Dias, Diretor de Produção, Empresa Veirabar Lda.

---

*Março, 2023*



## **Agradecimentos**

Primeiramente agradeço a Deus por tudo que tem feito por mim e todas as oportunidades que me tem dado.

A realização deste documento não seria possível sem as pessoas mais importantes para mim, desta forma resta-me agradecer à minha mãe e ao meu pai que apesar de todas as dificuldades que ultrapassamos sempre me disponibilizaram todas as ferramentas necessárias para que eu lute pelos meus sonhos, porque os meus sonhos são os nossos sonhos.

Agradeço também às Professoras Joana Maia Dias e Castorina Vieira pela paciência, ajuda e disponibilidade ao longo deste processo, o meu sincero obrigado.

Um obrigado também à Engenheira Patrícia Pereira do Laboratório de Materiais de Construção (LMC) pelo apoio na realização dos ensaios, pela atenção e pela disponibilidade.

Por fim resta-me agradecer ao Engenheiro Duarte Dias da empresa Veirabar, Lda. que me ajudou imenso em todo o processo e que para além de um grande profissional é um bom colega de trabalho.

---

A Professora Castorina Vieira, orientadora desta dissertação, é membro integrado do CONSTRUCT - Instituto de I&D em Estruturas e Construções, financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC) - Financiamento Base: UIDB/04708/2020.

A Professora Joana Maia Dias, coorientadora desta dissertação, é membro integrado do LEPABE - Laboratório de Engenharia de Processos, Ambiente Biotecnologia e Energia, suportado financeiramente por: LA/P/0045/2020 (ALICE), UIDB/00511/2020 e UIDP/00511/2020 (LEPABE), financiado por fundos nacionais através da FCT/MCTES (PIDDAC).



## **Resumo**

A problemática da gestão de resíduos tem vindo a acentuar-se devido aos atuais padrões de consumo e conseqüente aumento da sua produção. Por outro lado, a dificuldade de encaminhamento dos resíduos para destinos de valorização adequados tem motivado a procura por novas soluções. Neste âmbito, a presente dissertação, realizada em ambiente empresarial na empresa Veirabar Lda., teve como objetivo estudar vias de implementação de operações de valorização de Resíduos de Construção e Demolição (RCD).

Pretendeu-se estudar operações de valorização de RCD no local de origem (caso de estudo de uma operação de valorização em obra) e descrever os meios necessários para implementação e funcionamento de uma instalação fixa (Operador de Gestão de Resíduos licenciado) para valorização de RCD de tipologia inerte.

Durante o estudo, foi realizado um levantamento bibliográfico e técnico com vista à descrição dos requisitos, condicionantes, meios e regimes aplicáveis para licenciamento e funcionamento adequado de um local de implementação de um Operador de Gestão de Resíduos (OGR). Adicionalmente, foi acompanhada uma operação de valorização em obra (caso de estudo), em que se obteve um material que foi caracterizado tendo por base os normativos vigentes para se avaliar o seu potencial como agregado reciclado.

A caracterização permitiu a determinação de parâmetros geométricos, químicos e mecânicos, fundamentais para estudar o potencial de aplicabilidade do material, comparando os resultados com os valores estabelecidos nas guias de utilização do Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), nomeadamente as especificações E 484, E 485 e E 474.

Tendo por base os resultados obtidos, o material terá potencial aplicação em caminhos rurais e florestais, em preenchimento de valas e em aterro e camadas de leito de infraestruturas de transporte.

Espera-se que as linhas gerais de apoio à implementação do OGR descritas no presente estudo sirvam para suportar com sucesso a sua implementação futura, contribuindo assim para aumentar as vias de valorização dos RCD em Portugal.

**Palavras-chave:** Agregado Reciclado, Britagem, Operador de Gestão de Resíduos, Operações de Valorização, Triagem.

## **Abstract**

The problem of waste management has been growing due to current consumption patterns and the consequent increase in waste production. On the other hand, the difficulty of sending waste to appropriate recovery destinations has motivated the search for new solutions. In this context, this dissertation, carried out in a business environment in the company Veirabar Lda, aimed to study ways of implementing recovery operations for Construction and Demolition Waste (CDW). It was intended to study recovery operations of CDW at the place of origin (case study of a recovery operation on site) and to describe the means necessary for implementation and operation of a fixed installation (licensed Waste Management Operator) for the recovery of CDW inert type.

During the study, a bibliographic and technical survey was carried out in order to describe the requirements, constraints, means and applicable regimes for licensing and proper operations a site for the implementation of a Waste Management Operator (WMO). In addition, an on-site recovery operation was monitored (case study), from which a material was obtained that was characterized according to current standards in order to assess its potential as recycled aggregate.

The characterization allowed the determination of geometric, chemical and mechanical parameters, fundamental to study the potential applicability of the material, comparing the results with the values established in the guidelines for use of the National Laboratory for Civil Engineering (LNEC), namely specifications E 484, E 485 and E 474.

Based on the results obtained, the material has potential application in rural and forest roads, in backfilling of ditches and in embankment and transport bed layers.

It is expected that the general lines of support for the implementation of OGR described in this study will serve to successfully support its future implementation, thus contributing to increase the recovery routes of CDW in Portugal.

**Keywords:** Crushing, Recovery Operations, Recycled Aggregate, Sorting, Waste Management Operator.



# ÍNDICE GERAL

Agradecimentos .....	iii
Resumo .....	v
Abstract.....	vi
1 Introdução.....	1
1.1 Contexto.....	1
1.2 Objetivos.....	5
1.3 Estrutura .....	6
2 Estado da Arte .....	7
2.1 Gestão de Resíduos de Construção e Demolição .....	7
2.1.1 Resíduos de Construção e Demolição .....	8
2.1.2 Enquadramento Legislativo .....	11
2.1.3 Classificação dos Resíduos de Construção e Demolição .....	13
2.1.4 Soluções europeias, nacionais e locais para a gestão dos Resíduos de Construção e Demolição.....	15
2.2 Valorização de Resíduos de Construção e Demolição.....	19
3 Implementação de um Operador de Gestão de Resíduos.....	24
3.1 Introdução .....	24
3.2 Características do Terreno para Implementação das Atividades de Gestão .....	26
3.3 Licenças e Autorizações .....	30
3.4 Requisitos principais para a instalação de um OGR .....	35
3.5 Produção de agregados reciclados provenientes de Resíduos de Construção e Demolição .....	37
4 Agregado Reciclado.....	51
4.1 Introdução .....	51
4.2 Caso de Estudo-Demolição do Muro do Porto de Aveiro.....	52

4.2.1	Enquadramento .....	52
4.2.2	Produto Final .....	54
4.2.3	Caracterização laboratorial do produto .....	56
4.2.3.1	Análise granulométrica .....	58
4.2.3.2	Resistência à Fragmentação de Los Angeles.....	63
4.2.3.3	Determinação da massa volúmica e da absorção de água .....	66
4.2.3.4	Determinação do valor de Azul de Metileno .....	69
4.2.3.5	Determinação do Teor de sulfatos solúveis em água .....	71
4.2.4	Possíveis aplicações do produto final.....	72
4.2.4.1	Viabilidade de utilização em aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte .....	73
4.2.4.2	Viabilidade de utilização em preenchimento de valas .....	77
4.2.4.3	Viabilidade de utilização em caminhos rurais e florestais.....	79
4.2.4.4	Considerações finais.....	81
4.3	Marcação CE .....	82
4.3.1	Introdução .....	82
4.3.2	Processo de marcação CE .....	83
5	Considerações finais.....	85
5.1	Conclusões .....	85
5.2	Desenvolvimentos futuros.....	86
	Referências .....	87
	Anexos .....	96
	Anexo A: Projeto CLOSER.....	96
	Anexo B: Módulo preenchimento TUA e Regimes Jurídicos Aplicáveis .....	102

# ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: QUANTIDADE, EM TONELADAS, DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO GERADOS EM ALGUNS PAÍSES ENTRE 2016 E 2018. ....	8
FIGURA 2: CÓDIGO LER REFERENTE AO CAPÍTULO DOS RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO, EVIDENCIANDO NOMENCLATURA REFERENTE AOS SUBCAPÍTULOS. ....	13
FIGURA 3: ARMAZENAMENTO PRELIMINAR DE RESÍDUOS COM AMIANTO NA SUA COMPOSIÇÃO (LER 17 06) .....	14
FIGURA 4: PRINCÍPIO DA HIERARQUIA DOS RESÍDUOS SEGUNDO A DECRETO-LEI. Nº102-D/2020 .....	19
FIGURA 5: DESTINO DAS TIPOLOGIAS DE RCD E RESPECTIVAS PERCENTAGENS DE VALORIZAÇÃO, ELIMINAÇÃO E ARMAZENAMENTO R13, DO ANO DE 2018. ....	21
FIGURA 6: RESULTADO DA SIMULAÇÃO DO MÓDULO LICENCIAMENTO ÚNICO DE AMBIENTE NO SILIAMB. ....	32
FIGURA 7: EXEMPLO DE UMA BARREIRA FÍSICA UTILIZADA EM DELIMITAÇÕES DE ESPAÇOS EXTERIORES .....	35
FIGURA 8: EXEMPLO DE UMA BÁSCULA INDUSTRIAL APLICÁVEL AO PROCESSO EM ESTUDO. ....	35
FIGURA 9: EXEMPLO DE UM SISTEMA DE VIDEOVIGILÂNCIA APLICÁVEL AO PROCESSO EM ESTUDO (FOTOGRAFIA DE RUI OLIVEIRA GLOBAL IMAGENS). ....	37
FIGURA 10: REPRESENTAÇÃO ILUSTRATIVA DE UMA RETROESCAVADORA APLICÁVEL AO PROCESSO EM ESTUDO . ....	38
FIGURA 11: ESQUEMA ILUSTRATIVO DE UM PROCESSO PRODUTIVO TIPO, APLICÁVEL À INSTALAÇÃO COM VISTA À PRODUÇÃO DE UM AGREGADO BRITADO DE GRANULOMETRIA EXTENSA (ABGE) A PARTIR DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO, APÓS PROCESSO DE PRÉ-TRIAGEM. ....	39
FIGURA 12: ILUSTRAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM SEPARADOR MAGNÉTICO . ....	40
FIGURA 13: ILUSTRAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE TAMBORES MAGNÉTICOS . ....	41
FIGURA 14: EXEMPLO DE CRIVO ROTATIVO EVIDENCIANDO DENTES/LÂMINAS NA SUA SUPERFÍCIE .....	41
FIGURA 15: ILUSTRAÇÃO DO FUNCIONAMENTO DE UM TROMMEL .....	42
FIGURA 16: ILUSTRAÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRIAGEM MANUAL APLICÁVEL NO ÂMBITO DO PRESENTE ESTUDO <sup>0</sup> . ....	44
FIGURA 17: EXEMPLO DE UM ENGAIOLAMENTO NA BOCA DE ENTRADA DE UM BRITADOR DE MANDÍBULAS DA EMPRESA. ....	46
FIGURA 18: IMAGEM ILUSTRATIVA DE UM BRITADOR DE MAXILAS .....	47
FIGURA 19: BRITADOR DE MANDÍBULAS MÓVEL UTILIZADO PELA EMPRESA. ....	48
FIGURA 20: IMAGEM ILUSTRATIVA DE UM BRITADOR GIRATÓRIO .....	49
FIGURA 21: IMAGEM ILUSTRATIVA DE UM BRITADOR CÔNICO .....	49
FIGURA 22: IMAGEM ILUSTRATIVA DE UM BRITADOR DE MARTELOS .....	50
FIGURA 23: IMAGEM ILUSTRATIVA DE UM BRITADOR DE IMPACTO .....	50
FIGURA 24: IMAGEM DA ESTRUTURA SUJEITA A DEMOLIÇÃO. ....	52
FIGURA 25: AÇO E INERTE ORIGINADOS DA DEMOLIÇÃO DO MURO DE BETÃO ARMADO, DEVIDAMENTE SEPARADOS. ....	53
FIGURA 26: PRODUTO OBTIDO DA VALORIZAÇÃO DO MURRO DA EMPREITADA DO PORTO DE AVEIRO. ....	54
FIGURA 27: MATERIAL RECICLADO APÓS SECAGEM NO LMC. ....	56
FIGURA 28: PENEIROS UTILIZADOS NA REALIZAÇÃO DO ENSAIO DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA. ....	58

FIGURA 29: CURVA GRANULOMÉTRICA DO MATERIAL. ....	60
FIGURA 30: EQUIPAMENTO LOS ANGELES DO LABORATÓRIO DE MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO.....	63
FIGURA 31:ESFERAS DE AÇO (11) UTILIZADAS COMO CARGA ABRASIVA. ....	63
FIGURA 32: ASPETO VISUAL DA AMOSTRA APÓS O ENSAIO DE LOS ANGELES. ....	64
FIGURA 33: PICNÓMETROS UTILIZADOS NO ENSAIO: 500ML (ESQUERDA) E 5000ML (DIREITA). ....	66
FIGURA 34: ASPETO DAS DIVERSAS GOTAS SOBRE O PAPEL DE FILTRO NO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO AZUL DE METILENO. .....	70
FIGURA 35: AGITADOR MECÂNICO E CAULINITE UTILIZADOS NO ENSAIO DE DETERMINAÇÃO DO AZUL DE METILENO. ....	70
FIGURA 36: EXTRATO DE TABELA DO ESTUDO DE BARBUDO ET AL. COM OS RESULTADOS DE CONCENTRAÇÃO DOS ELEMENTOS PARA CADA LOTE .....	75
FIGURA 37: REPRESENTAÇÃO DAS CATEGORIAS NA VALA. ....	77
FIGURA 38: ORGANOGRAMA DA INSTALAÇÃO- CONTROLO DE PRODUÇÃO. ....	84
FIGURA 39: LOCALIZAÇÃO DO CAIS COBERTO DA MALVEIRA. ....	97
FIGURA 40: REGISTO FOTOGRÁFICO DA ESTRUTURA COM AMIANTO PRESENTE NO CAIS.....	98
FIGURA 41: REGISTO FOTOGRÁFICO DA MADEIRA PRESENTE NO CAIS.....	98
FIGURA 42: REGISTO FOTOGRÁFICO DO BETÃO PRESENTE NO CAIS. ....	99
FIGURA 43: REGISTO FOTOGRÁFICO DAS PAREDES DE ALVENARIA DETETADAS NO CAIS. ....	99
FIGURA 44: REGISTO FOTOGRÁFICO DAS TELHAS DO CAIS.....	100
FIGURA 45: REGISTO FOTOGRÁFICO DO AÇO PRESENTE NO CAIS. ....	100

# ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: GAMA MÉDIA DA COMPOSIÇÃO DE UM RESÍDUO DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO GERADOS EM PAÍSES DA UNIÃO EUROPEIA.....	9
TABELA 2: TAXA DE VALORIZAÇÃO DE RCD EM ALGUNS PAÍSES DA EU NO ANO DE 2018 .....	10
TABELA 3: CÓDIGOS LER DOS RCD PASSÍVEIS DE FRAGMENTAÇÃO PARA VALORIZAÇÃO NO LOCAL APROVADOS PELA APA ...	23
TABELA 4: LISTA DE CÓDIGOS DA LISTA EUROPEIA DE RESÍDUOS QUE SE PREVÊ VIREM A SER ACEITES PELO OPERADOR DE GESTÃO DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO .....	24
TABELA 5: OPERAÇÕES DE VALORIZAÇÃO PREVISTAS NO ÂMBITO DAS ATIVIDADES DO OPERADOR DE GESTÃO DE RESÍDUOS .	25
TABELA 6: FASES EXPLICITADAS DO MODELO DO TÍTULO ÚNICO DE AMBIENTE .....	33
TABELA 7: RESULTADOS REFERENTES ÀS MASSAS NO ENSAIO DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA .....	59
TABELA 8: RESULTADOS DA ANÁLISE GRANULOMÉTRICA.....	60
TABELA 9: REQUISITOS GERAIS PARA A GRANULOMETRIA, TABELA 2 DA NORMA NP EN 13242:2002+A1:2010 .....	61
TABELA 10: CATEGORIAS PARA OS VALORES DE MÁXIMOS EM TEOR DE FINOS, ADAPTADO DE NP EN 13242:2002+A1:2010 .....	62
TABELA 11: RESULTADOS OBTIDOS DO ENSAIO DA RESISTÊNCIA À FRAGMENTAÇÃO LOS ANGELES.....	65
TABELA 12: CATEGORIAS DOS AGREGADOS NO QUE SE REFERE AO COEFICIENTE DE LOS ANGELES DE ACORDO COM NORMA NP EN 13242:2002+A1:2010 .....	65
TABELA 13: RESULTADOS DO ENSAIO DA DETERMINAÇÃO DA MASSA VOLÚMICA E DA ABSORÇÃO DE ÁGUA .....	68
TABELA 14: REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS DO ENSAIO DE MB.....	71
TABELA 15: ESPECIFICAÇÕES DO LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL E RESPETIVAS UTILIZAÇÕES.....	72
TABELA 16: CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS RECICLADOS.....	73
TABELA 17: PROPRIEDADES E REQUISITOS MÍNIMOS DE CONFORMIDADE DOS MATERIAIS RECICLADOS PROVENIENTES DE RCD EM ATERRO E CAMADA DE LEITO DE INFRA-ESTRUTURAS DE TRANSPORTE.....	74
TABELA 18: PARÂMETROS VALORES-LIMITE DE LIXIVIAÇÃO A RESÍDUOS ADMISSÍVEIS EM ATERROS DE INERTES ESTABELECIDOS PELO DECRETO-LEI 102-D DE 10 DE DEZEMBRO DE 2020 .....	76
TABELA 19: CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS PROVENIENTES DE RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO.....	77
TABELA 20: PROPRIEDADES E REQUISITOS MÍNIMOS DE CONFORMIDADE DOS MATERIAIS RECICLADOS PARA APLICAÇÃO EM PREENCHIMENTO DE VALAS .....	78
TABELA 21: CAMPO DE APLICAÇÃO DE MATERIAIS.....	79
TABELA 22: CLASSIFICAÇÃO DOS MATERIAIS PROVENIENTES DE RCD, DE ACORDO COM A PROPORÇÃO DOS CONSTITUINTES .	79
TABELA 23: PROPRIEDADES E REQUISITOS MÍNIMOS DOS MATERIAIS PROVENIENTES DE RCD PARA CAMINHOS RURAIS E FLORESTAIS .....	80
TABELA 24: POSSÍVEIS APLICAÇÕES DO MATERIAL RECICLADO AGREGADO DA VALORIZAÇÃO DO PORTO DE AVEIRO .....	81

# ÍNDICE DE EQUAÇÕES

EQUAÇÃO (1): INTERPOLAÇÃO PARA A DETERMINAÇÃO DA MASSA MÍNIMA DO PROVETE .....	59
EQUAÇÃO (2): DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE LOS ANGELES .....	64



## **Siglas e Acrónimos**

APA- Agência Portuguesa do Ambiente

e-GAR- Guia Eletrónica de Acompanhamento de Resíduos

LUA- Licenciamento Único Ambiental

LER- Lista Europeia de Resíduos

ODS- Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

OGR- Operador de Gestão de Resíduos

RJUE- Regime Jurídico da Urbanização e Edificação

RCD- Resíduo de Construção e Demolição

SILiAmb-Sistema Integrado de Licenciamento do Ambiente

TUA- Título Único de Ambiente



# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contexto

Com o desenvolvimento civilizacional, a procura por distintas matérias-primas para diversas aplicações e a sua transformação em produtos, resultou num aumento da produção de resíduos. A problemática destes tornou-se ainda mais evidente e com repercussões a uma maior escala, com a criação de grandes aglomerados populacionais nos centros urbanos.

A revolução industrial na Europa (1760 a 1840) foi um marco histórico na problemática dos resíduos, na medida em que o avanço tecnológico originou uma transformação no paradigma de consumo e procura por diferentes matérias-primas, resultando ainda numa maior complexidade associada ao tratamento dos resíduos resultantes. Este aspeto verifica-se com o início das atividades industriais e com o aumento da construção de novos edifícios que surgiam como necessidade inerente ao aumento da atividade urbana. O “lixo”, como se designa popularmente o resíduo sólido, começou a ser um problema para as populações principalmente nas grandes cidades, dado o aumento da deposição de resíduos a céu-aberto. Esta situação provocou o aparecimento de odores indesejados, pragas e facilitou a proliferação de doenças, tornando-se um problema de saúde pública [1].

Atualmente, a procura de matérias-primas associada aos elevados padrões de consumo verificados na sociedade conduz a uma excessiva exploração de recursos naturais e ao aumento da produção de resíduos.

Tendo em conta a necessidade da mudança urgente de paradigma, a Organização das Nações Unidas (ONU) definiu, inclusivamente, como prioridade até o ano de 2030, metas que se enquadram neste âmbito. Surgem assim os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), que definem os objetivos a atingir nos três pilares da sustentabilidade: económico, social e ambiental. Foram definidos 17 ODS a atingir em 2030, de entre os quais se destacam os seguintes, mais relacionados com o tema desta dissertação [2]:

ODS 9: **Indústria, inovação e infraestruturas** - com o objetivo de construir infraestruturas resilientes e sustentáveis procura-se promover a inovação aliando-a a um eficiente uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais “limpos”;

ODS 11: **Tornar as cidades e comunidades inclusivas, seguras, resilientes e sustentáveis** - A construção de cidades sustentáveis é um ponto fulcral no reajuste dos aglomerados populacionais, de forma que seja possível mitigar o impacto ambiental causado pela atividade humana, nomeadamente a gestão de resíduos, implementando instalações de gestão de resíduos em concordância com ferramentas municipais de gestão territorial;

ODS 12: **Garantir padrões de consumo e de produção sustentáveis** - A correta gestão de produção de matérias-primas de forma a reduzir substancialmente a produção de resíduos por meio da prevenção, redução, reutilização e reciclagem. A gestão sustentável dos resíduos influencia diretamente a exploração dos recursos naturais, podendo resultar em vantagens ambientais. Neste âmbito, é fundamental a inclusão das empresas e a adoção de práticas sustentáveis de gestão de resíduos;

ODS 13: **Ação climática** - A incorreta gestão de resíduos conduz a uma necessidade de novas matérias-primas, aumentando a extração de recursos naturais emitindo poluentes e contaminantes para o ambiente. Desta forma, a adoção de medidas ativas para melhorar a gestão de resíduos promoverá o combate às alterações climáticas e redução dos seus impactos;

ODS 15: **Proteger a vida terrestre** - A conservação, restauração e uso sustentável dos ecossistemas e recursos naturais é um objetivo fundamental, daí a necessidade de deter a sobre-exploração de recursos e evitar a deterioração da paisagem;

ODS 17: **Parcerias para a implementação dos objetivos** - A criação de sinergias entre várias entidades promoverá não só a valorização económica dos recursos como também a visão de circularidade dos resíduos atribuindo o devido valor a estes.

Deste modo, atividades de gestão de resíduos como a recolha, o transporte, a triagem e o tratamento: valorização e/ou eliminação, têm adquirido uma maior relevância de forma a contribuir para o seu correto fim de vida. Desta forma, entidades como os Operadores de Gestão de Resíduos (OGR) obtiveram ao longo dos anos uma maior importância, consequência da necessidade de proporcionar um destino adequado aos

resíduos, sendo atualmente fundamentais para atingir os ODS e para o correto funcionamento da gestão de resíduos dentro e fora dos centros urbanos.

Até ao ano de 2050, estima-se um aumento populacional de 1,5 mil milhões de pessoas e, conseqüentemente, prevê-se um aumento de 68% da edificação global. Assim, atividades como a construção de novas habitações, a demolição de edifícios antigos e a sua requalificação tendem a aumentar [3]. Efetivamente, dentro das várias atividades económicas, a construção apresenta-se como um dos setores que mais se desenvolveu nos últimos anos, sendo notória a intensificação das atividades de reabilitação e manutenção [4].

Como resultado, a produção de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), provenientes da atividade de construção civil, tem sido foco de uma grande preocupação no que toca à temática de gestão de resíduos, pois apresenta impactos ambientais, económicos e sociais negativos, articulados à sua crescente geração e dificuldade de gestão.

Os RCD atualmente correspondem à principal tipologia de resíduos produzida, representando cerca de um terço da totalidade de resíduos produzidos na União Europeia, daí ser importante a adoção de mecanismos sustentáveis de gestão destes resíduos, de forma a serem reintegrados na economia [5]. Dentro dos RCD, a fração inerte corresponde à fração dominante, onde se enquadram materiais como o betão, tijolo, materiais cerâmicos e ladrilhos não contaminados, aos quais se atribui um enorme potencial de valorização.

O processo de valorização é uma qualquer operação de tratamento de resíduos cujo resultado principal seja a utilização, com ou sem transformação, dos resíduos de forma a obterem um fim útil [6].

A valorização de RCD como material granular é uma forma eficaz de atingir a sustentabilidade num setor que consome mais matérias-primas que qualquer outra atividade económica e que se estima que possa originar em Portugal aproximadamente 11,4 milhões de toneladas de RCD [7].

Desta forma, operações de tratamento, como por exemplo o processo de britagem/fragmentação, são excelentes alternativas para o reaproveitamento material, promovendo uma minimização do consumo de recursos naturais não renováveis para a

produção de materiais de construção sendo uma boa ferramenta para a promoção da sustentabilidade do setor.

O produto obtido do processo de valorização de inertes por britagem/fragmentação pode vir a constituir-se como um agregado reciclado (caso obtenha marcação CE) e surge como um contributo muito relevante para o reaproveitamento de RCD. Assim, o estabelecimento de instalações de tratamento de resíduos para produção destes materiais é de extrema relevância, mas carece de um estudo detalhado relativamente aos requisitos, condicionantes, meios e regimes aplicáveis para o seu licenciamento e funcionamento adequado.

Por outro lado, a utilização de equipamentos de valorização móveis, como o caso de um britador móvel, confere vantagens relativamente à possível valorização na origem do resíduo (local afeto à obra). Assim, como parte dos estudos da presente dissertação, um RCD proveniente de betão armado passou por um processo de valorização, tendo sido posteriormente sujeito a uma caracterização laboratorial, de forma a determinar as suas propriedades geométricas, mecânicas e químicas e avaliar possibilidades de aplicação.

A adoção de vias de valorização local complementadas com instalações de tratamento de RCD assentam assim numa visão de economia circular, promovendo a valorização dos recursos, contribuindo para o aumento do tempo de vida útil dos materiais e evitando a extração de recursos naturais.

## **1.2 Objetivos**

Os principais objetivos da presente dissertação, realizada em âmbito empresarial na empresa Veirabar Lda., foram a avaliação da implementação de um operador de gestão de resíduos de construção e demolição, assim como a análise do potencial de realização de práticas de valorização dos recursos no local, com vista à produção de agregados reciclados.

### **1.3 Estrutura**

A presente dissertação distribui-se em cinco capítulos, divididos nos respetivos subcapítulos.

No primeiro capítulo é realizada uma introdução ao tema, com a respetiva contextualização da relevância, são descritos os objetivos e é apresentada a estrutura da dissertação.

No segundo capítulo, de estado da arte, descrevem-se os principais aspetos teóricos e técnicos legais relativamente aos RCD no contexto europeu e nacional.

O terceiro capítulo debruça-se em concreto sobre os requisitos com vista à implementação de um OGR, incluindo regimes jurídicos aplicáveis, características do local – e.g. classificação do solo e condições estruturais assim como se faz uma breve descrição dos equipamentos e do funcionamento do processo produtivo da instalação.

No quarto capítulo, orientado para uma componente mais prática dos estudos, introduzem-se os processos de obtenção de um potencial agregado reciclado proveniente de uma valorização efetuada em obra. Neste, descreve-se a metodologia utilizada para obtenção e caracterização do material e faz-se uma análise do seu potencial de aplicação tendo por base os resultados e especificações técnicas nacionais.

No quinto e último capítulo são apresentadas as conclusões retiradas do trabalho realizado assim como se apresentam recomendações para projetos/estudos futuros.

## **2 ESTADO DA ARTE**

### **2.1 Gestão de Resíduos de Construção e Demolição**

Ao longo do tempo o setor da construção revelou-se fundamental no desenvolvimento em todo o mundo de estruturas e infraestruturas fundamentais para a economia e sociedade.

De acordo com a Comissão Europeia [12], o setor da construção gera cerca de 9% do produto interno bruto (PIB) na União Europeia e proporciona diretamente 18 milhões de empregos. Adicionalmente, é, também responsável por cerca de 6 mil milhões de toneladas de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) [8], sendo um dos principais contribuidores para a pegada de carbono. Em Portugal, a construção civil é um dos setores mais importantes para a economia, o que se traduz num elevado volume de produção de RCD.

Os RCD podem surgir de trabalhos de construção, renovação, demolição de edifícios ou outras construções, ou até mesmo em casos de catástrofes naturais, como sismos, deslizamentos de terras, tsunamis, em que ocorra a destruição total ou parcial das edificações [8].

O incorreto planeamento das quantidades dos materiais necessários para a obra e a ausência de boas práticas de gestão relativamente ao aproveitamento de materiais pode também contribuir para a produção de RCD [9].

### 2.1.1 Resíduos de Construção e Demolição

Como anteriormente referido, os RCD são a principal tipologia de resíduos produzidos em todo mundo representando entre 30-40% da totalidade dos resíduos sólidos produzidos [10].

Na União Europeia, os RCD representam mais concretamente 36% da totalidade de resíduos sólidos produzidos, aproximadamente 924 milhões de toneladas [11], enquanto nos Estados Unidos essa proporção é próxima de 67% representando aproximadamente 534 milhões de toneladas [12] e na China é de 30 a 40% (2,36 mil milhões de toneladas) [10].

Na Figura 1 encontra-se um gráfico que demonstra a quantidade (em toneladas) anual de RCD produzidas por alguns países entre o período de 2016 a 2018.

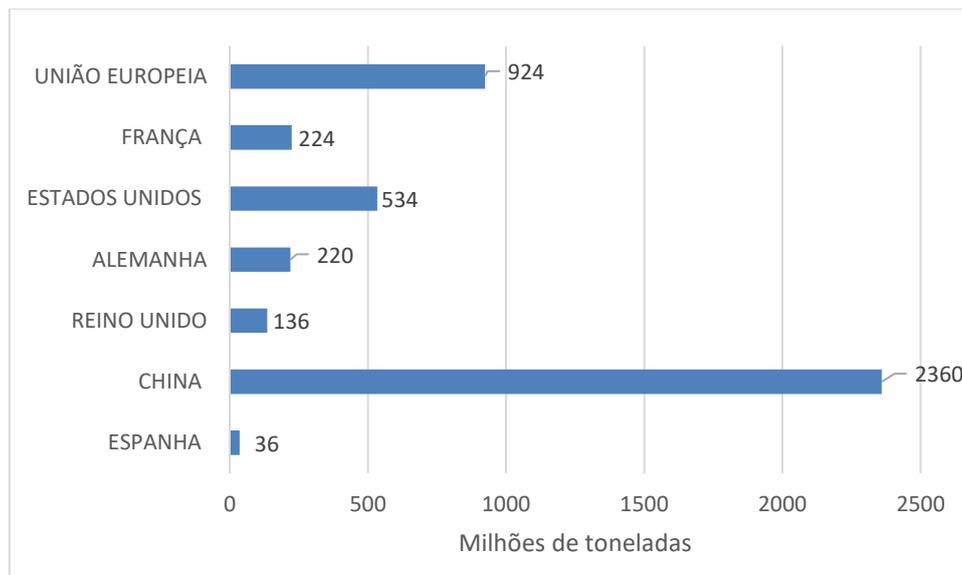


Figura 1: Quantidade, em toneladas, de Resíduos de Construção e Demolição gerados em alguns países entre 2016 e 2018.

Os RCD são constituídos por materiais diferentes, sendo as mais comuns os agregados, o betão, os cerâmicos, os solos, o betuminoso, os metais, as madeiras, o vidro, o papel, os plásticos, os materiais de isolamento, entre outros [13].

Na Tabela 1 apresentam-se, a título exemplificativo, dados sobre a gama média da composição dos RCD na União Europeia, sendo que esta composição é muito influenciada pelo tipo de construção.

**Tabela 1: Gama média da Composição de um Resíduo de Construção e Demolição gerados em países da União Europeia**

<b>Categoria de materiais</b>	<b>Gama (%)</b>
Mistura de Betão e Alvenaria	40-84%
Betão	12-40%
Material cerâmico	8-54%
Outros agregados	2-9%
Madeira	2-4%
Metal	0,2-4%
Gesso	0,2-4%
Plásticos	0,1-2%
Outros	2-36%

A produção de agregados naturais provoca impactos negativos no ambiente, nomeadamente o esgotamento dos recursos naturais e o aumento das emissões de carbono associadas à sua extração e produção.

A Europa consome aproximadamente 2,6 mil milhões de toneladas de agregado natural por ano [14], pelo que se alguma parte desta quantidade fosse proveniente de valorização de RCD, resultariam vantagens ambientais, mas também económicas [15].

Globalmente, apenas 20 a 30 % dos RCD são valorizados, sendo que na União Europeia em 2011 a taxa média foi de 46% [10]. Entre os diversos Estados Membros a percentagem de valorização varia entre 10 a 90 %, o que mostra uma grande disparidade [10].

Por outro lado, no estudo apresentado por Pereira e Vieira [16] reportam-se percentagens de valorização em muitos países da União Europeia superiores aos valores anteriormente referidos para ano de 2011.

Assim, na Tabela 2 apresentam-se as taxas de valorização reportadas por alguns dos Estados Membros, referentes ao ano de 2018 [17].

**Tabela 2: Taxa de valorização de RCD em alguns países da EU no ano de 2018**

País	% RCD Valorizados (incluindo operações de enchimento)
Itália	98
França	70
Alemanha	91
Polónia	91
Portugal	97
Roménia	85
Eslováquia	53
Eslovénia	98
Espanha	79
Suécia	60
EU	88

## **2.1.2 Enquadramento Legislativo**

No panorama Europeu, em 1975, surge a primeira legislação, a Diretiva 75/442/CEE, com regulamentação na matéria dos resíduos de uma forma abrangente, tendo como objetivo garantir adequados meios de tratamento de resíduos que sejam nocivos o ambiente e simultaneamente incentivar a reutilização promovendo a preservação dos recursos naturais [9].

A Diretiva 75/442/CEE foi por várias vezes alterada de modo substancial, sendo necessário por uma questão de lógica e clareza a implementação da Diretiva 2006/12/CE de 5 de abril de 2006 relativa aos resíduos. Esta diretiva foi posteriormente alterada para a Diretiva 2008/98/CE (Diretiva Quadro de resíduos), que apresenta como objetivo melhorar a gestão de resíduos e preservar o meio ambiente, protegendo simultaneamente a saúde humana. Ainda no contexto europeu legal a Diretiva 2008/98/CE foi recentemente alterada pela Diretiva 2018/851/CE [9].

Em Portugal, a gestão de resíduos adquiriu a sua forma legal através do Decreto-Lei n.º 488/85 (transposição da Diretiva nº 75/442/CE, de 15 de julho, para o Quadro jurídico português), em que se definiu pela primeira vez a gestão de resíduos, explicitando de uma forma clara a gestão de resíduos como papel fundamental no decréscimo de produção de resíduos. No panorama de gestão estratégica, em 1997, é aprovado o primeiro Plano Estratégico para os Resíduos Sólidos Urbanos (PERSU), que categoriza os RCD como um dos nove resíduos sólidos urbanos. Por outro lado, em 1999, é aprovado através do Decreto-Lei n.º 516/99 o Plano Estratégico de Gestão de Resíduos Industriais (PESGRI), no qual se remete a classificação dos RCD como resíduos industriais e se discriminam as principais metas para a sua gestão [18].

A elaboração do Decreto-Lei n.º 239/97, de 9 de setembro teve como objetivo estabelecer as subseqüentes regras gerais da gestão de resíduos, sendo mais tarde revogado pelo Decreto-lei n.º 178/2006, de 5 de setembro que estabeleceu o Regime Geral da Gestão de Resíduos (RGGR) atualizado da altura [9].

Procedendo a terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, e transpondo a Diretiva 2008/98/CE, surge então o Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho.

Em 2004 é elaborada pela Comissão Europeia, a Lista Europeia de Resíduos (LER), integrada na Portaria n.º 209/2004, sendo que atualmente se aplica a Decisão da Comissão de 18 de dezembro de 2014 (2014/955/EU).

A partir de 2008, com a publicação do Decreto-Lei n.º 46/2008, surge em Portugal o primeiro regime jurídico específico para a gestão de RCD.

O Decreto-Lei n.º 46/2008 implementa a obrigatoriedade da gestão de resíduos de RCD resultantes de obras de construção, demolições ou derrocadas, incluindo armazenagem, transporte, triagem, tratamento, valorização e eliminação.

Este decreto foi importante pois estabelece que a gestão/tratamento dos RCD deve ser realizada por empresas licenciadas e autorizadas, havendo a necessidade de se usarem guias de transporte [9, 19].

No ano de 2017 surge uma alteração relativamente às guias de transporte anteriormente aplicadas, sendo implementadas as Guias eletrónicas de acompanhamento de resíduos, designadas de e-GAR. Neste contexto, a Portaria n.º 145/2017, define as regras relativas ao transporte rodoviário, ferroviário, fluvial, marítimo e aéreo de resíduos em território nacional.

Por fim, o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, entrou em vigor em julho de 2021, integra o atual regime geral de gestão de resíduos, transpondo a diretiva quadro na sua forma mais atual e organiza num único documento toda a informação necessária, incluindo o regime de deposição de resíduos em aterro e a gestão de fluxos específicos, facilitando o acesso a informação [6].

Dentro de o Decreto-Lei n.º 102-D/2020, o capítulo VI é o capítulo referente aos RCD de natureza perigosa e não perigosa, onde se situa a parte legislativa relativa à gestão, ao encaminhamento, armazenamento, eliminação, valorização e licenciamentos deste fluxo de resíduos.

### 2.1.3 Classificação dos Resíduos de Construção e Demolição

A correta classificação dos resíduos é um fator determinante para o seu adequado encaminhamento, não sendo exceção os resíduos de construção e demolição. Os resíduos podem ser classificados de acordo com o seu potencial de transformação e perigosidade, com o objetivo principal de evitar e reduzir os riscos para a saúde e para o ambiente, salvaguardando os processos de gestão realizados a jusante [20], desta forma, do ponto de vista legal, os resíduos têm de ser classificados de acordo com a LER, sendo esta lista composta por 20 capítulos enumerados de 01 a 20.

Cada capítulo encontra-se dividido em subcapítulos que são identificados por um código de quatro dígitos, em que cada subcapítulo descreve mais detalhadamente o resíduo, sendo que cada resíduo deve apresentar um código de 6 dígitos (Figura 2). Os RCD inserem-se no capítulo 17.

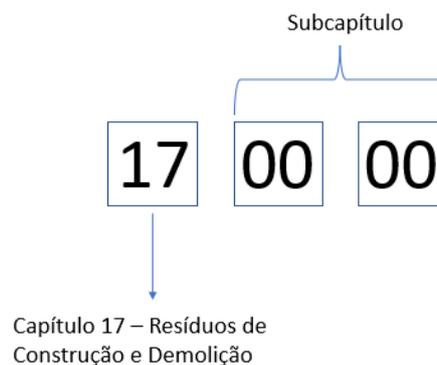


Figura 2: Código LER referente ao capítulo dos resíduos de construção e demolição, evidenciando nomenclatura referente aos subcapítulos.

Os resíduos de tipologia considerada perigosa são materiais que têm na sua composição substâncias que lhe conferem uma ou mais características de perigosidade, e que por tal podem ser nocivos para a saúde humana e para o ambiente. São vários os exemplos de resíduos perigosos que surgem no âmbito das atividades construção civil. De entre estes destacam-se os resíduos de isolamento que podem conter amianto (código LER 17 06 01\*), algumas tintas que cada vez mais apresentam um problema relacionado com os compostos orgânicos voláteis, misturas betuminosas com alcatrão na sua composição (código LER 17 03 01\*) e os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) (código 17 04 10\*) [13].

A título complementar, na Figura 3 encontra-se ilustrado um exemplo de um correto armazenamento de um resíduo perigoso, mais especificamente um resíduo com amianto na sua composição.<sup>1</sup>



Figura 3: Armazenamento preliminar de resíduos com Amianto na sua composição (LER 17 06)<sup>1</sup>.

Atualmente ainda se verifica com alguma frequência o aparecimento de resíduos de construção e demolição contendo amianto (RCDA), sendo necessário realizar uma adequada manipulação e gestão do material, devido às características nefastas que este apresenta [21, 22].

A portaria n.º 40/2014 de 17 de fevereiro, apresenta as normas para a correta remoção de materiais com amianto, o seu acondicionamento, transporte, gestão e eliminação.

A Agência Portuguesa do Ambiente (APA), apresenta uma lista de Operadores licenciados para o tratamento de RCDA, atualizada a outubro de 2022. Esta lista poderá ser consultada no site da APA que disponibiliza também um espaço destinado a perguntas e respostas e os relatórios de Gestão de RCDA desde 2015 [23].

<sup>1</sup> <http://www.ambigroup.com/index.php?id=168>

## **2.1.4 Soluções europeias, nacionais e locais para a gestão dos Resíduos de Construção e Demolição**

A Comissão Europeia apresenta algumas recomendações para tentar melhorar o cenário de valorização de RCD. A utilização de auditorias de pré-demolição em edifícios são uma das ferramentas que ganhou protagonismo na Europa sendo mencionada no Plano de Ação Europeu para a Economia Circular, no Protocolo de gestão de RCD da UE e nas orientações para auditorias aos resíduos provenientes da demolição e renovação de edifícios.

Devido às diversas políticas europeias que visam a minimização da produção de RCD e a transição do setor da construção civil para um modelo de economia circular, existiu a necessidade da criação de ações específicas que colaborem com a transição.

O Pacto Ecológico Europeu é o plano de ação macro em matéria ambiental que adota a economia circular como um seu alicerce e que foi criado com o intuito de desenvolver uma estratégia focada para uma economia com impacto neutro no clima, sendo simultaneamente competitiva.

A concretização das aspirações da UE passa por um processo de aceleração na transição de um modelo que restitua ao planeta mais recursos do que aqueles que são explorados, limitando o consumo de recursos de modo que não ultrapasse os limites regenerativos do planeta, permitindo que a utilização de materiais circulares duplique na próxima década.

Um estudo realizado pela União Europeia [24] relativo aos impactos da economia circular no mercado de trabalho, revelou que a aplicação de princípios de economia circular pode gerar um aumento de 0,5% do PIB da União até 2030, criando aproximadamente 700 000 novos postos de trabalho [25].

O Plano de Ação Europeu para a Economia Circular, apresenta uma secção destinada aos RCD, em que indica os RCD como responsáveis de 5 a 12 % das emissões de gases efeito estufa para a atmosfera sejam provenientes da extração de recursos, fabrico de produtos e renovação de edifícios. Por outro lado, o enorme potencial de aproveitamento do material proveniente de RCD pode traduzir-se numa eficiência de materiais diminuindo até 80% das emissões; posto isto a Comissão apresentou uma nova Estratégia para a Sustentabilidade do Ambiente Construído [25].

Para aproveitar o potencial de aumento da eficiência dos materiais, a Comissão Europeia, através do novo plano de ação para a economia circular, propõe a realização de ações onde se inclui o desenvolvimento de uma Estratégia para a Sustentabilidade do Ambiente Construído. Esta estratégia pretende certificar coerências relativas aos domínios de ação em causa, promovendo assim princípios de circularidade em todo o ciclo de vida dos edifícios por meio das seguintes medidas [25]:

1. Abordar o desempenho de produtos de construção (potenciais geradores de RCD) em termos de sustentabilidade no contexto da revisão do Regulamento Produtos de Construção, verificando a natureza dos fluxos e da sua capacidade para reutilização, garantindo a sua segurança ambiental e da saúde humana, comprovando a sua funcionalidade;
2. Promover medidas de durabilidade e adaptabilidade dos ativos construídos, em concordância com os princípios de economia circular na construção de edifícios, e criar registos digitais dos edifícios;
3. A utilização da abordagem Level(s)<sup>2</sup> é uma ferramenta de avaliação para o desempenho de sustentabilidade de edifícios, esta ferramenta utiliza indicadores para medir os impactos ao nível do carbono, materiais, água, saúde, conforto e mudanças climáticas durante a vida de um edifício. A utilização da ferramenta Level(s) pode permitir (identificando pontos críticos do projeto) a redução em metade da quantidade dos materiais extraídos e do consumo de energia e em um terço o consumo de água assim como a geração de resíduos [26];
4. Revisão das metas legislativas fixadas pela UE para a valorização de RCD;
5. Promover iniciativas de forma a reduzir a impermeabilização dos solos, reabilitar espaços industriais abandonados ou contaminados e promover a utilização segura e sustentável de solos escavados.

---

<sup>2</sup> [https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en)

Como já referido anteriormente, o Protocolo de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição apresenta-se complementarmente como ferramenta muito relevante para auxiliar uma correta gestão de RCD, com o objetivo de divulgar boas práticas de gestão destes resíduos, proporcionando benefícios para o ambiente e simultaneamente para o setor da construção. Os objetivos principais do protocolo baseiam-se no reforço da confiança no processo de gestão de RCD e na qualidade dos agregados reciclados.

O Protocolo é um documento que engloba orientações e princípios que visam melhorar a identificação, a separação e a recolha na origem do resíduo, referindo também processos de logística e qualidade ao longo de toda a linhagem de obtenção de agregados reciclados. O protocolo menciona também um dos principais obstáculos à utilização de agregados reciclados provenientes de RCD na União Europeia, que é a falta de confiança na qualidade dos agregados reciclados.

A insegurança na utilização de material reciclado é alimentada devido também à incerteza relativamente ao impacto que a sua utilização poderá ter na saúde dos trabalhadores que utilizam este agregado, o que pode retrair o desenvolvimento de infraestruturas de gestão e reciclagem de RCD na UE [5].

O Protocolo Europeu da Gestão de RCD, está assim em concordância com a estratégia para o setor da construção, sendo parte constituinte do mais recente e ambicioso pacote da economia circular apresentado pela Comissão, que abrange propostas legislativas revistas em matéria de resíduos de forma a promover a transição da Europa para uma economia circular.

A elaboração do protocolo contribui também para o aumento da competitividade global, de forma a fomentar o crescimento económico sustentável e criar emprego. Estas medidas têm como objetivo alcançar o objetivo de valorizar, até 2020, no mínimo 70 % dos RCD não perigosos, estabelecido na diretiva quadro de resíduos, tendo como fim aumentar o ciclo de vida dos produtos por meio de uma maior reciclagem e reutilização; além disso, tais ações proporcionarão benefícios tanto para o ambiente como para a economia [5, 27].

No panorama nacional, o projeto CLOSER- *Close to Resources Recovery*, financiado pela EEA Grants 2014-2021, teve como propósito a elaboração e implementação de um guia, ao nível nacional, para auditorias de pré-demolição ou reabilitação de edifícios. Informação mais detalhada sobre este projeto pode ser encontrada no Anexo A.

A nível regional destacam-se um conjunto de ações levadas a cabo pela Área Metropolitana do Porto (AMP). A AMP, reconhecendo a importância dos RCD e o papel que podem desempenhar na transição para uma Economia Circular, criou um Grupo de Trabalho para a realização do projeto “Construção Circular e o Papel dos Municípios da Área Metropolitana do Porto”, em colaboração com a Associação Smart Waste Portugal (ASWP) e com a *Lipor*. O objetivo do projeto centrava-se na elaboração de uma estratégia metropolitana para a correta gestão e valorização de RCD.

O Plano de ação para a gestão sustentável dos RCD na AMP, apresenta eixos estratégicos que incentivam a aplicação de medidas com um efeito imediato no período de aplicação de quatro anos (2020-2023). Atualmente encontra-se a decorrer o processo de implementação do plano de ação, de acordo com a calendarização da aplicação dos seus eixos estratégicos [27].

## 2.2 Valorização de Resíduos de Construção e Demolição

Em matéria de gestão de resíduos, e de acordo com o que está definido na diretiva quadro de resíduos e respetivo RGGR, com vista à transição para uma economia circular, que garanta um elevado nível de eficiência na utilização dos recursos, a política e a legislação em matéria de resíduos devem respeitar, no que se refere às operações de prevenção e gestão de resíduos, um princípio de hierarquia de prioridade, sendo ela denominada de Hierarquia dos Resíduos (Figura 4).



Figura 4: Princípio da Hierarquia dos Resíduos segundo o Decreto-Lei. nº102-D/2020.

Os processos presentes na Hierarquia dos Resíduos são todos os processos que incidem e interferem diretamente na produção e gestão de RCD, incluindo assim a fase de resíduo assim como a fase de não resíduo.

### 1. Prevenção e Redução

Constituem-se como medidas de prevenção *as que são tomadas antes de uma substância ou produto se ter transformado em resíduo, destinadas a reduzir a sua quantidade e perigosidade* [28]. Se inicialmente for previsto uma redução ou uma prevenção de produção de resíduo vão ser evitados os problemas decorrentes da sua geração. Esta prioridade prevê assim uma diminuição significativa de quantidades e de

perigosidade de resíduo gerado, apresentando vantagens ambientais relevantes e também económicas pois evita gastos em processos de tratamento.

## 2. Preparação para a Reutilização

A Reutilização é *qualquer operação mediante a qual produtos ou componentes que não sejam resíduos são utilizados novamente para o mesmo fim para que foram concebidos* [28]. Ocupa a segunda prioridade na Hierarquia, pois quando o resíduo é produzido ainda podem existir soluções que permitam a reutilização do produto que lhe deu origem (ex. processos de reparação). Este princípio é vantajoso não só do ponto de vista ambiental em que se prolonga o tempo útil de vida dos materiais, mas também é benéfico na vertente económica devido à poupança na aquisição de novos materiais/produtos.

## 3. Reciclagem

É uma *qualquer operação de valorização através da qual os materiais constituintes dos resíduos são novamente transformados em produtos, materiais ou substâncias para o seu fim original ou para outros fins* [28]. O objetivo da reciclagem é tentar reaproveitar o valor intrínseco dos materiais/produtos com o auxílio de processos para se originarem novos produtos, que poderão ter ou não a mesma aplicabilidade do resíduo que lhe deu origem. Posto isto, é importante reforçar que só se efetuam processos de reciclagem quando houver um mercado sólido para absorver o material reciclado proveniente desse material porque desta forma originaria um outro problema relativo à acumulação de recursos sem procura.

## 4. Outras formas de Valorização

Uma Operação de Valorização é *qualquer operação cujo resultado principal seja a transformação dos resíduos de modo a servirem um fim útil, substituindo outros materiais que, caso contrário, teriam sido utilizados para um fim específico, ou a preparação dos resíduos para esse fim, na instalação ou no conjunto da economia* [28]. A valorização tem como objetivo outras vias de valorização que não a valorização energética, e sempre com o objetivo de evitar processos de eliminação.

## 5. Eliminação

Constitui-se como eliminação *qualquer operação que não seja de valorização, mesmo que tenha como consequência secundária a recuperação de substâncias ou de energia (ex. deposição em aterro)* [28]. As operações de eliminação encontram-se como a última alternativa e a menos desejável na hierarquia, dado que normalmente são a opção que tira menos proveito do valor dos recursos sendo que atualmente os processos de eliminação mais comuns são a deposição de resíduos em aterro e a incineração sem aproveitamento energético.

Em Portugal, a APA apresentou resultados relativos a taxa de valorização dos RCD no ano de 2018. Para tal, foram consideradas todas as operações de valorização à exceção do armazenamento temporário (R13) e foram descartados os solos e rochas não perigosos (LER 170504) e as lamas de dragagem (LER 170506) [29].

Foram recolhidas 2 529 899 toneladas de RCD, sendo que 75 868 (3%) toneladas são de origem perigosa. A parcela de resíduos passíveis de ser valorizados foi de 2 167 522 (85%) toneladas, dos quais 1 695 918 (78% da parcela valorizável) toneladas foram efetivamente valorizadas. Desta informação, resulta uma percentagem de valorização de RCD de cerca de 78% em 2018, para operações de reutilização, reciclagem e outras formas de valorização, incluindo operações de enchimento [29].

Na Figura 5 apresenta-se o destino de diferentes tipologias de RCD e respetivas percentagens de valorização, eliminação e armazenamento registados em 2018.

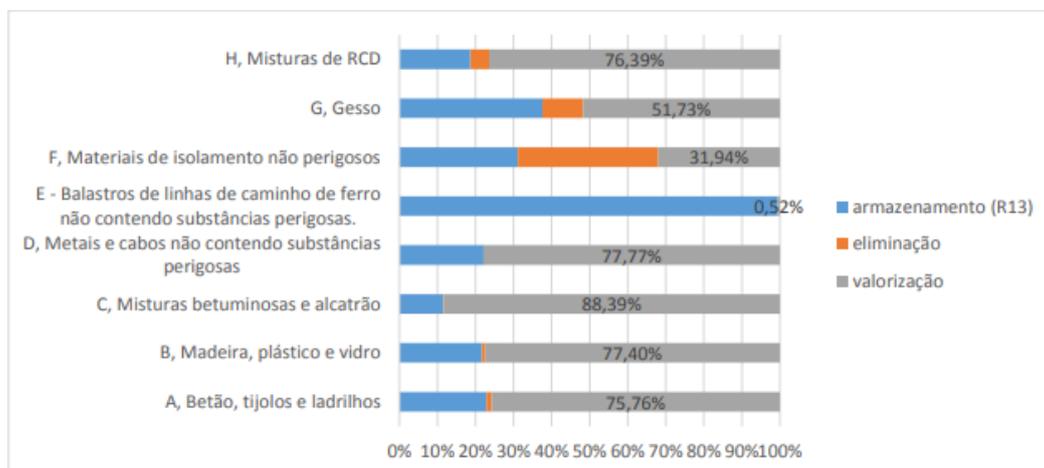


Figura 5: Destino das tipologias de RCD e respetivas percentagens de valorização, eliminação e armazenamento R13, do ano de 2018.

O RGGR, referido anteriormente no enquadramento legislativo, estabeleceu para o ano 2020 uma meta de 70% em relação ao encaminhamento de material para reutilização ou outras formas de valorização [27].

Logo verifica-se que a percentagem de valorização em 2018 cumpre a meta estabelecida.

Por outro lado, de forma a promover as operações de valorização, foi aprovado pelo Decreto-Lei n.º 18/2008 de 29 de janeiro, a obrigatoriedade, no âmbito da contratação de empreitadas de construção e demolição e de manutenção de infraestruturas ao abrigo do Código de Contratos Públicos (CCP), de utilização de pelo menos 10% de materiais reciclados em função da quantidade total da empreitada.

Para que sejam atingidos os objetivos relativos a quantidade de material reciclado incorporado nas obras, foram aprovadas operações de valorização de resíduo em obra, ou locais afetos à obra.

Para que possam ser efetuadas operações de valorização dos resíduos em obra, a APA estabelece regras gerais relativamente a operações realizadas em obra isentas de licenciamento. Este método de valorização em obra, permite a obtenção de material reciclado apto para incorporar na própria obra, sendo salientes as operações de triagem e fragmentação. As operações podem ser isentas de licenciamento, desde que previamente aprovadas nos termos do artigo n.º 66 do Decreto-Lei n.º 102-D/2020.

No artigo n.º 53 do Decreto-lei n.º 102-D/2020 afirma-se especificamente que os RCD valorizados de acordo com as especificações técnicas previstas no artigo 66.º, deixam de ser considerados resíduos, nos termos previstos do artigo 92.º se assente nos seguintes pontos [6]:

- A substância ou objeto destinar-se-á ser utilizada para fins específicos;
- Existência de um mercado ou procura para essa substância ou objeto;
- A substância ou objeto satisfazer os requisitos técnicos para os fins específicos e respeitar a legislação e as normas aplicáveis aos produtos;
- A utilização da substância ou objeto não acarretar impactes globalmente adversos do ponto de vista ambiental ou da saúde humana.

Após valorização um resíduo pode continuar a ser enquadrado dentro da categoria de resíduo, caso não seja caracterizado ou a sua caracterização não cumpra com as normas técnicas em vigor ou as especificações LNEC.

Posto isto, os RCD que não sejam passíveis de valorização em obra, devem ser triados com vista ao seu encaminhamento posterior por fluxos e fileiras, para OGR específicos [6].

Na Tabela 3 apresenta-se a lista de resíduos, de acordo com as Regras Gerais publicadas pela APA, podem sofrer fragmentação em local afeto à obra para respetiva valorização no local.

**Tabela 3: Códigos LER dos RCD passíveis de fragmentação para valorização no local aprovados pela APA**

Códigos LER	Descrição
<b>170101</b>	Betão
<b>170102</b>	Tijolos
<b>170103</b>	Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos
<b>170107</b>	Misturas de betão, tijolo, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos não abrangidas em 17 01 06
<b>170201</b>	Madeira
<b>170202</b>	Vidro
<b>170203</b>	Plástico
<b>170302</b>	Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01
<b>170504</b>	Solos e rochas não abrangidos em 17 05 03
<b>170508</b>	Balastros de linhas de caminho-de-ferro não abrangidos em 17 05 07
<b>170904</b>	Misturas de resíduos de construção e demolição não abrangidas em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03

# 3 IMPLEMENTAÇÃO DE UM OPERADOR DE GESTÃO DE RESÍDUOS

## 3.1 Introdução

Um Operador de Gestão de Resíduos é responsável pela gestão de um ou mais tipos de resíduos que podem ter as mais diversificadas origens e características. Qualquer entidade que efetue a gestão de resíduos, em particular armazenamento, triagem, valorização e/ou eliminação de resíduos deve estar devidamente licenciada, de acordo com o artigo 59º do Decreto-Lei nº.102-D/2020 de 10 de dezembro [6].

No contexto do presente trabalho, o principal objetivo dos operadores é apresentar soluções adequadas de gestão, de forma a reduzir a problemática crescente do aumento de RCD, sendo que a solução passa por desenvolver operações de valorização, que apresentam por regra uma posição preferencial às operações de eliminação.

Aquando do projeto de implementação de um OGR no âmbito da gestão de RCD, em particular para gestão de resíduos inertes e metais ferrosos, é necessário adquirir autorizações para a receção e tratamento dos resíduos que se prevê serem aceites, os quais se apresentam listados na Tabela 4.

**Tabela 4: Lista de códigos da Lista Europeia de Resíduos que se prevê virem a ser aceites pelo operador de gestão de resíduos de construção e demolição**

<b>Código LER</b>	<b>Designação</b>
<b>170101</b>	Betão
<b>170102</b>	Tijolos
<b>170103</b>	Ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos
<b>170107</b>	Misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, não abrangidos em 17 01 06
<b>170302</b>	Misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01
<b>170405</b>	Ferro e Aço

Nos casos em que os resíduos rececionados não se enquadram dentro das tipologias apresentadas, o OGR deverá ter a capacidade de proceder ao encaminhamento destes para valorização ou eliminação, recorrendo a outros operadores.

Nos processos de valorização e eliminação devem assim estar previstos na instalação do OGR operações tais como: **R 12** — *Troca de resíduos com vista a submetê-los a uma das operações enumeradas de R 1 a R 11*, devido ao facto de se efetuarem operações de britagem e outras operações de gestão de RCD prévias à valorização e **R 13** — *Armazenagem de resíduos destinados a uma das operações enumeradas de R 1 a R 12 (com exclusão da armazenagem preliminar)*, pois os resíduos inertes serão armazenados previamente a operação de britagem.

A única operação de eliminação que se prevê num operador desta natureza é a **D 15** — *Armazenagem antes de uma das operações enumeradas de D 1 a D 14 (com exclusão da armazenagem preliminar)*, pois existem resíduos que podem resultar dos processos de pré-triagem e triagem que não constam na lista de resíduos admitidos para valorização pelo OGR; logo, deverão ser armazenados em equipamentos específicos de gestão de resíduos até serem encaminhados para um outro operador, preferencialmente para operações de valorização, mas se tal não for possível encaminhado para eliminação adequada.

Na Tabela 5 especificam-se as operações de valorização previstas na instalação.

Tabela 5: Operações de valorização previstas no âmbito das atividades do Operador de Gestão de Resíduos

Operação	Código	Descrição
Valorização	R 12	<b>R 12 A</b> - Tratamentos Mecânicos
		<b>R 12 B</b> - Triagem
		<b>R 12 O</b> - Valorização RCD
		<b>R 12 P</b> - Valorização RCD caracterizados de acordo com normas ou especificações técnicas.
	R 13	<b>R 13 A</b> - Armazenagem de resíduos no âmbito do tratamento
		<b>R 13 B</b> - Armazenamento de resíduos no âmbito da recolha

## 3.2 Características do Terreno para Implementação das Atividades de Gestão

Sempre que planeada a execução de uma construção, seja de edifícios habitacionais, comerciais ou industriais, é importante a realização de um pedido de informação prévia ao município, sobre a viabilidade da realização de determinadas operações urbanísticas e respetivos condicionantes legais ou regulamentares, estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 555/99 de 16 de dezembro.

Face às características específicas e condicionantes de um OGR, tal comunicação apresenta-se como fundamental.

Para tal, é obrigatório o levantamento exaustivo da informação alusiva ao terreno para correta implementação da instalação. A seleção do local de implementação de uma instalação de gestão de resíduos é um fator decisivo para se assegurar uma correta gestão urbanística; para uma apropriada seleção do local é necessária uma análise dos condicionalismos que possam ser impeditivos relativamente ao terreno onde está prevista a sua implementação.

Os Instrumentos de Gestão Territorial (IGT, Decreto-Lei n.º 80/2015) são instrumentos que agrupam todos os pontos fundamentais para a verificação e autenticidade do projeto e que apresentam elevada relevância neste âmbito. Estes apresentam 4 níveis de organização, os quais: nacional, regional, intermunicipal e municipal.

No âmbito da **organização nacional** existem os seguintes planos:

- Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território (PNPOT);
- Planos Sectoriais (PS);
- Planos Especiais de Ordenamento do Território (PEOT);
- Plano de Ordenamento de Orla Costeira (POOC);
- Plano de Ordenamento de Áreas Protegidas (POAP);
- Plano de Ordenamento de Albufeiras de Águas Públicas (POAAP);
- Plano de Ordenamento dos Estuários (POE).

No âmbito da **organização regional** destacam-se os seguintes planos:

- Plano Regionais de Ordenamento de Território (PROT);

No âmbito da **organização intermunicipal** realça-se os seguintes planos:

- Plano Intermunicipais de Ordenamento do Território (PIMOT);
- Plano Diretor Intermunicipal (PDI);
- Plano de Urbanização Intermunicipal (PUI);
- Plano de Pormenor Intermunicipal (PPI).

No âmbito da **organização municipal** realça-se os seguintes planos:

- Plano Diretor Municipal (PDM);
- Plano de Urbanização (PU);
- Plano de Pormenor (PP).

No âmbito do território nacional, o PNPOP é um conjunto de estratégias, programas e planos territoriais, que servem como ferramenta para alcançar as metas da Estratégia Portugal 2030, orientando do ponto de vista macro a gestão do território e os investimentos a realizar. Para além do enquadramento ao nível macro, tem especial relevância o planeamento ao nível municipal. Neste âmbito, o PDM é o instrumento mais importante na gestão do território dos municípios [30] [31].

Por sua vez, a Planta de Condicionantes é o principal elemento constituinte de um PDM que pode ser decisivo na aprovação do local, tendo como função identificar os serviços administrativos e as limitações ou impedimentos que o terreno exhibe para a realização do projeto [32].

As nomenclaturas dos constituintes na Plantas de Condicionantes podem variar de município para município, sendo que, de uma forma geral, todas apresentam o mesmo significado e consideram [32]:

- Recursos Naturais;
- Património Cultural;
- Infraestruturas;
- Equipamentos;
- Cartas de Perigosidade de Incêndio;
- Outras Servidões.

O incumprimento dos requisitos associados às várias condicionantes torna impeditiva a realização do projeto pelo que esta avaliação é determinante para a implementação da instalação.

As características do solo do local são outro fator decisivo. Neste âmbito, os planos intermunicipais e municipais classificam e distinguem o solo como [30]:

- **Solo urbano**, *o que está total ou parcialmente urbanizado ou edificado e, como tal, afeto em plano territorial à urbanização ou edificação;*
- **Solo rústico**, *aquele que, pela sua reconhecida aptidão, se destine, nomeadamente, ao aproveitamento agrícola, pecuário, florestal, à conservação, à valorização e à exploração de recursos naturais, de recursos geológicos ou de recursos energéticos, assim como o que se destina a espaços naturais, culturais, de turismo, recreio e lazer ou à proteção de riscos, ainda que seja ocupado por infraestruturas, e por aquele que não seja classificado como urbano.*

Ainda relativamente ao **solo rústico**, este pode apresentar várias qualificações, tais como [30]:

- Espaços agrícolas ou florestais;
- Espaços de exploração de recursos energéticos e geológicos;
- Espaços afetos a atividades industriais;
- Espaços naturais e de valor cultural e paisagístico;
- Espaços destinados a infraestruturas ou a outros tipos de ocupação humana;

Assim, na matéria de solos, para que seja admitida a implementação de uma instalação de tratamento de resíduos, é necessário que a classificação do solo seja um solo rústico destinado a espaços afetos a atividades industriais.

Dentro do âmbito municipal, o PU que tem como principal função desenvolver e concretizar o PDM estruturando a ocupação do solo e o seu aproveitamento, terá um papel relevante na definição das áreas adequadas para a instalação industrial [30].

O projeto de execução da instalação do OGR obriga à realização de obras de construção e criação de infraestruturas que envolvem alterações físicas da paisagem, devendo cumprir adicionalmente o disposto no Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (RJUE), estabelecido pelo Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro, que acompanha

as operações urbanísticas realizadas por entidades públicas ou privadas em todas as fases do processo urbano, desde a efetiva afetação dos solos à construção urbana até à utilização das instalações nele implantadas, exigindo a existência de um estudo de aprovação das alterações físicas à paisagem [33].

Deste modo, de acordo com o RJUE, a realização de operações urbanísticas depende de prévia licença ou autorização de edificação; desta forma, nenhuma obra sujeita a autorização pode ser efetuada sem que tenha, pelo menos uma vez, sido objeto de uma inspeção ou vistoria pela divisão municipal de obras, seja no decurso da sua execução, seja após a sua conclusão [33].

Finalizado o processo de edificação é necessário a autorização de utilização ou o alvará de utilização da instalação, emitida pelo município. Neste contexto, a câmara municipal divulga as datas de vistoria às entidades licenciadoras que tenham competências para licenciar (licença de exploração) o posterior funcionamento da instalação [6].

### 3.3 Licenças e Autorizações

O processo de obtenção das licenças da atividade de tratamento e gestão de resíduos é normalmente efetuado com a intervenção das seguintes entidades: Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional (CCDR); APA; Autoridade para as Condições do Trabalho (ACT); Municípios onde se localize o estabelecimento ou instalação; Autoridade de Saúde Regional e outras entidades públicas cuja intervenção se revele necessária [6].

O licenciamento pode ser geral ou simplificado.

De acordo com o Artigo 61º do Decreto-Lei nº.102-D/2020 de 10 de dezembro, estão sujeitos a **licenciamento geral** os estabelecimentos ou instalações de tratamento de resíduos abrangidos pelo menos por um dos seguintes regimes jurídicos:

- Regime Jurídico de Avaliação de Impacte Ambiental (RJAIA);
- Regime de Emissões Industriais (REI);
- Regime jurídico relacionado com a Prevenção de Acidentes Graves (Diretiva SEVESO).

Aplica-se o **licenciamento simplificado** a atividades como operações de remediação de solos, exploração de estabelecimentos ou instalações de tratamento de resíduos não perigosos, nos quais se desenvolvam as seguintes operações:

- Valorização energética de resíduos não abrangidos no capítulo IV do Decreto-Lei nº127/2013, de 30 de agosto;
- Tratamento de resíduos relativo a situações pontuais, dotadas de carácter não permanente ou em que os resíduos não resultem da normal atividade produtiva;
- Valorização a título experimental, destinada a fins de investigação, desenvolvimento e ensaios de medidas de aperfeiçoamento dos processos de gestão de resíduos por um período máximo de um ano prorrogável até dois anos;
- Valorização de resíduos, com exceção da valorização orgânica.

Considerando a atividade do OGR em estudo, devendo estar licenciado para realizar operações de eliminação, mais concretamente a operação **D 15**, será necessário analisar algumas características que possivelmente a instalação poderá ter, que influenciem a tipologia de licença necessária.

As instalações destinadas a operações de eliminação de resíduos poderão ter a obrigatoriedade de cumprir o disposto no regime de avaliação de impacte ambiental (AIA) estabelecido no Decreto-Lei n.º 151-B/2013, de 31 de outubro [6], no Anexo II, caso:

- Sejam resíduos perigosos e se realizem determinados processos de tratamento;
- Sejam resíduos não perigosos e se trate de um aterro ou instalação de incineração de determinada capacidade;
- Sejam resíduos não perigosos e se apliquem outras operações de gestão a  $\geq 50$  t/ dia.

Assim, no caso de estudo (face às características do processo de valorização a aplicar e dado que não se realizarão quaisquer processos de tratamento de resíduos perigosos) apenas se poderia considerar o último ponto referido. Dado que não se prevê que a instalação labore a  $\geq 50$  t/ dia, o regime jurídico de AIA não terá de ser cumprido no âmbito do processo de licenciamento.

Através da plataforma SILiAmb (Sistema Integrado de Licenciamento do Ambiente) é possível aceder a diferentes módulos de carácter ambiental sendo relevante o módulo em que se insere o Licenciamento Único de Ambiente (LUA), com vista a simplificar e articular os vários regimes de licenciamento na área do ambiente através do qual se emite o Título Único Ambiental (TUA) [34, 35].

O TUA é o documento eletrónico que reúne todas as informações relativas às várias decisões no âmbito do licenciamento dos estabelecimentos, atividades e projetos (e.g. licenças, títulos e autorizações e decisões jurídicas) permitindo assim aceder ao respetivo histórico das decisões ambientais [36, 37].

O módulo LUA, estabelecido pelo Decreto-lei n.º 75/2015 de 11 de maio, apresenta um simulador que permite ao requerente preencher um formulário com a informação relativa às características e objetivos da instalação de gestão de resíduos alvo de licenciamento [34, 35].

No preenchimento da simulação foram introduzidos os dados relativos à instalação de gestão de resíduos que se pretende implementar, sendo solicitadas informações como os Códigos de Atividade Económica (CAE), a localização prevista para a instalação, a resposta a perguntas dinâmicas sobre as características da instalação, as operações de

eliminação e valorização efetuadas, as capacidades (armazenamento e sujeitas as operações), entre outras.

No final do preenchimento deste formulário resulta a informação relativamente ao tipo de licença necessária para a finalidade pretendia pela entidade, o estado em que se encontra o processo, a taxa de licenciamento, o prazo de validade da simulação e qual a entidade licenciadora que poderá ser responsável pela obtenção da licença.

Na Figura 6 apresenta-se a tabela obtida no final da simulação, no âmbito do presente estudo.

Resultados						
Regimes/Licenças	Tipo de Regime	Estado do Processo	Taxa de Licenciamento Independente	Prazo	Entidade Licenciadora	
<input checked="" type="checkbox"/> OTR-RGGR-Regime simplificado						
<input type="checkbox"/> Emissão de alvará ou licença mediante procedimento simplificado	Novo	 Aguarda Pagamento	1.812,16 €	30 dias	CCDR	
Total:			1.812,16 €			

Figura 6: Resultado da simulação do módulo Licenciamento único de Ambiente no SILiAmb.

Na Tabela 6 encontram-se representadas todas as fases/secções explicitadas no modelo do TUA.

Tabela 6: Fases explicitadas do modelo do Título Único de Ambiente

Fase/secção	Conteúdo
<b>Informação geral</b>	Identificação do Requerente
	Identificação do pedido/ projeto/ estabelecimento
	Morada do Requerente
	Código da classificação da atividade económica (CAE)
<b>Enquadramento</b>	Regimes jurídicos aplicáveis
	Processo de licenciamento que deu origem à decisão
	Fundamentos da decisão
	Data de emissão, validade ou caducidade da decisão por regime jurídico aplicável
	Interligações com outros TUA
<b>Localização</b>	Georreferenciação
<b>Condições específicas de outras entidades</b>	Condicionantes decorrentes de entidades consultadas (ACT, ARS, etc.)
<b>Condições prévias ao desenvolvimento do projeto de execução</b>	Condicionantes e medidas a cumprir na elaboração do projeto de execução e respetivo RECAPE
<b>Condições prévias ao Licenciamento</b>	Condições, medidas e estudos prévios ao procedimento de licenciamento
<b>Condições prévias a construção</b>	Condições, medidas e estudos prévios à fase de construção
<b>Construção</b>	Condições e medidas a cumprir durante a fase de construção
<b>Exploração</b>	Condições e medidas a cumprir durante a fase de exploração
<b>Desativação / Encerramento</b>	Informação, medidas e condicionantes a cumprir durante a fase de desativação ou encerramento total ou parcial do estabelecimento.
<b>Obrigações de Comunicação</b>	Informação a transmitir nas fases de construção, exploração, desativação.
	Meios de comunicação
	Datas de comunicação
	Entidades competentes
<b>Anexos</b>	Informação de suporte necessária ao fundamento das decisões dos regimes aplicáveis
<b>Averbamentos</b>	Atos administrativos de modificação, suspensão ou revogação das licenças e dos atos de controlo prévio emitidos
	Sentenças judiciais
	Decisões relativas às contraordenações ambientais
	Medidas cautelares emitidas no âmbito dos regimes jurídicos aplicáveis

Assim, para se iniciarem os procedimentos com vista à emissão da licença é essencial algum trabalho de recolha da informação descritiva e de avaliação dos elementos relativos aos vários regimes ambientais que integram o LUA.

A portaria nº 399/2015, estabelece os elementos que devem instruir os procedimentos ambientais previstos no regime de LUA, tem como objetivo de descrever e enumerar as peças necessárias para a obtenção de uma licença ou autorização na matéria do ambiente, verificando-se no Anexo I desta a divisão em módulos de preenchimento, sendo os Módulos do I ao IX de carácter obrigatório e quando aplicáveis os Módulos X a XVII [35]. No Anexo B apresenta-se um resumo da informação relativamente a cada um dos módulos e os regimes jurídicos aplicáveis.

### 3.4 Requisitos principais para a instalação de um OGR

Passam a ser descritos de seguida, os requisitos a que deve obedecer uma instalação de gestão e valorização de RCD.

Uma instalação de triagem e fragmentação de RCD tem de apresentar requisitos principais, sendo estes [38]:

- uma **vedação** – barreira física - que impeça o livre acesso à instalação, por questões de segurança (Figura 7).



Figura 7:Exemplo de uma barreira física utilizada em delimitações de espaços exteriores<sup>3</sup>.

- um **Sistema de controlo de admissão e de pesagem de RCD**. Composto por uma balança industrial, para registar a quantidade de resíduo que entra e produto que sai, para a correção da e-GAR emitida pelo produtor, e a admissão da carga (Figura 8).



Figura 8: Exemplo de uma balança industrial aplicável ao processo em estudo<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> <https://www.vedicerca.pt/produtos/paineis/nylofor-3d>

<sup>4</sup> <https://www.balancasnorte.com/produto/bascula-para-pesa-camioes-carrinhas-tractores/>

- **Sistema de combate a incêndios**, de acordo com o Regime Jurídico da Segurança Contra Incêndios em Edifícios (RJSCIE), incluindo equipamentos de defesa ativa e passiva, como aspersores/*sprinklers*, extintores, simulacros e formações.
- **Zona de armazenagem de RCD** com cobertura e piso impermeabilizado, dotada de sistemas de recolha e encaminhamento para destino adequado de águas pluviais, de limpeza de derrames e, quando apropriado, dotada de decantadores e separadores de óleos e gorduras, sendo que no caso de uma instalação de tratamento de resíduos inertes a obtenção destes decantadores não se justifica.
- **Zona de triagem**, descoberta (pré-triagem) e coberta (triagem), protegida contra intempéries, com piso impermeabilizado, dotada de sistemas de recolha e encaminhamento para destino adequado de águas pluviais, águas de limpeza de derrames, e, quando apropriado, dotada de decantadores e separadores de óleos e gorduras. Esta zona deverá estar equipada com contentores adequados e devidamente identificados para o armazenamento seletivo de resíduos perigosos, incluindo resíduos de alcatrão e de produtos de alcatrão, e para resíduos sólidos como papel/cartão, madeira, metais, plástico, vidro, cerâmicas, para resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE), para RCD como o betão, alvenaria, materiais betuminosos e para outros materiais destinados a reutilização ou outras formas de valorização.

### 3.5 Produção de agregados reciclados provenientes de Resíduos de Construção e Demolição

Os RCD podem chegar às instalações de diferentes formas, em particular em camiões do tipo *multibenne*, com capacidade variável, normalmente entre 6 a 40 m<sup>3</sup>, dependendo do contentor. Aquando da chegada da carga às instalações, o camião deve dirigir-se para a zona de admissão e pesagem, sendo registadas as quantidades e características da carga. O técnico responsável usa normalmente uma plataforma elevatória ou um sistema de videovigilância (Figura 9) para inspeção visual e confirmação da tipologia de resíduo, fator determinante no processo de admissão e aferição do custo.

Caso haja suspeitas relativamente à natureza da carga, o técnico poderá solicitar uma inspeção pormenorizada na zona de pré-triagem, com o objetivo de apurar a existência de possíveis contaminantes, resíduos perigosos ou não perigosos, não admissíveis na instalação.



Figura 9: Exemplo de um sistema de videovigilância aplicável ao processo em estudo (Fotografia de Rui Oliveira Global Imagens).

Após a receção e verificação da carga, inicia-se o processo de Pré-Triagem em que os resíduos são avaliados, organizados para entrada no processo produtivo, e, quando necessário e exequível, realizada a criação de *stocks*. É importante prever a correta área de armazenamento de stocks, de acordo com a afluência de resíduos prevista na instalação. Os stocks devem ser alocados em zonas mais afastadas da zona de receção, divididos fisicamente através de blocos pré-fabricados de betão, que permitem a separação dos resíduos em stock e que apresentam facilidade na montagem e desmontagem (fator importante para caso ocorra a necessidade de aumentar ou

diminuir as zonas de armazenamento). Cada zona de armazenamento deve ter a respetiva identificação dos resíduos.

Os RCD que apresentem grandes dimensões deverão ser sujeitos a uma redução prévia de calibre, com o apoio de equipamentos como: retroescavadora, martelo hidráulico e tesoura hidráulica (Figura 10) [39].



**Figura 10: Representação ilustrativa de uma retroescavadora aplicável ao processo em estudo<sup>5</sup>.**

Este processo pode simultaneamente ser útil na separação inicial de contaminantes de grandes dimensões tais como telhas de fibrocimento de amianto, misturas betuminosas contendo alcatrão, entre outros, contaminantes estes facilmente detetados pelos manobreadores e retirados de imediato de forma a não prejudicar o processo produtivo. Caso se verifique a presença de resíduos perigosos, o produtor do resíduo deve ser contactado e a e-GAR devidamente corrigida, obrigando o resíduo a ser encaminhado para outro OGR devidamente licenciado para realizar a sua gestão [40].

Terminado o processo de pré triagem, o resíduo encontra-se em condições de entrar no processo seguinte, a triagem.

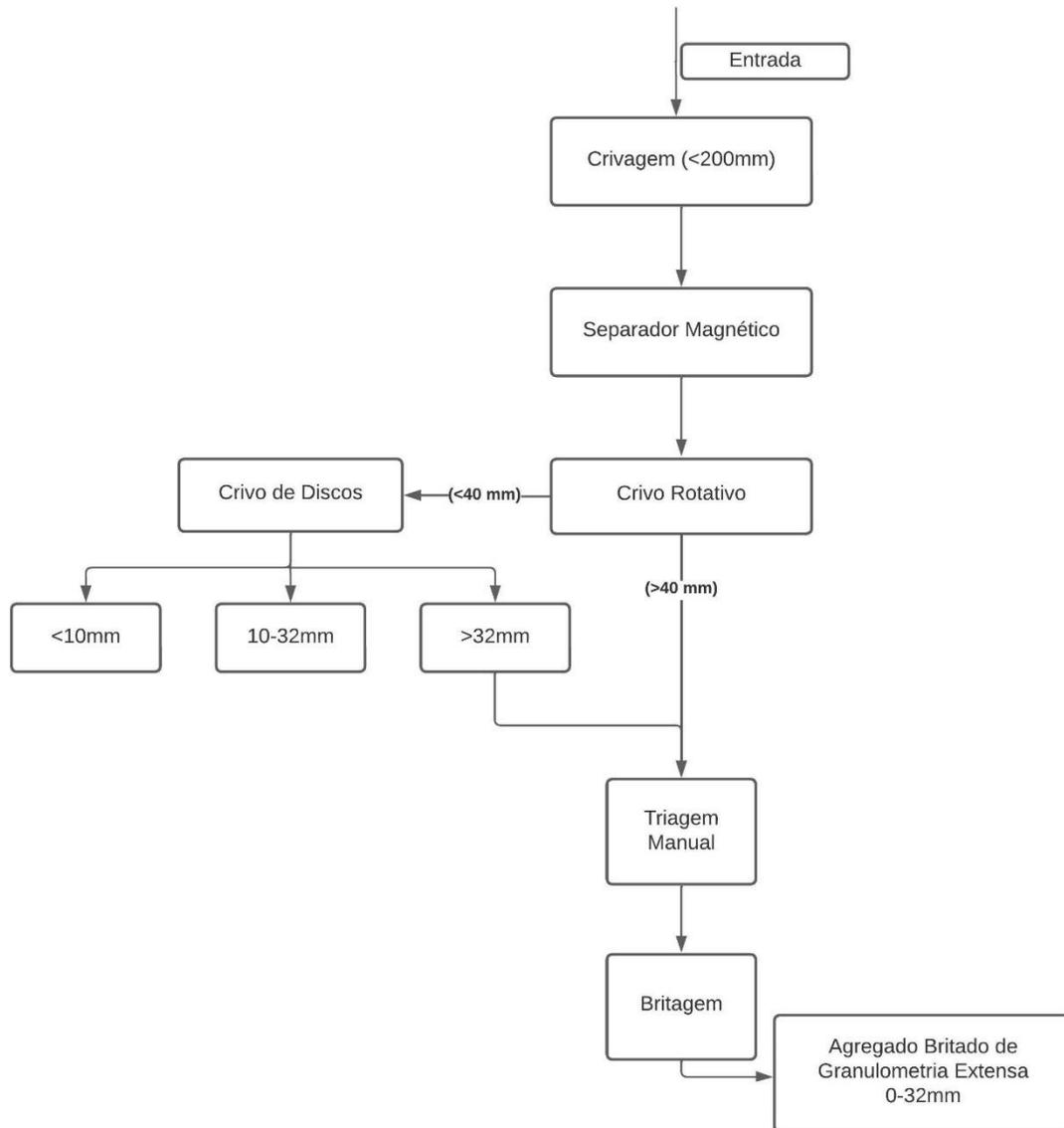
Prevê-se que o processo de triagem ocorra no interior de um pavilhão (pré-fabricado metálico), de forma a proteger os equipamentos de triagem, evitar a proliferação de contaminantes e salvaguardar os trabalhadores das condições climatéricas.

Importa referir que o processo produtivo da instalação vai exigir um conjunto de equipamentos com diferentes objetivos.

---

<sup>5</sup> <https://www.epiroc.com/pt-br/products/excavator-attachments/hydraulic-shears-for-excavators>

No esquema ilustrado na Figura 11 apresentam-se os processos previstos para a instalação. De seguida descrevem-se as diferentes etapas.



**Figura 11: Esquema ilustrativo de um processo produtivo tipo, aplicável à instalação com vista à produção de um agregado britado de granulometria extensa (ABGE) a partir de resíduos de construção e demolição, após processo de pré-triagem.**

A triagem tem como objetivo separar um conjunto de materiais de diferentes tipologias, através de processos mecânicos ou manuais, sem alteração das suas características, com vista o seu tratamento [6].

O resíduo proveniente das operações de pré triagem, necessita de ser transportado ao longo de todo o processo produtivo.

A existência de vários tapetes rolantes facilita a tarefa do transporte dos materiais, sendo este o equipamento normalmente utilizado nas instalações de tratamento de resíduos.

Após a pré-triagem, o resíduo é transferido para o processo de Crivagem, efetuado com recurso a um Tapete vibratório.

A etapa da crivagem permitirá separar os materiais de maior granulometria (>200 mm), que ainda necessitam de sofrer redução de calibre. Nesta etapa será ainda possível a deteção e remoção de contaminantes/resíduos não admitidos na instalação [41].

Deste modo, os resíduos inertes com uma dimensão superior a 200 mm serão encaminhados novamente para o processo de pré-triagem sendo sujeitos a uma nova redução de calibre, através dos métodos previamente referido.

Concluído o processo de peneiração, o resíduo que apresente uma granulometria inferior a 200 mm segue para o processo de separação magnética, que separa metais ferrosos existentes, salvaguardando a integridade funcional dos equipamentos situados a jusante, assim como a qualidade do produto final. Dependendo do estado em que carga se encontra na entrada do processo o método de separação magnética pode variar. Considerando uma carga com um baixo nível de heterogeneidade pode-se optar por um Ímã de fixação permanente (Figura 12), utilizado principalmente para eliminação de impurezas em materiais soltos e exigindo limpeza manual do ímã [42].

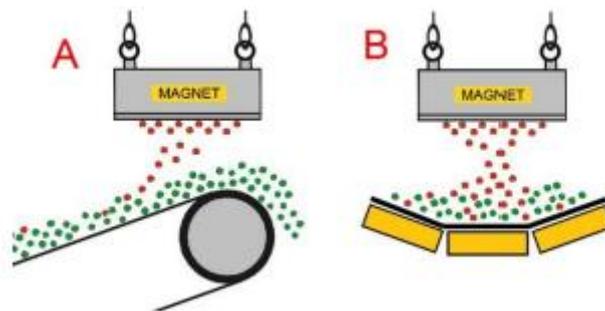


Figura 12: Ilustração do funcionamento de um separador magnético <sup>6</sup>.

Na Figura 13 apresenta-se um separador magnético de tambor, que é mais eficiente no caso de maiores níveis de contaminação, estando preparado para uma separação contínua e que não necessita de paragens de limpeza, o que aumenta a eficiência do

<sup>6</sup> <https://vwmmost.com/magnetic-separators/>

processo nestes casos. Os tambores magnéticos são em princípio equipamentos mais dispendiosos [42].

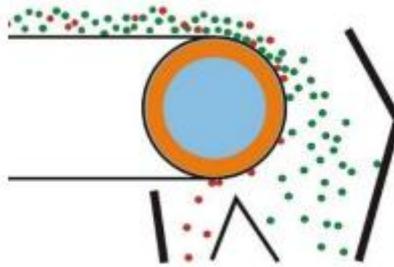


Figura 13: Ilustração do funcionamento de tambores magnéticos <sup>7</sup>.

A separação magnética permitirá não só reduzir os contaminantes e evitar problemas com equipamentos como também possibilita a valorização dos metais à posteriori.

No final do processo de separação magnética o resíduo é normalmente encaminhado para um crivo rotativo/*Trommel*.

O *Trommel* é um crivo cuja secção pode ser circular, hexagonal ou octagonal, apresentando determinada inclinação (transporte por gravidade) para obter diversos ângulos de crivagem, o que possibilita uma maior separação [43, 44]. A rotação do crivo permite que seja mais eficiente a crivagem, pois obriga a que os diferentes materiais se desagreguem. O *Trommel* pode também apresentar umas estruturas metálicas (lâminas ou dentes) salientes, com diversas formas perpendiculares ao tubo, com vista a reter alguns contaminantes não detetados (Figura 14) tais como tecidos, plásticos e cabos [45].



Figura 14: Exemplo de crivo rotativo evidenciando dentes/lâminas na sua superfície <sup>8</sup>.

<sup>7</sup> <https://vwmmost.com/magnetic-separators/>

<sup>8</sup> <https://bianna.com/pt-pt/downloads/>

O sucesso do processo (Figura 15), vai depender das características dos resíduos, do ângulo de inclinação do crivo, da velocidade de rotação, do comprimento de superfície de crivagem, do tempo do processo e do formato e tamanho das aberturas [44, 45].

A entrada dá-se a uma cota mais elevada (Letra A da Figura 15) do crivo, saindo por transporte gravítico pela cota mais baixa (Letra C da Figura 15).

Os resíduos que vão saindo ao longo da passagem no crivo rotativo (Letra B da Figura 15), normalmente com um diâmetro inferior a 40 mm, são encaminhados para um outro crivo, neste caso um crivo de discos.

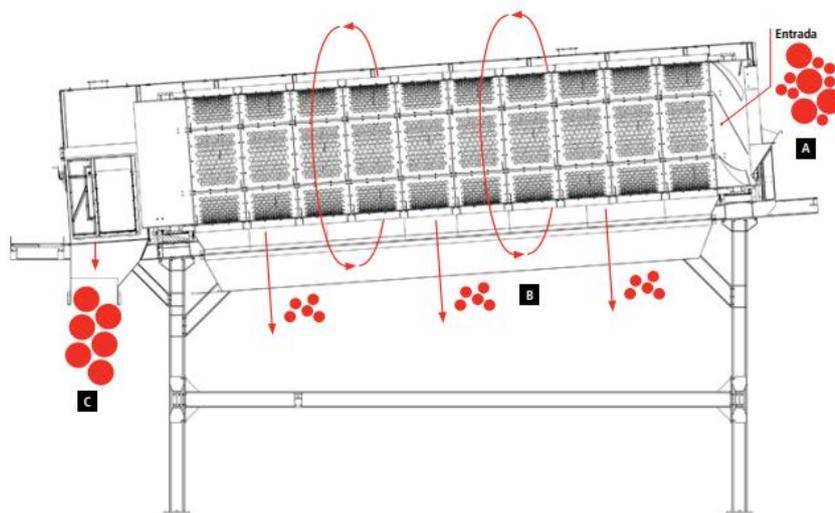


Figura 15: Ilustração do funcionamento de um Trommel <sup>9</sup>.

O crivo de discos é um equipamento caracterizado por apresentar discos que podem ter diversas formas sendo as mais frequentes hexagonais ou octagonais [46].

Os discos são colocados de modo que a distância entre discos do mesmo eixo determine a abertura de queda dos resíduos.

O movimento rotativo dos discos faz o material fluir destes enquanto a fração inferior cai entre os discos, por outro lado a movimentação dos discos cria uma agitação sobre o material facilitando a separação dos resíduos em diferentes granulometrias [46, 47].

Os discos conseguem ser facilmente ajustados ao diferente tipo de material e às diferentes granulometrias, permitindo também retirar alguns contaminantes residuais como plásticos, pedaços de gesso e de papel, que ficam retidos em cima do disco [48].

<sup>9</sup> <https://bianna.com/pt-pt/downloads/>

Utilizando os equipamentos descritos, o processo produtivo levará assim à separação de 3 tipos de materiais de acordo com a sua granulometria: granulometria mais fina: 0-10mm, intermédia: 10-32mm e uma fração mais grosseira: 32-40mm.

A taxa de sucesso dos processos de triagem e fragmentação estará também muito dependente da triagem efetuada pelo produtor e assim respetiva qualidade dos materiais.

O potencial agregado reciclado de granulometria 0-10mm e o de granulometria 10-32mm obtidos da crivagem de discos, podem apresentar algumas aplicações tais como: o preenchimento de valas [49], a utilização em caminhos rurais e florestais [4], assim como aterro e camada de leito de infraestrutura de transporte [50]. Para apurar estas aplicações, o material será sujeito a uma caracterização para que sejam analisados os parâmetros geométricos, químicos e mecânicos, sendo que por si só, a realização da caracterização não garante a utilização e comercialização dos materiais, sendo necessária a marcação CE.

Em situações de elevada contaminação, o material voltará a entrar no processo e em último caso será encaminhado para operações de eliminação (Aterro).

O resíduo com diâmetro compreendido entre 32-40mm irá continuar no processo, juntando-se ao resíduo de diâmetro superior a 40mm que prosseguiu no crivo rotativo e iniciando-se o processo de Triagem Manual.

O processo de Triagem Manual é dependente de colaboradores, onde a utilização de tapetes rolantes é importante para facilitar a análise dos resíduos. Na instalação deverá existir uma infraestrutura tal como a representada na Figura 16.

A estação deve estar situada a uma cota mais elevada para onde os resíduos são transportados através de tapetes rolantes e onde se dará início ao processo de triagem; por sua vez, os materiais triados são depositados na parte inferior da respetiva instalação [44].



Figura 16: Ilustração de uma Estação de Triagem Manual aplicável no âmbito do presente estudo <sup>10</sup>.

A estação poderá apresentar no seu interior um tapete móvel (tela) e a possibilidade de paragem do processo a qualquer momento para garantir a análise de fluxos de resíduos e a remoção de contaminantes. O facto da estação ser fechada, permite que seja climatizada, ventilada, despoeirada, insonorizada e/ou desodorizada [44]. Estes fatores são importantes, pois, em particular, as partículas finas provenientes dos RCD podem apresentar riscos a longo prazo para a saúde dos operadores.

Contentores de 6 m<sup>3</sup> ou *Big-Bags* de 1000 ou 1500 kgs, são normalmente usados no nível inferior para o acondicionamento dos resíduos triados, que não aceites no processo produtivo. O processo funcionaria assim como uma triagem negativa lateral considerando que se removem contaminantes e que os operadores se apresentam lateralmente relativamente ao tapete que transporta os resíduos [44].

Na grande maioria dos casos os operadores efetuam a triagem de pé, garantido uma maior mobilidade para efetuar a separação.

O processo de triagem manual dificilmente funcionará na totalidade do horário laboral, pois irá sempre depender da quantidade de resíduos à entrada e da gestão de *stocks*.

<sup>10</sup> <https://bianna.com/pt-pt/downloads/>

Na ocorrência de um maior fluxo de material poderão ser disponibilizadas algumas cadeiras específicas para a correta postura dos operários quando os tempos de operação são longos.

No caso do processo em estudo, a triagem contínua (tapete funciona continuamente) é adequada para tipologias de resíduos com baixo teor de contaminantes, não sendo necessária uma triagem minuciosa e detalhada que exige que o equipamento esteja parado, ao contrário da triagem sequencial que exige que o tapete pare [44]. Assim, o tipo de processo deverá ser ajustado ao grau de contaminação da carga.

O tapete transportador de tela, principal equipamento utilizado, deve ter características que facilitem o trabalho dos operadores e tornem mais eficiente o processo de triagem, nomeadamente [44]:

1. Ser ajustado à altura dos trabalhadores, preservando a postura e facilitando o contacto com o resíduo;
2. Ser largo o suficiente para que cada operador consiga alcançar o material sem grandes esforços;
3. Apresentar um botão que permita a paragem imediata do processo em caso de emergência ou de fluxo muito contaminado.

Os rejeitados/refugos do processo devem ser armazenados em contentores específicos e devidamente encaminhados. Se a valorização não for possível devido à composição do resíduo terá de se fazer o encaminhamento para eliminação.

A triagem manual é um processo essencial para que o produto final obtenha a qualidade desejada (menor número possível de contaminantes).

Será expectável que a instalação do OGR tenha um processo mecânico adicional, mais especificamente, um britador de mandíbulas ou maxilas para os materiais de maior calibre que passaram a etapa de triagem manual.

Os britadores são classificados quanto à granulometria que o produto final adquire e os mecanismos utilizados para a fragmentação, podendo ser classificados como britadores primários e secundários.

A característica mais importante que define um britador primário é a capacidade de aceitação/entrada de material sem engaiolamento (Figura 17), isto é, respeitar a

dimensão da boca de entrada, uma alimentação contínua sem respeitar a boca de entrada poderá provocar sucessivos engaiolamentos nos equipamentos [51, 52].



**Figura 17: Exemplo de um engaiolamento na boca de entrada de um britador de mandíbulas da empresa.**

O britador secundário permite obter uma melhor redução granulométrica, tendo como objetivo na maioria dos casos o encaminhamento para o processo de moagem. [53].

Após uma redução primária nos processos de pré triagem ou após uma britagem primária, a existência de um possível britador secundário pode ser benéfica pois permite uma melhor redução granulométrica para a obtenção de um produto final (agregado reciclado) de melhor qualidade.

Para a escolha de um britador, existem alguns parâmetros a ter em consideração [54]:

- A dureza e abrasividade do material, para evitar um desgaste excessivo do equipamento;
- A dimensão máxima e mínima do material que vai ser sujeito à britagem;
- Rendimentos de produção.

Os britadores mais utilizados na construção civil são [53]:

- Britadores de mandíbulas ou maxilas;
- Britadores giratórios;
- Britadores cónicos;
- Britadores de impacto, ou de martelos.

O britador de mandíbulas ou maxilas é o equipamento previsto para fazer a valorização de RCD no OGR, devido ao facto de apresentar uma mecânica simples, baixo custo de manutenção, baixo consumo de energia e dado que o resíduo já chega com uma granulometria adequada da pré-triagem, o que permite que seja mais simples o processo de fragmentação evitando o risco de engaiolamento e consequente danificação do equipamento [51, 54]. Um britador de mandíbulas (Figura 18) pode ser um britador primário ou secundário.

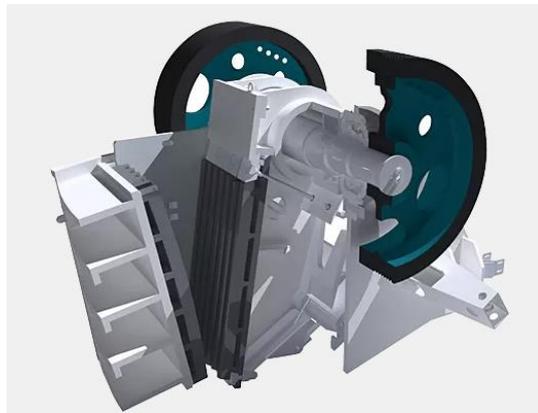


Figura 18: Imagem ilustrativa de um britador de maxilas <sup>11</sup>.

Atualmente, no mercado de equipamentos de britagem da construção civil, existem alguns britadores móveis de maxilas, equipamento de enorme importância no fornecimento de britas e materiais para a construção *in situ*, mas o seu elevado custo operacional e de transporte facilmente descarta esta opção quando pretendidas quantidades relativamente pequenas ou quando as obras têm condicionantes de espaço e de acessos.

Perante as necessidades da empresa Veirabar Lda., foi desenvolvido um equipamento, ilustrado na Figura 19, para corresponder ao fornecimento de material reciclado *in situ* de forma que seja viável o transporte do ponto de vista económico e logístico. Atualmente é utilizado em operações de valorização de RCD em várias empreitadas da empresa e pode ser requisitado por outras empresas como prestação de serviço.

<sup>11</sup> <https://www.gepecotech.com/waste-crusher/jaw-crusher.html>

Este britador está equipado com um motor a diesel ou elétrico trifásico de 3kW(4CV) e apresenta uma capacidade de trituração de 1,5 – 6 m<sup>3</sup> por hora, é fácil de transportar e não necessita de grandes áreas para o seu funcionamento.



**Figura 19: Britador de mandíbulas móvel utilizado pela empresa.**

Os britadores giratórios (Figura 20) são frequentemente utilizados na indústria mineira como alternativa aos britadores de maxilas, principalmente em britagem primária, apresentando uma capacidade superior de entrada de material [51, 53].

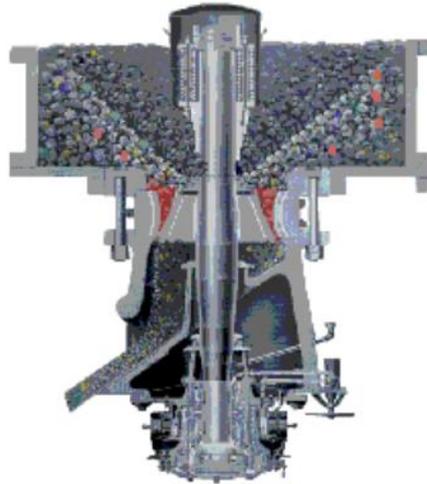


Figura 20: Imagem ilustrativa de um britador giratório <sup>12</sup>.

No que diz respeito aos britadores cônicos (Figura 21), apresentam algumas semelhanças com os britadores giratórios do ponto de vista tecnológico, mas são mais utilizados para britagem secundária [53].

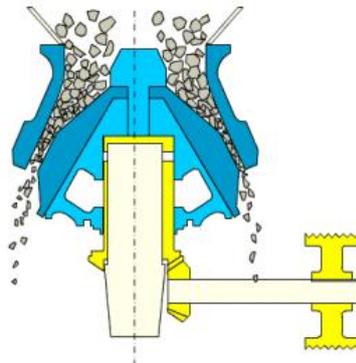


Figura 21: Imagem ilustrativa de um britador cônico <sup>13</sup>.

No caso dos britadores de martelo (Figura 22), estes operam através de golpes persistentes de martelos para quebrar e desintegrar o material [53]. Apresentam a desvantagem de um custo elevado de manutenção e um maior desgaste, não sendo aconselhável o uso em material com uma dureza elevada [55].

<sup>12</sup> [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1201/o/C\\_C\\_III\\_-\\_Britagem.pdf?1625193001](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1201/o/C_C_III_-_Britagem.pdf?1625193001)

<sup>13</sup> [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1201/o/C\\_C\\_III\\_-\\_Britagem.pdf?1625193001](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1201/o/C_C_III_-_Britagem.pdf?1625193001)

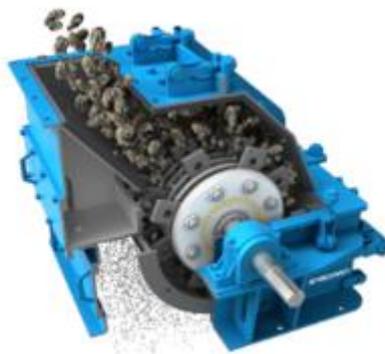


Figura 22: Imagem ilustrativa de um britador de martelos <sup>14</sup>.

Nos britadores de impacto (Figura 23) a fragmentação é feita por impacto e não por compressão. A desvantagem do uso do equipamento é o elevado custo de manutenção e o enorme desgaste em rochas abrasivas [53].



Figura 23: Imagem ilustrativa de um britador de impacto <sup>15</sup>.

Face ao descrito previamente, propõe-se que a instalação seja equipada com um britador de maxilas que funcionará por turnos de fragmentação, dependendo da quantidade de stock e da tipologia de resíduo rececionada.

O funcionamento descontínuo permite tornar o processo mais eficiente, reduzindo custos de funcionamento e de manutenção. O resíduo, após sujeito a todos os processos de triagem e fragmentação, poderá resultar num Agregado Britado de Granulometria Extensa (ABGE), também conhecido como *tout-venant*, que terá de ter marcação CE para ser comercializado como agregado reciclado.

<sup>14</sup> <https://www.machinerypartner.com/blog/types-of-crushers-and-crushing-stages>

<sup>15</sup> <https://www.machinerypartner.com/blog/types-of-crushers-and-crushing-stages>

## 4 AGREGADO RECICLADO

### 4.1 Introdução

Este capítulo tem como propósito descrever o processo de valorização efetuado numa empreitada da empresa Veirabar Lda., apresentando-se a caracterização do material reciclado obtido. Em complemento é descrito o processo que é necessário implementar para obtenção da marcação CE de um agregado reciclado.

De acordo com a norma NP EN 13242:2002+A1:2010 [56], um agregado reciclado é um *material granular utilizado na construção, resultante do processamento de materiais inorgânicos (resíduos inorgânicos) anteriormente utilizados na construção.*

A produção de agregados reciclados a partir da fragmentação de RCD é muito comum nos países desenvolvidos, embora em Portugal a produção deste material, não assuma, ainda, a relevância que se encontra noutros países, em parte devido à falta de procura [16].

As características dos agregados reciclados são fortemente dependentes do material que lhes deu origem. Por isso, são materiais que tendem a apresentar uma grande heterogeneidade, particularmente em termos dos seus constituintes.

Existem inúmeras aplicações para os agregados reciclados, tais como em aterros estruturais, em camadas de leito, bases e sub-bases de infraestruturas de transporte, na produção de betão, entre outros [4].

Práticas como uma triagem adequada e uma correta seleção do processo de encaminhamento do resíduo são fundamentais para potencializar a valorização dos RCD, evitando a presença de contaminantes que podem ser prejudiciais para o ambiente e comprometer o uso dos agregados reciclados que deles provêm.

## 4.2 Caso de Estudo-Demolição do Muro do Porto de Aveiro

### 4.2.1 Enquadramento

As demolições são uma atividade crescente e cada vez mais frequente devido à necessidade de recuperação, reabilitação ou demolição total de estruturas e infraestruturas antigas, sendo as grandes atividades geradoras de RCD.

Durante a realização deste trabalho surgiu a oportunidade de analisar um caso prático de valorização de RCD. Trata-se de uma empreitada no Terminal dos Granéis Sólidos do Porto de Aveiro, ao encargo da empresa Veirabar Lda., na qual estava prevista a demolição de um muro de betão armado com cerca de 13 metros de desenvolvimento e altura de aproximadamente um metro (Figura 24).

Como referido no capítulo relativo aos processos de valorização, foram aplicadas as regras estabelecidas legalmente relativamente ao processo de valorização, sendo efetuada uma operação—**R 12 (R 12 A)** - processo de valorização mecânica [6], dos RCD provenientes do muro de betão (código LER 17 01 01), sendo este processo efetuado em local afeto à obra.

Antes do início dos trabalhos foi realizada uma análise pré-demolição das características da estrutura a demolir, para entender quais os equipamentos necessários e qual a tipologia de resíduo que seria produzida.



Figura 24: Imagem da estrutura sujeita a demolição.

Para que a demolição fosse bem-sucedida foi necessário um conjunto de equipamentos, entre eles:

- uma giratória (*Kubota U27*) com martelo hidráulico, de maneira a facilitar a quebra física do material e a diminuição de calibre;
- uma mini pá carregadora, para garantir uma maior eficiência na organização do material, facilitando o processo;
- um britador móvel, (Figura 19, capítulo 3) responsável pela fragmentação para posterior valorização do material.

Para além da necessidade de utilização dos equipamentos de proteção individual habituais em qualquer intervenção, foi considerada como pertinente a utilização de equipamentos de proteção auditiva, para proteger os trabalhadores da exposição de elevados níveis de ruído originados pela demolição e posterior britagem.

No caso prático aqui descrito, procedeu-se a uma separação do betão e dos elementos de aço, que correspondiam à armadura do muro demolido, de modo a evitar uma situação que pudesse ser prejudicial ao processo de britagem, não só em termos de danos no equipamento, mas também na celeridade do processo.

O aço e o material inerte foram devidamente separados (Figura 25).



Figura 25: Aço e inerte originados da demolição do muro de betão armado, devidamente separados.

#### **4.2.2 Produto Final**

Concluído o processo de triagem inicia-se o processo de britagem dos resíduos, para o qual foram necessários dois operários, um para a efetuar a alimentação da “boca de entrada” do britador e outro para organizar a saída do material britado. O processo foi, ainda, acompanhado por um técnico para verificar a conformidade das granulometrias e assegurar que o processo decorria como pretendido, cumprindo todos os requisitos legais e ambientais.

No caso de estudo em análise foi necessário aproximadamente 1 dia de trabalho de 8 horas para que o processo de valorização fosse efetuado na totalidade.

Concluído o processo, o material britado, ilustrado na Figura 26 foi aplicado na regularização de um caminho florestal.



**Figura 26: Produto obtido da valorização do murro da empreitada do porto de Aveiro.**

A colaboração entre as empresas é determinante para a implementação de práticas de incentivo à circularidade dos materiais. Desta forma, o processo de demolição foi realizado pela empresa Veirabar Lda., mas o material foi aplicado por outra empresa, interessada no inerte, sendo recolhido no estaleiro da empreitada e encaminhado com a respetiva e-GAR para incorporação noutra obra.

Do ponto de vista ambiental, a valorização de resíduo inerte no local da obra ou em local afeto à obra tem sido uma opção cada vez mais sustentável, levando a que empresas de construção civil optem por este tipo de valorização, de forma a reduzir custos relativos ao envio de resíduo a destino final (aterro), envio este que envolve gastos relativos ao transporte e a custos associados à receção do material por parte do operador.

Esta forma de valorização apresenta simultaneamente resultados positivos do ponto de vista económico e é também um ótimo método de prolongar o ciclo de vida do material, sendo bastante benéfico do ponto de vista ambiental, seguindo os princípios da hierarquia dos resíduos abordada no Capítulo 2.

### **4.2.3 Caracterização laboratorial do produto**

De modo a proceder à caracterização laboratorial do material, para aferir de forma mais concreta a sua qualidade como potencial agregado reciclado, foi recolhida no local uma amostra de aproximadamente 100 kg.

A caracterização laboratorial é um processo extremamente importante para compreender as características físicas, mecânicas e químicas do produto obtido, assim como, para se detetarem possíveis contaminantes que podem influenciar o desempenho do material, sendo um elemento indispensável num processo de certificação.

Na Figura 27 podemos observar o material já nas instalações do Laboratório de Materiais de Construção (LMC) do Departamento de Engenharia Civil da FEUP, depois de ter sido sujeito a secagem.



**Figura 27: Material Reciclado após secagem no LMC.**

Os ensaios da caracterização ocorreram entre os dias 24 e 26 de novembro de 2022, no LMC e foram também determinados parâmetros químicos no Departamento de Engenharia Química da FEUP. Em ambos os laboratórios foram efetuados alguns dos ensaios recomendados pela norma harmonizada NP EN 13242:2002+A1:2010 [56].

A norma mencionada especifica as características a respeitar pelos agregados para materiais não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária, incluindo os agregados reciclados obtidos da valorização de RCD.

A caracterização laboratorial do material compreendeu um conjunto de análises que tiveram como base um conjunto de documentos normativos. A análise granulométrica: NP EN 933-1 (2014) [57], a determinação de massa volúmica e da absorção de água: NP EN 1097-6 (2022) [58], o valor de azul metileno: NP EN 933-9 (2022) [59], a resistência à fragmentação Los Angeles: NP EN 1097-2 (2020) [60] e a determinação dos sulfatos solúveis em água: NP EN 196-2 (2006) [61].

Não foi possível a realização do ensaio de determinação dos constituintes por insuficiência da quantidade de material recolhido na obra, porém conhecendo-se a origem do mesmo, poderá assumir-se que o betão é o principal constituinte (agregado reciclado de betão).

A resistência ao desgaste do agregado (ensaio micro-Deval) e a avaliação química do lixiviado não foram realizados no âmbito deste trabalho, por não existir na FEUP, à data, condições para a sua realização plena.

#### **4.2.3.1 Análise granulométrica**

Para a realização do ensaio de determinação da granulometria do material foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Peneiros de ensaio (Série base + Série 1);
- Estufa ventilada;
- Equipamento de lavagem;
- Balanças;
- Máquina de peneirar (tendo sido utilizada para peneirar a fração fina).

A análise expedita permite entender qual o espectro granulométrico que a amostra vai apresentar, facilitando a seleção dos peneiros (Figura 28) a utilizar no ensaio. Previamente à realização do ensaio foi efetuada uma análise expedita para determinar a dimensão máxima do material, verificando-se que a maior dimensão corresponde a 22,4 milímetros, a dimensão do maior peneiro onde ficou retido o material.



**Figura 28: Peneiros utilizados na realização do ensaio da Análise Granulométrica.**

Após concluída a análise expedita foi possível determinar os peneiros a utilizar e a massa da amostra a utilizar no ensaio, sendo que para agregados de dimensão inferior a 90 mm, a massa mínima do provete poderá ser interpolada a partir da seguinte expressão:

$$M = \left( \frac{D_{\text{máx}}}{10} \right)^2 \leftrightarrow \left( \frac{22,4}{10} \right)^2 = 5,0176 \text{ kg} \sim 5,018 \text{ kg} \quad (1)$$

Foi efetuada a lavagem da amostra, que consiste em colocar o provete num recipiente e adicionar água suficiente de forma a cobri-la, deixando-a em imersão durante 24 horas.

De seguida, com o auxílio do peneiro de abertura de 0,063 mm, o material foi lavado até que a água não apresentasse sujidade. Por fim o material retido no peneiro de 0,063mm foi seco na estufa ventilada a 110 °C até massa constante e registou-se a massa como M<sub>2</sub>.

Na Tabela 7 encontram-se os resultados da massa total da amostra seca, a massa total da amostra, após lavagem no peneiro de 0,063 mm, seca até massa constante e a massa seca de finos.

**Tabela 7: Resultados referentes às massas no ensaio de análise granulométrica**

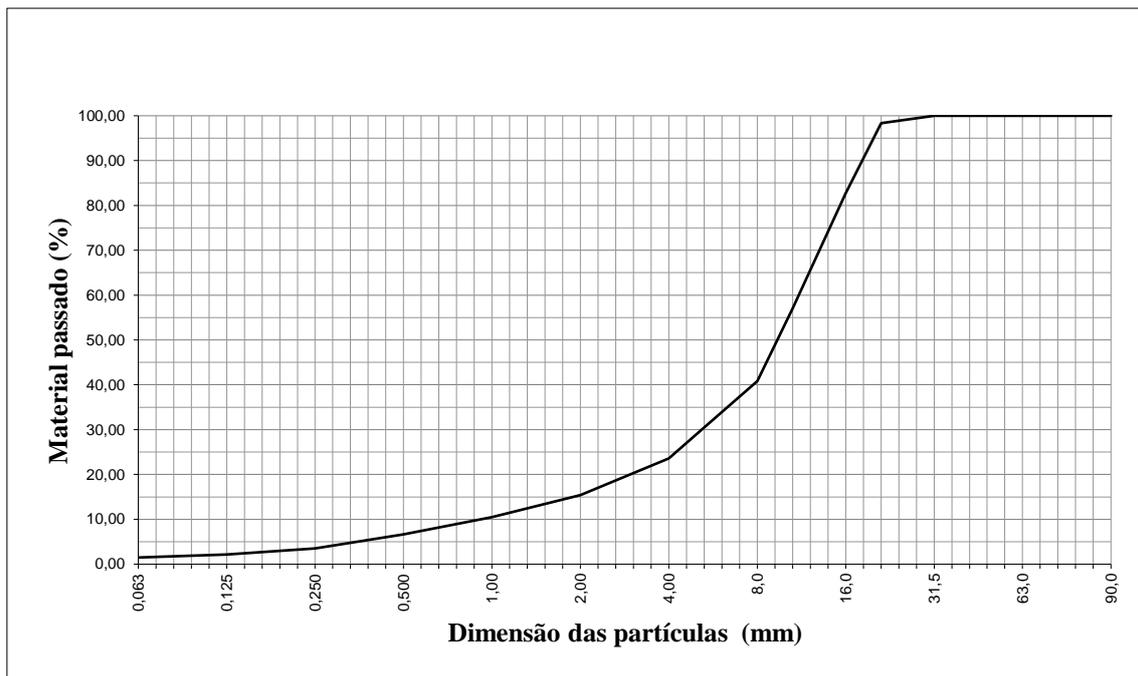
M1- Massa total da amostra seca	(kg)	5,3670
M2- Massa seca do material retido no peneiro 0,063 mm após lavagem	(kg)	5,278
Massa seca de finos removidos por lavagem (M1-M2)	(kg)	0,089

Após secagem iniciou-se a peneiração, que consiste no despejo do material seco ao longo dos vários peneiros, sendo encaixados e dispostos por ordem decrescente da dimensão das aberturas incluindo um fundo e uma tampa para não perder partículas da amostra. Efetuou-se a agitação manual dos peneiros do diâmetro 22,4 mm até ao de 5,6 mm e a agitação mecânica dos finos dos 4 mm até ao peneiro de 0,063 mm.

Os valores obtidos da análise granulométrica apresentam-se na Tabela 8 e na Figura 29.

**Tabela 8: Resultados da análise granulométrica**

Abertura de Peneiros (mm)	Massa do Material Retido R (Kg)	Percentagem do material retido (%)	Percentagem acumulada de material passado (%)
31,5	0,000	0,000	100,0
22,4	0,090	1,650	98,4
16,0	0,836	15,580	82,8
11,2	1,381	25,720	57,1
8,0	0,870	16,220	40,8
5,6	0,555	10,340	30,5
4,0	0,370	6,890	23,6
2,0	0,442	8,240	15,4
1,0	0,263	4,890	10,5
0,500	0,208	3,870	6,6
0,250	0,165	3,070	3,5
0,125	0,075	1,390	2,2
0,063	0,036	0,670	1,5
P	0,004	0,070	1,4



**Figura 29: Curva granulométrica do material.**

Na Tabela 9 estão representados os requisitos gerais para a granulometria de acordo com a norma NP EN 13242:2002+A1:2010.

Considerando a dimensão máxima do agregado como a correspondente à dimensão do peneiro com mais de 90% de passados, o material em estudo tem um diâmetro máximo,  $D = 16 \text{ mm}$ .

Comparando os valores de material passado nos peneiros de dimensão  $D$ ,  $1,4D$  e  $2D$  (Tabela 8), com as percentagens de passados indicadas na Tabela 9, concluiu-se que o material em estudo é da categoria GA 80.

Tabela 9: Requisitos gerais para a granulometria, Tabela 2 da norma NP EN 13242:2002+A1:2010

Agregado	Dimensão mm	Percentagem de passados, em massa					Categoria <i>G</i>
		$2D$ <sup>a)</sup>	$1,4D$ <sup>b) c)</sup>	$D$ <sup>d)</sup>	$d$ <sup>c) e)</sup>	$d/2$ <sup>b) c)</sup>	
Grosso	$d \geq 1$	100	98 a 100	85 a 99	0 a 15	0 a 5	$G_c$ 85-15
	e $D > 2$	100	98 a 100	80 a 99	0 a 20	0 a 5	$G_c$ 80-20
Fino	$d = 0$	100	98 a 100	85 a 99	-	-	$G_F$ 85
	e $D \leq 6,3$	100	98 a 100	80 a 99	-	-	$G_F$ 80
Granulometria extensa	$d = 0$ e $D > 6,3$	-	100	85 a 99	-	-	$G_A$ 85
		100	98 a 100	80 a 99	-	-	<b><math>G_A</math> 80</b>
		100	-	75 a 99	-	-	$G_A$ 75

<sup>a)</sup> Para as fracções granulométricas com  $D$  maior que 63 mm (por exemplo, 80 mm e 90 mm), apenas se aplicam os requisitos de retido relativos ao peneiro  $1,4D$  dado não existir qualquer série de peneiros ISO 565/R20 acima de 125 mm.

<sup>b)</sup> Quando as aberturas dos peneiros calculadas como  $1,4D$  e  $d/2$  não corresponderem a números exactos das dimensões de malhas das séries de peneiros R20 da ISO 565:1990, deve ser adoptado o peneiro com a abertura mais próxima.

<sup>c)</sup> Para aplicações especiais, poderão ser especificados requisitos adicionais.

<sup>d)</sup> A percentagem de passados em  $D$  poderá ser superior a 99 %, mas em tais casos, o produtor deve documentar e declarar a granulometria típica, incluindo os peneiros  $D$ ,  $d$ , e  $d/2$  e os peneiros compreendidos entre  $d$  e  $D$  da série base mais a série 1 ou da série base mais a série 2 intermédia. Os peneiros com uma relação inferior a 1,4 vezes o peneiro mais próximo poderão ser excluídos.

<sup>e)</sup> Se necessário, para assegurar que o agregado é bem graduado, podem ser modificados os limites para a percentagem de passados em  $d$  para 1 a 15, no caso de  $G_c$  85-15, e para 1 a 20, no caso de  $G_c$  80-20.

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 8, o teor de finos do agregado é de 1,5%, pelo que se refere, de acordo com a NP EN 13242:2002+A1:2010, a um material da categoria de finos  $f_3$  (Tabela 10).

Tabela 10: Categorias para os valores de máximos em teor de finos, adaptado de NP EN 13242:2002+A1:2010

Agregado	Percentagem de passados no peneiro de 0,063 mm %	Categoria $f$
Grosso	$\leq 2$	$f_2$
	$\leq 4$	$f_4$
	$> 4$	$f_{Declarado}$
	Não requerido	$f_{NR}$
Fino	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 7$	$f_7$
	$\leq 10$	$f_{10}$
	$\leq 16$	$f_{16}$
	$\leq 22$	$f_{22}$
	$> 22$	$f_{Declarado}$
	Não requerido	$f_{NR}$
Granulometria extensa	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 5$	$f_5$
	$\leq 7$	$f_7$
	$\leq 9$	$f_9$
	$\leq 12$	$f_{12}$
	$\leq 15$	$f_{15}$
	$> 15$	$f_{Declarado}$
	Não requerido	$f_{NR}$

#### 4.2.3.2 Resistência à Fragmentação de Los Angeles

Para a realização do ensaio de determinação da resistência ao desgaste de Los Angeles, foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Peneiros de ensaio;
- Balança;
- Estufa;
- Equipamento Los Angeles (Figura 30) e respetiva carga abrasiva (Figura 31).



Figura 30: Equipamento Los Angeles do Laboratório de Materiais de Construção.



Figura 31: Esferas de aço (11) utilizadas como carga abrasiva.

A execução do ensaio requer a preparação de uma amostra de 5 quilogramas na fração granulométrica de ensaio. Sendo utilizada uma fração granulométrica de 10-14 mm.

A amostra foi sujeita a lavagem e posteriormente colocada na estufa a uma temperatura de 110 °C até massa constante. Terminada a secagem do material, este foi colocado no equipamento Los Angeles, programado para 500 rotações por minuto (rpm) por um período de 15 minutos. Após as 500 rotações o material é retirado do tambor.

O aspeto visual do material imediatamente após ter sido retirado do tambor do equipamento é o ilustrado na Figura 32.



Figura 32: Aspeto visual da amostra após o Ensaio de Los Angeles.

Seguidamente, o material foi lavado no peneiro 1,6 milímetros e posteriormente colocado na estufa a secar até massa constante. Após secagem o material foi pesado e determinou-se o Coeficiente de Los Angeles (LA) através da seguinte equação:

$$LA = \frac{5000 - m}{5000} * 100 \leftrightarrow \frac{5000 - 2966}{5000} * 100 = 40,68 \sim 41\% \quad (2)$$

onde  $m$  representa a massa da amostra retida no peneiro de 1,6 milímetros.

Os resultados obtidos do ensaio encontram-se na Tabela 11.

**Tabela 11: Resultados obtidos do ensaio da resistência à fragmentação Los Angeles**

Fração granulométrica		10-14 mm
Massa da amostra seca para ensaio (5000 ± 5)	(g)	5000,5
Massa do material retido no peneiro 1,6 mm	(g)	2966
Coeficiente LA	%	41

Com base no valor obtido para o coeficiente de Los Angeles e de acordo com as categorias apresentadas na norma NP EN 13242:2002+A1:2010 [56] (Tabela 12), verifica-se que o material tem um valor de LA compreendido entre 40 e 45, sendo classificado com a categoria LA<sub>45</sub>.

**Tabela 12: Categorias dos agregados no que se refere ao coeficiente de Los Angeles de acordo com norma NP EN 13242:2002+A1:2010**

Coeficiente Los Angeles	Categoria LA
≤20	<b>LA<sub>20</sub></b>
≤25	<b>LA<sub>25</sub></b>
≤30	<b>LA<sub>30</sub></b>
≤35	<b>LA<sub>35</sub></b>
≤40	<b>LA<sub>40</sub></b>
≤45	<b>LA<sub>45</sub></b>
≤50	<b>LA<sub>50</sub></b>
≤60	<b>LA<sub>60</sub></b>
>60	<b>LA<sub>Declarado</sub></b>
Não requerido	<b>LA<sub>NR</sub></b>

#### 4.2.3.3 Determinação da massa volúmica e da absorção de água

Para a determinação da massa volúmica e da absorção de água foram utilizados os seguintes equipamentos:

- Estufa ventilada;
- Balança;
- Peneiros;
- Cronômetro;
- Equipamento de lavagem;
- Picnómetros (são necessários dois picnómetros: um com um volume de 500 mL e outro com volume de 5000 mL- Figura 33).

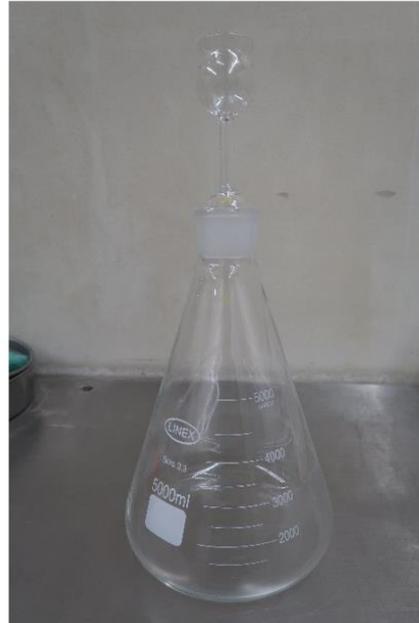
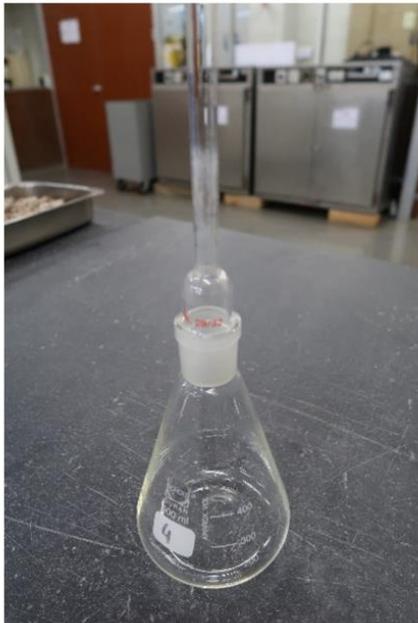


Figura 33: Picnómetros utilizados no ensaio: 500mL (esquerda) e 5000mL (direita).

Para a determinação da massa volúmica das duas frações granulométricas (partículas que passam no peneiro 4 mm e partículas entre 4 mm e 31,5 mm) utilizou-se o método do picnómetro [58].

Relativamente às partículas que passam no peneiro de 31,5 mm e ficam retidas no peneiro de 4 mm, foi necessário mergulhar a amostra dentro de um picnómetro em água a uma temperatura de 22 graus celsius. Seguidamente, foi necessário retirar o ar preso rolando suavemente o picnómetro numa posição inclinada e deixando repousar por 24 horas. Findado este período, retirou-se o picnómetro removendo quaisquer vestígios de ar retido através de movimentos suaves de rotação, limpando o exterior do picnómetro e medindo a massa do picnómetro com provete saturado (M2), registando a temperatura da água.

De seguida retirou-se o agregado do interior do picnómetro e deixou-se escorrer por alguns minutos.

Preenchendo-se o volume de referência do picnómetro com água pesando-o novamente obtendo assim o 3º valor referente à massa do picnómetro cheio com água (M3), registando a temperatura da água.

Foi transferida a amostra para um pano absorvente secando suavemente a superfície do agregado. Distribuiu-se o agregado numa superfície absorvente até ser visível que todas as partículas de água foram removidas, mas o agregado mantenha uma aparência húmida, sendo daí resultante a massa do agregado saturado com superfície seca (M1). Por fim secou-se o agregado no forno a 110 graus celsius arrefecendo-o à temperatura ambiente e efetuando, por fim, a pesagem do agregado seco em estufa (M4).

Na determinação das partículas finas que passam no peneiro de 4 mm e ficam retidas no peneiro de 0,063 mm, o processo é idêntico, sendo efetuados os mesmos passos. Surgem apenas algumas alterações relativamente à secagem, sendo que quando espalhada a amostra é necessário colocar num provete e expô-lo a uma corrente de ar quente de modo a evaporar a humidade superficial. É, posteriormente, necessário efetuar agitações frequentes para assegurar uma secagem uniforme.

Para avaliar o estado da superfície seca foi utilizado um molde troncocónico metálico que analisa a continuação do processo de secagem, o método consiste em colocar o cone com o seu maior diâmetro virado para baixo sobre a base do tabuleiro.

De seguida, encheu-se o molde com a amostra e bateu-se levemente, sobre a abertura superior do molde.

Retirado o molde, caso o agregado mantenha a forma troncocónica dever-se-á continuar o processo de secagem. Caso este se desfaça o material já se encontra seco.

No Tabela 13 são apresentados os resultados do ensaio, onde se encontra o valor do coeficiente de absorção de água após imersão de 24 horas ( $WA_{24}$ ). Este coeficiente é importante pois relaciona a água perdida entre o processo de secagem do material saturado com superfície seca (M1) e do material seco em estufa (M4). Obtiveram-se valores de 5,29 % para a fração granulométrica 4/31,5mm e 6,81 % para a fração 0,063/4,0mm e as massas volúmicas das partículas.

**Tabela 13: Resultados do ensaio da determinação da massa volúmica e da absorção de água**

Fração granulométrica (mm)		4,0/31,5	0,063/4,0
$\rho_w$ -	Massa volúmica da água à temperatura do ensaio (Mg/m <sup>3</sup> )	0,998	0,998
$\rho_a$ -	Massa volúmica do material impermeável das partículas (Mg/m <sup>3</sup> )	2,662	2,613
$\rho_{rd}$ -	Massa volúmica das partículas secas (Mg/m <sup>3</sup> )	2,333	2,218
$\rho_{ssd}$ -	Massa volúmica das partículas saturadas com superfície seca (Mg/m <sup>3</sup> )	2,456	2,369
$WA_{24}$ -	Absorção de água (%)	5,29	6,81

#### **4.2.3.4 Determinação do valor de Azul de Metileno**

Para a determinação do valor de Azul de Metileno (MB) foram utilizados os seguintes utensílios:

- Bureta;
- Agitador;
- Balança;
- Peneiro 2mm;
- Estufa ventilada;
- Papel de filtro;
- Cronómetro;
- Solução de 10g/L de Azul metileno.

Utilizou-se uma amostra seca em estufa até massa constante de 200 g da fração granulométrica 0/2mm.

Foi utilizado um gobelet e adicionado 500mL de água destilada juntamente com a amostra, agitando-se com uma espátula e coloca-se em agitação de acordo com os procedimentos descritos na norma de ensaio, durante 5 minutos. Decorridos os 5 minutos reduziu-se a rotação e foram adicionados 30 gramas de caulinite. Agitou-se um pouco e de seguida adicionou-se o volume de azul de metileno corresponde à adsorção da caulinite ( $V'=65$  mL), determinado previamente, com o acréscimo de 5 mL da solução de azul metileno. Passado 1 minuto foi executado o primeiro teste, colocando uma gota de mistura sobre o papel de filtro.

De seguida foram realizadas adições de solução de azul metileno em porções de 5 mL até ser obtido o primeiro teste positivo, aparecimento de uma auréola em torno da mancha azul (Figura 34). Quando tal sucedeu ligou-se o cronómetro e efetuaram-se testes de minuto a minuto, sem qualquer adição de solução de azul de metileno. São necessários 5 testes positivos consecutivos para se dar por finalizado o ensaio.

Se a auréola não persistir até ao 4º teste é necessário reiniciar todo o procedimento com a adição de mais 5 mL. Se apenas no 5º teste é que se obteve um resultado negativo, sem aparecimento da auréola, o procedimento repete-se, mas apenas com a adição de mais 2mL de solução de azul metileno.



Figura 34: Aspeto das diversas gotas sobre o papel de filtro no ensaio de determinação do Azul de Metileno.

Nas Figura 35, estão algumas imagens dos equipamentos e materiais utilizados no ensaio.

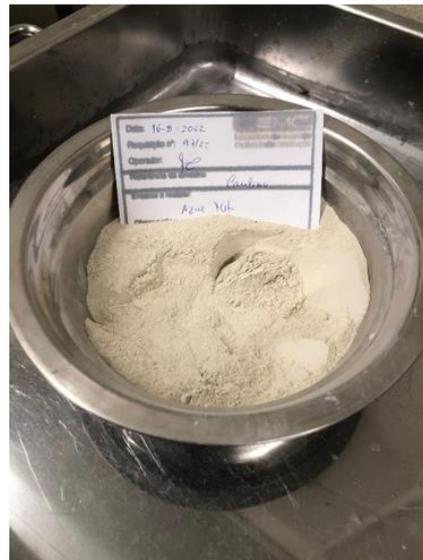


Figura 35: Agitador mecânico e caulinite utilizados no ensaio de determinação do Azul de Metileno.

Os resultados do ensaio de determinação do Azul de Metileno encontram-se resumidos na Tabela 14.

Tabela 14: Representação dos resultados do ensaio de MB

M1- Massa seca	(g)	210,2
V1- Volume de solução de azul de metileno adsorvida	(mL)	80,0
V'- Volume de azul de metileno adsorvido pela caulinite	(mL)	65,0
MB- Valor de Azul de Metileno $(V1-V')/M1 \times 10$	(g/kg fração 0/2mm)	0,71

#### 4.2.3.5 Determinação do Teor de sulfatos solúveis em água

Para a determinação do teor de sulfatos solúveis em água foi necessária a preparação de uma amostra com 3 Kg de material com uma granulometria de 0-4mm, para ser enviada para a análise química.

A amostra foi peneirada no peneiro de 4 mm, em que o material retido foi encaminhado para um processo de redução granulométrica (britagem), de forma a obter a granulometria pretendida para o ensaio.

A obtenção dos sulfatos solúveis em água é determinada através da remoção dos iões sulfato (solúveis), que precipitam como sulfato de bário a um pH entre 1 e 1,5 quando adicionada uma solução de cloreto de bário, no ponto de ebulição [62].

O teor de sulfatos solúveis é expresso em percentagem da massa do agregado, sendo obtido no final do ensaio o valor médio de teor de sulfatos solúveis em água de **0,25 %**.

#### 4.2.4 Possíveis aplicações do produto final

Com base nos resultados da caracterização laboratorial do produto final, avalia-se, de seguida, possíveis aplicações para este material.

Atualmente existem 8 especificações LNEC relativas à utilização de materiais e agregados reciclados provenientes de RCD (Tabela 15).

Tabela 15: Especificações do Laboratório Nacional de Engenharia Civil e respetivas utilizações

Especificação	Utilização
<b>E 471</b>	Guia para a utilização de agregados grossos em betões de ligantes hidráulicos
<b>E 472</b>	Guia para a reciclagem de misturas betuminosas a quente em central
<b>E 473</b>	Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos
<b>E 474</b>	Guia para a utilização de materiais reciclados provenientes de RCD em aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte
<b>E 482</b>	Guia para a utilização de misturas betuminosas a frio para reparação rápida de pavimentos rodoviários
<b>E 483</b>	Guia para utilização de agregados reciclados provenientes de misturas betuminosas recuperadas para camadas não ligadas de pavimentos rodoviários
<b>E 484</b>	Guia para a utilização de materiais provenientes de RCD em caminhos rurais e florestais
<b>E 485</b>	Guia para a utilização de materiais provenientes de RCD para preenchimento de valas

Das oito especificações, a LNEC **E 474**, a LNEC **E 485** e a LNEC **E 484** serão analisadas de seguida, pois são aquelas que, face a caracterização laboratorial realizada, se podem aplicar.

#### 4.2.4.1 Viabilidade de utilização em aterro e camada de leito de infraestruturas de transporte

A especificação LNEC E 474 [50] estabelece os requisitos mínimos de utilização de material reciclado proveniente de RCD em aterro e camadas de leito de infraestruturas de transporte.

Para avaliar a viabilidade de utilização de um material proveniente de RCD, este deve começar por ser classificado, com base nos seus constituintes, em pelo menos uma das três classes de materiais definidas na especificação (Tabela 16).

Tabela 16: Classificação dos materiais reciclados

Classe	Proporção dos constituintes					
	R <sub>c</sub> +R <sub>u</sub> +R <sub>g</sub> (%)	R <sub>g</sub> (%)	R <sub>a</sub> (%)	R <sub>b</sub> +R <sub>s</sub> (%)	F <sub>L</sub> (cm <sup>3</sup> /kg)	X (%)
B	≥ 90	≤10	≤5	≤10	≤5	≤1
MB	≤ 70	≤25	≥ 30	≤70	≤5	≤1
C	Sem limite	≤25	≤30	Sem limite	≤5	≤1

Atendendo a que o material estudado é proveniente de betão (R<sub>c</sub> > 90%) e admitindo que não tem contaminantes, isto é, que os limites de X (outros constituintes) e das partículas flutuantes não excedem os valores limite apresentados na Tabela 16, este poderá ser incluído nas classes estabelecidas (B e C).

Em função das suas propriedades físicas, mecânicas e químicas, os materiais podem ser integrados em duas categorias: MAT1, em que os materiais podem ser aplicados em aterro de infraestruturas de transporte e MAT2, em que os materiais podem ser aplicados em aterros e em camadas de leito de infraestruturas de transporte. Comparando as propriedades do material com os requisitos mínimos apresentados na Tabela 17, conclui-se que este pode ser incluído na categoria MAT 1.

Atendendo a que não se conhece a resistência ao desgaste micro-Deval (MDE), não é possível avaliar se o material poderá ser considerado como de categoria MAT 2.

Tabela 17: Propriedades e requisitos mínimos de conformidade dos materiais reciclados provenientes de RCD em aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte

Requisitos de conformidade		Categoria		
		MAT1	MAT2	
Parâmetros	Propriedade	B, MB e C	B e C	MB
Geométricos e de natureza	Dimensão máxima das partículas ( $D_{máx}$ )	$D_{máx} \leq 150$ mm	$D_{máx} \leq 80$ mm	
	Conteúdo máximo em finos (passado no peneiro $80\mu m$ )	10%	10%	
	Qualidade dos finos	$MB0/D < 2$	$MB0/D < 1$	
Comportamento mecânico	Resistência a fragmentação	-	$LA \leq 45$	-
	Resistência ao desgaste	-	$MDE \leq 45$	-
Químicos	Teor sulfatos solúveis em água	0,70%	0,70%	
	Libertação de substâncias perigosas	Classificação como resíduos para deposição em aterro para resíduos inertes		

Não foi possível realizar o ensaio de lixiviação; contudo, considera-se que não é expectável, face aos resultados que têm vindo a ser obtidos por outros autores Pereira e Vieira [16] e Perreira et al [49], que o material contenha substâncias perigosas. A este propósito salienta-se um trabalho apresentado por Barbudo et al [63], que analisa a correlação entre o teor de sulfato solúvel em água e a lixiviação dos sulfatos em agregados reciclados de RCD. Neste estudo foram analisados 19 materiais diferentes: agregados naturais (N1 e N2); agregados reciclados de betão (C1 e C2); agregados reciclados de origem betuminosa (A1 e A2); agregados reciclados provenientes de materiais cerâmicos (M1-M6); um material constituído 100% por resíduos cerâmicos provenientes de uma fábrica (B) e seis amostras (X1-X6) criadas em laboratório. Comparando o agregado em análise com os agregados analisados por Barbudo et al [63], verifica-se tratar-se de um agregado semelhante ao referenciado como tipo C, mais concretamente do tipo C1, pois é um agregado essencialmente de betão e com uma baixa percentagem de contaminantes [63].

Analisando os resultados obtidos por Barbudo et al [63], para o agregado C1 (Figura 36), constata-se que todos os parâmetros cumprem com os valores limite de lixiviação para resíduos admissíveis em aterros de inertes estabelecidos pelo Decreto-lei n.º102-D/2020 de 10 de dezembro [6], apresentados na Tabela 18.

Esta conclusão reforça o que anteriormente se mencionou em termos de que é expectável que o material estudado não apresente características de lixiviação indesejáveis.

De realçar que os resultados reportados por Barbudo et al [63] se referem a ensaios de lixiviação realizados com uma razão líquido/sólido (L/S) de 10 L/kg, tal como descrito no regime específico de deposição de resíduos em aterro [6].

	Metals (mg/kg)									Sulphate	
	Cr	Ni	Cu	Zn	As	Se	Mo	Sb	Ba	SO <sub>4</sub> (mg/L)	SO <sub>3</sub> (%)
N1	n.d.	0.004	0.012	0.058	0.035	0.003	0.022	0.007	1.411	32	0.03
N2	0.014	0.013	0.001	0.003	0.006	n.d.	0.014	0.002	0.021	41	0.04
<b>C1</b>	<b>0.286</b>	<b>0.028</b>	<b>0.147</b>	<b>n.d.</b>	<b>0.002</b>	<b>0.033</b>	<b>0.228</b>	<b>n.d.</b>	<b>2.395</b>	<b>46.5</b>	<b>0.04</b>
C2	0.048	0.007	0.045	0.010	0.001	0.002	0.027	0.023	0.219	92	0.09
A1	0.005	0.039	n.d.	n.d.	0.135	0.040	n.d.	0.023	n.d.	128	0.12
A2	0.273	0.001	0.136	n.d.	0.013	0.016	0.094	0.036	0.059	180.8	0.17
M1	0.162	0.038	0.047	0.022	0.002	0.016	0.057	0.008	0.486	1707	1.63
M2	0.706	0.027	0.106	0.010	0.002	0.007	0.082	0.011	0.437	669	0.64
M3	0.663	0.040	0.078	0.021	0.002	0.042	0.086	0.008	0.384	714	0.68
M4	1.024	0.007	n.d.	n.d.	0.003	0.042	0.042	0.007	0.117	353.5	0.34
M5	0.003	0.028	0.013	n.d.	0.017	0.042	0.156	0.020	0.273	1425	1.36
M6	0.007	0.035	0.045	n.d.	0.008	0.064	0.128	0.048	0.336	1675	1.60
B	3.918	0.027	n.d.	n.d.	0.002	0.049	0.262	n.d.	0.272	1039	0.99
X1	1.021	0.136	0.233	n.d.	0.005	0.038	0.381	n.d.	2.130	1450	1.39
X2	1.041	0.145	0.223	n.d.	0.003	0.022	0.375	n.d.	2.042	1525	1.46
X3	0.957	0.142	0.228	n.d.	0.006	0.040	0.406	n.d.	2.046	1431	1.37
X4	0.730	0.108	0.177	n.d.	0.005	0.043	0.275	n.d.	2	960	0.92
X5	0.782	0.031	0.014	n.d.	0.004	0.008	0.098	n.d.	0.928	564	0.54
X6	1.418	0.042	0.064	n.d.	0.004	0.058	0.223	n.d.	1.578	141.5	0.14

Figura 36: Extrato de tabela do estudo de Barbudo et al. Com os resultados de concentração dos elementos para cada lote.

**Tabela 18: Parâmetros valores-limite de lixiviação a resíduos admissíveis em aterros de inertes estabelecidos pelo Decreto-Lei 102-D de 10 de dezembro de 2020**

Componente	L/S= 10 l/kg
	(mg/kg de matéria seca)
Arsénio (As)	0,5
Bário (Ba)	20
Cádmio (Cd)	0,04
Cromo (Cr) total	0,5
Cobre (Cu)	2
Mercúrio (Hg)	0,01
Molibdênio (Mb)	0,5
Níquel (Ni)	0,4
Chumbo (Pb)	0,5
Antimônio (Sb)	0,06
Selênio (Se)	0,1
Zinco (Zn)	4
Cloreto	800
Fluoreto	10
Sulfato	1000
Índice de fenol	1
Carbono Orgânico Dissolvido	500
Sólidos Dissolvidos Totais	4000

#### 4.2.4.2 Viabilidade de utilização em preenchimento de valas

A especificação LNEC E 485 [64] estabelece os requisitos mínimos de utilização de material reciclado proveniente de RCD no preenchimento de valas.

Tal como mencionado em 4.2.4.1, para avaliar a viabilidade de utilização de um material proveniente de RCD, este deve começar por ser classificado, com base nos seus constituintes, em pelo menos uma das três classes de materiais definidas na especificação (Tabela 19).

Tabela 19: Classificação dos materiais provenientes de Resíduos de Construção e demolição

Classe	Proporção dos constituintes					
	$R_c+R_u+R_g$ (%)	$R_g$ (%)	$R_a$ (%)	$R_b+R_s$ (%)	$F_L$ (cm <sup>3</sup> /kg)	X (%)
MR1	≥ 70	≤25	≤30	≤30	≤5	≤1
MR2	Sem limite	≤25	Sem limite	Sem limite	≤5	≤1
MR3	Sem limite	≤5	≤10	Sem limite	≤5	≤1

Considerando que o material estudado é proveniente de betão ( $R_c > 90\%$ ) e admitindo que não tem contaminantes, este poderá ser incluído em qualquer uma das três classes estabelecidas (MR1, MR2 e MR3).

Os materiais que se colocam numa vala podem ser divididos em várias categorias dependendo do objetivo da camada e do lugar que ocupam. Na Figura 37 está representada um corte transversal ilustrativo da esquematização de uma vala.



Figura 37: Representação das categorias na vala.

Comparando as propriedades do material com os requisitos mínimos apresentados na Tabela 20, conclui-se que este pode ser incluído nas categorias Camada Envolvente (CE), Leito de Assentamento (LA) caso o diâmetro nominal (DN) da tubagem seja maior ou igual a 200mm, bem como Parte Superior do aterro 2 (PSA2) e Parte Inferior de Aterro (PIA).

**Tabela 20: Propriedades e requisitos mínimos de conformidade dos materiais reciclados para aplicação em preenchimento de valas**

Requisitos de conformidade		Categoria		
		CE/LA	PSA2/PIA	PSA1
Parâmetros	Propriedade	MR3	MR1, MR2 E MR3	MR1
<b>Geométricos e de natureza</b>	Dimensão máxima das partículas ( $D_{m\acute{a}x}$ )	$\leq 20$ mm, se $DN \leq 200$ $\leq 40$ mm, se $200 \leq DN \leq 600$ $\leq 63$ mm, se $DN > 600$	$\leq 180$ mm	$\leq 80$ mm
	Teor de finos (menor ou igual a 0,063)	$\leq 12\%$	-	$\leq 12\%$
	Qualidade dos finos	-	-	$< 2,0$
<b>Comportamento mecânico</b>	Resistência a fragmentação (LA)	-	-	$\leq 45$
	Resistência ao desgaste (MDE)	-	-	$\leq 45$
<b>Químicos</b>	Teor sulfatos solúveis em água	$\leq 0,7\%$	$\leq 0,7\%$	$\leq 0,7\%$
	Libertação de substâncias perigosas	Classificação como resíduos para deposição em aterro para resíduos inertes		

Visto que não se conhece a resistência ao desgaste micro-Deval (MDE), não é possível avaliar se o material poderá ser aplicado na Parte Superior de Aterro 1 (PSA1). Note-se, porém, que os restantes requisitos para esta categoria (com exceção da libertação de substâncias perigosas que não foi avaliada) são cumpridos.

Com base na informação apresentada na Tabela 21, conclui-se que, excluindo a Parte Superior de Aterro (PSA1), o material poderá ser utilizado em todas as camadas de uma vala sob passeios e espaços verdes (admitindo que o diâmetro nominal da tubagem é superior a 200mm) e, poderá ser utilizado na Camada Envolvente (CE), no Leito de Assentamento (LA) e na Parte Inferior de Aterro (PIA) em valas sob pavimentos de infraestruturas de transporte.

Tabela 21: Campo de aplicação de materiais

Categoria	Classe	Aplicação		
		Sob pavimentos de infraestrutura de transporte	Sob passeios	Sob espaços verdes
PSA1	MR1	√	√	√
PSA2	MR1, MR2	x	√	√
PIA	E MR3	√	√	√
CE/LA	MR3	√	√	√

#### 4.2.4.3 Viabilidade de utilização em caminhos rurais e florestais

A especificação LNEC E 484 [65] estabelece os requisitos mínimos de utilização de material reciclado proveniente de RCD em caminhos rurais e florestais.

Para avaliar a viabilidade de utilização de um material proveniente de RCD, este deve começar por ser classificado com base os seus constituintes, em pelo menos uma das três classes de materiais definidas na especificação (Tabela 22).

Tabela 22: Classificação dos materiais provenientes de RCD, de acordo com a proporção dos constituintes

Classe	Proporção dos constituintes					
	$R_c+R_u+R_g$ (%)	$R_g$ (%)	$R_a$ (%)	$R_b+R_s$ (%)	$F_L$ (cm <sup>3</sup> /kg)	X (%)
CRA	Sem limite	≤25	Sem limite	Sem limite	≤5	≤1
CRB	≥ 20	≤5	≤80	≤10	≤5	≤1
CRC	≥ 50	≤5	≤30	≤10	≤5	≤1

Atendendo a que o material estudado é proveniente de betão ( $R_c > 90\%$ ) e admitindo que não tem contaminantes, este poderá ser incluído em qualquer uma das três classes apresentadas na Tabela 22 (CRA, CRB e CRC).

Comparando as propriedades do material com os requisitos mínimos apresentados na Tabela 23, conclui-se que este pode ser incluído nas categorias CR1, CR2 e CR3.

**Tabela 23: Propriedades e requisitos mínimos dos materiais provenientes de RCD para caminhos rurais e florestais**

Requisitos de conformidade		Categoria			
		CR1	CR2	CR3	CR4
Parâmetros	Propriedade	CRA, CRB, CRC	CRA, CRB, CRC	CRB, CRC	CRC
Geométricos e de natureza	Dimensão máxima das partículas ( $D_{máx}$ )	$D_{máx} \leq 180$ mm	$D_{máx} \leq 80$ mm	$D_{máx} \leq 40$ mm	$D_{máx} \leq 40$ mm
	Teor de finos (menor ou igual a 0,063)	-	$\leq 12\%$	$\leq 12\%$	$\leq 12\%$
	Qualidade dos finos	-	$\leq 2,0$	$< 2,0$	$< 1,0$
Comportamento mecânico	Resistência a fragmentação	-	$LA \leq 50$	$LA \leq 45$ ou $MDE \leq 45$	$LA \leq 40$ ou $MDE \leq 40$
	Resistência ao desgaste	-	-		
Químicos	Teor sulfatos solúveis em água	$\leq 0,7\%$	$\leq 0,7\%$	$\leq 0,7\%$	$\leq 0,7\%$
	Libertação de substâncias perigosas	Classificação como resíduos para deposição em aterro para resíduos inertes			

Com base na informação descrita na especificação, conclui-se que o material poderá ser utilizado em aterros para caminhos rurais e florestais, como leito do pavimento ou sub-base e para base do pavimento [65]. Só não poderá ser aplicado em Camada de desgaste não revestida pois precisaria de ser uma categoria CR4, que não é alcançada porque o

valor da resistência à fragmentação de Los Angeles ultrapassa ligeiramente o valor limite imposto pela especificação.

#### 4.2.4.4 Considerações finais

Com base na análise efetuada nas subsecções anteriores concluiu-se que o material proveniente do Porto de Aveiro teria várias aplicações. A inviabilidade da realização dos ensaios de lixiviação e do ensaio de desgaste micro-Deval limitaram as conclusões retiradas da análise. No entanto é importante realçar que o objetivo fundamental passou por perceber como analisar as especificações do LNEC e como podem ser utilizadas numa situação real de aplicação.

Assim, com os valores obtidos da caracterização laboratorial, o material em estudo poderia ter as aplicações apresentadas na Tabela 24.

Tabela 24: Possíveis aplicações do material reciclado agregado da valorização do porto de Aveiro

Especificação	E 474	E 485			E 484		
Aplicações	Aterro e Camada de Leito de infra-estruturas de transporte	Preenchimento de valas			Caminhos rurais e florestais		
Classificação	B e C	MR1, MR2 e MR3			CRA, CRB e CRC		
Categoria	MAT 1	PSA 2	CE/LA	PIA	CR1	CR2	CR3
Aplicação	Aterro	Sob Passeios e Espaços Verdes	Sob Pavimentos de infraestrutura de transporte, passeios e espaços verdes	Sob Pavimentos de infraestruturas de transporte, passeios e Espaços Verdes	Aterros para caminhos rurais e florestais	Leito de pavimento ou sub-base e aterros para caminhos rurais e florestais	Base do pavimento, Leito de pavimento ou sub-base e aterros para caminhos rurais e florestais

## **4.3 Marcação CE**

### **4.3.1 Introdução**

A obtenção de material reciclado surge de operações de valorização que podem ser realizadas em instalações de OGR ou em operações de valorização efetuadas em obra, como o caso prático referido no caso de estudo.

A marcação Conformidade Europeia (CE) é uma ferramenta de extrema importância e de caráter obrigatório se desejada a comercialização do produto. De referir que é entendimento da Agência Portuguesa do Ambiente que um material proveniente de RCD só pode ser considerado um agregado reciclado se tiver marcação CE.

A obtenção de marcação CE de um produto garante a conformidade do produto de construção com o desempenho declarado pelo fabricante de origem, criando todas as condições para que o mesmo seja livremente comercializado em todo o Espaço Económico Europeu (EEE) e na Turquia [66].

A realização de ensaios de caracterização do produto obtido no processo produtivo, são fundamentais para encontrar resultados técnicos e analisar se os mesmos correspondem aos valores estabelecidos pelas normas harmonizadas Europeias.

O processo de caracterização tem de ser realizado, obrigatoriamente, em laboratórios acreditados e os resultados obtidos são anexados à documentação técnica, necessária para provar que o produto satisfaz os requisitos exigidos pela União Europeia.

Desta forma, são realizadas, anualmente, auditorias técnicas de modo a garantir a conformidade dos produtos e efetuar a renovação da marcação CE.

### **4.3.2 Processo de marcação CE**

No processo de obtenção da marcação CE é imperativo que o fabricante, como único responsável pela declaração de conformidade do produto, garanta essa conformidade e o cumprimento de especificações e requisitos, em matéria de segurança, saúde e proteção do ambiente na União Europeia [67].

Desta forma, é necessário para obter a marcação CE que o produto garanta os seguintes pontos [67]:

1. Garantir a conformidade com todos os requisitos a nível da UE relevantes;
2. Determinar se pode avaliar o seu próprio produto ou se tem de recorrer a organismos certificados, como por exemplo se o produtor tem capacidade de caracterizar o seu material ou se necessita de laboratórios certificados;
3. Estabelecer um dossier técnico que documente a conformidade (documentação técnica ou Manual de Controlo);
4. Redigir e assinar uma declaração de conformidade da União Europeia [67].

Por isso é de extrema importância que na instalação do OGR seja implementado um sistema de Controlo de Produção em Fábrica (CPF) que garanta os requisitos enumerados ao longo do Anexo B da norma NP EN 13242:2002 [56].

Entre os diversos requisitos o produtor deve nomear para cada unidade de produção de agregados uma pessoa responsável e com autoridade para garantir competências características técnicas, de forma a verificar a correta execução dos trabalhos.

Para corresponder às exigências da marcação, o produtor deve elaborar um Manual de Controlo, que discrimina todos os procedimentos que asseguram a satisfação dos requisitos do controlo da produção, este manual vai ser fundamental para o normal funcionamento da instalação [56].

Posto isto, é necessário definir tarefas de cada interveniente para o correto funcionamento do processo produtivo, daí a necessidade de técnicos e operadores especializados para a realização das diversas tarefas, de forma que o produtor garanta o correto funcionamento da instalação e cumpra os parâmetros da marcação.

Na Figura 38 apresenta-se um possível organograma de uma instalação de valorização de RCD, com produção de agregados reciclados para comercialização.

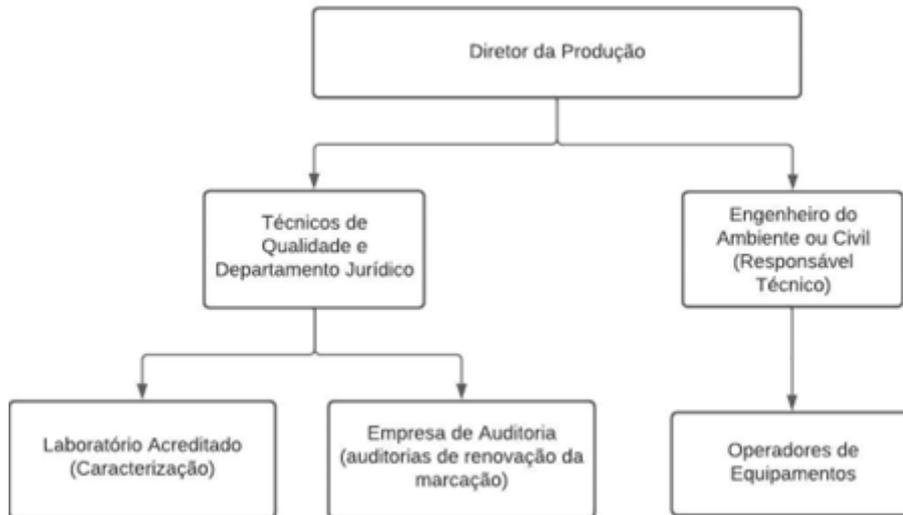


Figura 38: Organograma da instalação- Controlo de Produção.

Desta forma, é importante salientar que para assegurar a obtenção da marcação CE, todo processo produtivo necessita de garantir um produto (material reciclado) em conformidade com os pontos anteriormente referidos.

Somente podem obter a marcação CE materiais de construção que satisfaçam uma aprovação técnica europeia ou, na ausência desta, cumpram especificações técnicas nacionais para cumprirem os requisitos essenciais [68].

Desta forma um processo produtivo que não garanta a conformidade do produto, é negada a obtenção da marcação, daí a importância da realização de ensaios de caracterização, de maneira a garantir a uniformidade do produto e a garantir níveis de qualidade no processo produtivo.

A obtenção de produtos que obedeçam as normas de qualidade e segurança contribui para o reforço da confiança dos consumidores, facilitando o acesso aos mercados [68].

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

### 5.1 Conclusões

A situação atual de desenvolvimento das sociedades dita um aumento da produção de Resíduos de Construção e Demolição (RCD), surgindo assim a necessidade urgente da criação de sistemas de valorização eficazes para reaproveitar esta tipologia de resíduos, preservando assim a exploração de recursos naturais.

Os principais pontos a evidenciar resultantes da elaboração desta dissertação são que as operações de valorização de resíduos de construção e demolição têm potencial para auxiliar a alcançar as metas estabelecidas, como os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável definidos pela Organização das Nações Unidas para o ano de 2030 e os dispostos na diretiva quadro de resíduos com vista à valorização dos RCD não perigosos. O estudo realizado permitiu aferir que a implementação de um Operador de Gestão de Resíduos (OGR) é um processo complexo, que envolve a colaboração de várias entidades para a sua implementação, mas destaca-se como uma solução viável para a correta gestão de RCD, pois exibirá um leque de processos e equipamentos que lhe permite uma maior aceitação de materiais secundários na economia contribuindo para uma taxa de valorização superior.

Verifica-se que para as operações de valorização em obra a quantidade de resíduos gerados é inferior, mas esta apresenta muitas vantagens, uma vez que estando no seu local de origem, o processo de separação é facilitado podendo obter um produto (ainda que classificado como resíduo), com uma menor percentagem de contaminantes, permitindo a posterior produção de um material reciclado de boa qualidade e uma gestão o mais próxima possível da origem, condizente com as melhores práticas ambientais.

Em ambas as situações, e no contexto da valorização dos resíduos inertes, pode concluir-se que operações de valorização por triagem e fragmentação/britagem, são uma ótima forma de atingir as metas anteriormente mencionadas.

No caso de estudo apresentado no âmbito desta dissertação foi utilizado um equipamento de valorização móvel da empresa, que permitiu que fosse mais acessível todo o processo logístico (transporte e processamento), representando uma redução de

gastos significativa, tornando esta hipótese competitiva no mercado, comparativamente com os equipamentos utilizados atualmente para o mesmo efeito.

O material analisado proveniente da operação de valorização pode apresentar diversas aplicações, tais como a utilização em aterro e camada de leito de infraestrutura de transporte, em preenchimento de valas nas quais o material pode ser usado em sob pavimentos de infraestruturas de transporte, passeios e espaços verdes e pode ainda ser aplicado em caminhos rurais e florestais.

Para que o material obtido num processo de valorização adquira a capacidade de comercialização terá de passar pelo processo de marcação CE. Assim, os aspetos burocráticos, mais do que os aspetos técnicos, poderão constituir-se como barreiras ao aumento de escala destas soluções.

Por fim, torna-se fundamental dar continuidade à implementação de soluções de valorização de resíduos de construção e demolição junto de empresas do setor procurando a promoção destas operações de valorização e aumentando a confiança na utilização de material reciclado de qualidade.

## **5.2 Desenvolvimentos futuros**

No sentido de dar seguimento aos estudos realizados, este capítulo apresenta algumas recomendações futuras.

Mostra-se necessária a contínua procura de planos de ação, protocolos e projetos de gestão de RCD, para além dos que foram descritos ao longo da dissertação.

Será pertinente dar continuidade a estudos de valorização em obra, nomeadamente recorrendo a equipamentos (tais como os britadores) que tornem os processos de valorização viáveis do ponto de vista económico e logístico.

Seria relevante a realização futura de uma caracterização do material relativamente ao seu comportamento de lixiviação assim como o desenvolvimento de estudos de reintegração de diferentes matérias-primas secundárias no setor.

## REFERÊNCIAS

1. Silva, E. (2020). *Aula de Introdução aos Resíduos Sólidos*. Faculdade de Ciências da Universidade do Porto.
2. Organização das Nações Unidas (ONU). (2015). *ODS: Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*. <https://ods.pt/ods/> (accessed January 15, 2023) .
3. Aslam, M.S., Huang, B. e Cui, L. (2020). *Review of construction and demolition waste management in China and USA*. *Journal of Environmental Management* ,264, Paper 110445. DOI: 10.1016/j.jenvman.2020.110445.
4. Pereira, P.M., Ferreira, F.B., Vieira, C.S. e Lopes, M.L. (2020). *Use of recycled C&D wastes in unpaved rural and forest roads –feasibility analysis*. *Wastes: Solutions, Treatments and Opportunities III*. DOI: 10.1201/9780429289798.
5. Comissão Europeia. (2016). *Protocolo de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição da UE*.  
<https://apambiente.pt/sites/default/files/Residuos/FluxosEspecificosResiduos/RCD/PT-TRA-01%20-%20final.pdf> (accessed December 15, 2022).
6. Diário da República 2020, Decreto Lei n.º 102-D/2020 de 10 de dezembro- *Aprova o regime geral da gestão de resíduos, o regime jurídico da deposição de resíduos em aterro e altera o regime da gestão de fluxos específicos de resíduos, transpondo as Diretivas (UE) 2018/849, 2018/850, 2018/852*.
7. Comissão Europeia.(2011). A project under Framework contract, ENV.G.4/FRA/2008/0112 Service Contract on Management of Construction and Demolition Waste SR1 Final report Task 2.  
<https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0c9ecefcd07a-492e-a7e1-6d355b16dde4> (accessed January 21, 2023).
8. Salgado, F.A. e Silva, F.A. (2022). *Recycle aggregates from construction and demolition waste towards an application on structural concrete: A review*. *Journal of Building Engineering*,52, Paper 104452, DOI: 10.1016/j.job.2022.104452.

9. Salvi, C. (2020). *Estudo da viabilidade da utilização de agregados reciclados provenientes de RCD em estradas rurais e florestais*, Tese de Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 129p.
10. Ruiz, L.A., Ramón, X.R. e Domingo, S.G. (2019). *The circular economy in the construction and demolition waste sector- a review and an integrative model approach*. *Journal of Cleaner Production*, 248, Paper 119238. DOI: 10.1016/j.jclepro.2019.119238.
11. Eurostat Explained. (2019). *Energy, transport and environment statistics* . <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/10165279/KS-DK-19-001-EN-N.pdf/76651a29-b817-eed4-f9f2-92bf692e1ed9?t=1571144140000> (accessed January 22, 2023). DOI: 10.2785/660147
12. Environmental Protection Agency (EPA) .(2016). *Advancing Sustainable Materials Management: 2014 Fact Sheet, Assessing Trends in Material Generation, Recycling, Composting, Combustion with Energy Recovery and Landfilling in the United States*. [https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-11/documents/2014\\_smmfactsheet\\_508.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2016-11/documents/2014_smmfactsheet_508.pdf) (accessed January 13, 2023).
13. Brito, J. (2006). Workshop. *A Reciclagem de Resíduos de Construção e Demolição, AveiroDomus, Projecto Casa do Futuro*. [https://www.researchgate.net/publication/286777533\\_A\\_Reciclagem\\_de\\_Residuos\\_da\\_Construcao\\_e\\_Demolicao](https://www.researchgate.net/publication/286777533_A_Reciclagem_de_Residuos_da_Construcao_e_Demolicao) (accessed December 10, 2022).
14. Tam, V.W., Soomro, M. e Evangelista, A.C. (2018). *A review of recycled aggregate in concrete applications (2000–2017)* . *Construction and Building Materials* ,172, p 272-292. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2018.03.240.
15. Gálvez-Martos, J., Styles, D., Schoenberger, H. e Zeschmar-Lahl, B. (2018). *Construction and demolition waste best management practice in Europe*. *Resources, Conservations and Recycling*, 136, p 166-178. DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.04.016.
16. Vieira, C.S. e Pereira, P.M. (2022). *A Literature Review on the Use of Recycled Construction and Demolition Materials in Unbound Pavement Applications*. *Sustainability*, 14(21), 13918. DOI: 10.3390/su142113918.

17. European Environment Agency (EEA). (2020). ETC/WMGE Report 1/2020. *Construction and Demolition Waste: Challenges and Opportunities in a Circular Economy*. <https://www.eea.europa.eu/publications/construction-and-demolition-waste-challenges> (accessed January 10, 2023)
18. Pereira, P.M. e Vieira, C.S. (2013). *Resíduos de Construção e Demolição. Um estado de arte visando a sua valorização em Trabalhos Geotécnicos, Relatório de Investigação no âmbito do projeto “Aplicação sustentável de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) em estruturas reforçadas com geossintéticos – RCD-VALOR (PTDC/ECM-GEO/0622/2012)*.
19. Bernardo, E. (2021). *Gestão de Resíduos de Construção e Demolição: Metodologia de Demolição Seletiva*, Tese de Mestrado de Engenharia Civil em Especificação em Construções, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 81p.
20. Agência Portuguesa do Ambiente (APA).(2020). *Guia de Classificação de Resíduos*. [https://apambiente.pt/sites/default/files/2021-06/Guia%20de%20Classifica%C3%A7%C3%A3o\\_vers%C3%A3o%202.0\\_20200107.pdf](https://apambiente.pt/sites/default/files/2021-06/Guia%20de%20Classifica%C3%A7%C3%A3o_vers%C3%A3o%202.0_20200107.pdf) (accessed January 15, 2023).
21. Comissão Europeia.(2021). *Amianto, Saúde e Segurança*. [https://ec.europa.eu/taxation\\_customs/dds2/SAMANCTA/PT/Safety/Asbestos\\_PT.htm](https://ec.europa.eu/taxation_customs/dds2/SAMANCTA/PT/Safety/Asbestos_PT.htm) (accessed December 15, 2022).
22. Autoridade para as Condições de Trabalho (ACT). *Ação de Sensibilização: Levantamento de Edifícios, instalações e equipamentos públicos com Amianto*. [https://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/CentroInformacao/DossiersTematicos/Documents/Apresentacao\\_Amianto.pdf](https://www.act.gov.pt/(pt-PT)/CentroInformacao/DossiersTematicos/Documents/Apresentacao_Amianto.pdf) (accessed December 20, 2022).
23. Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2020). *Resíduos de Construção e Demolição com Amianto*. <https://apambiente.pt/residuos/residuos-de-construcao-e-demolicao-com-amianto> (accessed December 20, 2022).
24. European Commission, Directorate-General for Environment. (2018). *Impacts of circular economy policies on the labour market: final report and annexes*, Cambridge Econometrics, and ICF, Editor. <https://data.europa.eu/doi/10.2779/574719> (accessed January 20, 2023).

25. Comissão Europeia. (2020). *Um novo Plano de Ação para a Economia Circular, Construção e edifícios*. [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0022.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0022.02/DOC_1&format=PDF) (accessed December 5, 2022).
26. European Commission. (2022). *Level(s) European framework for sustainable things*. [https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels\\_en](https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_en) (accessed January 31, 2023).
27. LIPOR and SmartWaste Portugal and AMPorto. (2020). *Plano de Ação para Gestão Sustentável dos RCD na AMP*. [http://portal.amp.pt/media/documents/2020/09/21/1\\_Plano\\_de\\_Acao\\_para\\_os\\_RCD\\_versaofinal.pdf](http://portal.amp.pt/media/documents/2020/09/21/1_Plano_de_Acao_para_os_RCD_versaofinal.pdf) (accessed January 10, 2023).
28. Parlamento Europeu 2008, Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de Novembro de 2008- *relativa aos resíduos e que revoga certas directivas*. Jornal Oficial da União Europeia, UE, L 312 de 22/11/2008.
29. Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2018). *Resíduos de Construção e Demolição- Resultados 2018- Taxa de Valorização*. <https://apambiente.pt/residuos/residuos-de-construcao-e-demolicao> (accessed February 5, 2023).
30. Diário da República 2015, Decreto-Lei n.º 80/2015, de 14 de maio- *Aprova a revisão do Regime Jurídico dos Instrumentos de Gestão Territorial, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 380/99, de 22 de setembro*.
31. Direção Geral do Território, Centro de Estudos de Geografia e Ordenamento do Território, Comissão de Coordenação e Desenvolvimento Regional, Instituto Português do Mar e da Atmosfera, APA, Instituto da conservação da Natureza e Florestas, Instituto da Mobilidade e Transportes Terrestres e Instituto da Habitação e Reabilitação Urbana. (2020). *Revisão do PNOT-Programa Nacional da Política de Ordenamento do Território: Lei n.º.99/2019 de 5 de setembro*. [https://pnpot.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/V01\\_Ingl\\_DRE\\_EstratPNPOT\\_2020.pdf](https://pnpot.dgterritorio.gov.pt/sites/default/files/V01_Ingl_DRE_EstratPNPOT_2020.pdf) (accessed October 15, 2023).
32. Diário da República 2017, Decreto Legislativo Regional n.º 18/2017/M- *Desenvolve as bases da política pública de solos, de ordenamento do território e*

- de urbanismo na Região Autónoma da Madeira, contidas na Lei n.º 34/2014 de 30 de maio, e define o respetivo sistema regional de gestão territorial.*
33. Diário da República 1999, Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro- *Estabelece o Regime Jurídico de Edificação (RJUE).*
  34. Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2022). *Avaliação e Gestão Ambiental: SILIAmb*. <https://apambiente.pt/avaliacao-e-gestao-ambiental/modulo-lua-no-siliamb> (accessed December 12, 2022).
  35. Diário da República 2015, Portaria n.º 399/2015, de 5 de novembro- *Estabelece os elementos que devem instruir os procedimentos ambientais previstos no regime de Licenciamento Único de Ambiente, para atividades industriais ou similares a industriais, nomeadamente, operações de gestão de resíduos e centrais termoelétricas, exceto centrais solares.*
  36. Diário da República 2017, Portaria n.º. 137/2017, de 12 de abril- *Determina a aprovação do modelo do Título Único Ambiental (TUA).*
  37. Agência Portuguesa do Ambiente (APA). (2022). *TUA- Título Único de Ambiental*. <https://apambiente.pt/avaliacao-e-gestao-ambiental/titulo-unico-ambiental> (accessed December 10, 2022).
  38. Diário da República 2011, Decreto-Lei n.º 73/2011 de 17 de junho-*Procede a terceira alteração ao Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro, transpõe a Diretiva n.º 2008/98/CE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de novembro, relativa aos resíduos, e procede à alteração de diversos regimes jurídicos na área dos resíduos.*
  39. Pereira, L.H., Jalali, S. e Aguiar, J.B. (2004) . *Viabilidade Económica de uma Central de Tratamento de Resíduos de Construção e Demolição*. Comunicação apresentada no Encontro de Novas Problemáticas para Gestão dos Resíduos, Universidade do Minho, Departamento de Engenharia Civil. <https://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/2596> (accessed December 15, 2022).
  40. Neto, R.O., Gastineau, P., Cazacliu, B.G., Le Guen, L., Paranhos, R.S. e Petter, C.O. (2017). *An economic analysis of the processing technologies in CDW recycling platforms*. *Waste management* ,60, p 277-289. DOI: 10.1016/j.wasman.2016.08.011

41. Coelho, A. e Brito, J. (2013). *Economic viability analysis of a construction and demolition waste recycling plant in Portugal e part I: location, materials, technology and economic analysis*. *Journal of Cleaner Production*, 39, p 338-352. DOI: 10.1016/j.jclepro.2012.08.024.
42. SOLLAU, M.s. *Advantages of the suspended magnet DND-MC*. <https://www.sollau.com/overband-magnetic-plates-dnd-mc> (accessed November 10, 2022).
43. BIANNA. <https://bianna.com/pt-pt/crivo-rotativo/>. <https://bianna.com/pt-pt/downloads/> (accessed November 15, 2022).
44. Rodrigues, M. (2009). *Estações de Triagem: Caracterização e avaliação da situação nacional*, Tese de Mestrado em Engenharia Sanitária, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, 153p.
45. Ashkiki, A.R., Felske, C. e McCartney, D. (2019). *Impacts of seasonal variation and operating parameters on double-stage trommel performance*. *Waste management*, 86, p 36-48. DOI: 10.1016/j.wasman.2019.01.026.
46. Ecostar. *DDS patented technology for disc screening*. <https://ecostar.eu.com/technologies/dds-dynamic-disc-screening/> (accessed November 22, 2022).
47. Gomes, C. (2015). *Indicadores de Eficiência entre “Crivo Granulométrico Diferenciado vs Crivo de Discos Dinâmicos” para Separação de Materiais Recicláveis e Matéria Orgânica –Caso de Estudo na RESINORTE SA*, Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia: Universidade Nova de Lisboa, 136p.
48. Huang, W., Lin, D., Chang, N. e Lin, K. (2002). *Recycling of construction and demolition waste*. *Resources, Conservation and Recycling*, 37, p 23-37. DOI: 10.1016/S0921-3449(02)00053-8.
49. Pereira, P.M., Vieira, C.S. e Lopes, M.L. (2021) .*Viabilidade do uso de um agregado reciclado de Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no preenchimento de valas*, XVII Congresso Nacional de Geotecnia: A Geo, as ciências e a tecnologia, X Congresso Luso-Brasileiro de Geotecnia: Segurança de obras geotécnicas, Lisboa.

50. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) .(2009). *Especificação LNEC E474-guia para a utilização de materiais reciclados provenientes de Resíduos de Construção e Demolição em aterro e camada de leito de infra-estruturas de transporte.*
51. Algarvio, D. (2009). *Reciclagem de resíduos de construção e demolição: Contribuição para controlo do processo*, Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Ciências e Tecnologia (FCT), 92p.
52. Ronaldo, Z. (2019). LinkedIn publication. *Melhore a performance do seu britador!* . <https://www.linkedin.com/pulse/melhore-performance-do-seu-britador-zamboni-ronaldo/?originalSubdomain=pt> (accessed November 17,2022).
53. Silva, A. (2020). *Aula de Laboratório de Modelamento e Pesquisa em Processamento Mineral- capítulo III Britagem*, Universidade de Goiás-UFG, Editor. [https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1201/o/C\\_C\\_III\\_-\\_Britagem.pdf?1625193001](https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/1201/o/C_C_III_-_Britagem.pdf?1625193001) (accessed November 5, 2023)
54. Guide Direct Industry. *Como escolher um britador.* <https://guide.directindustry.com/pt/que-britador-escolher/> (accessed November 10, 2022).
55. Armatmontree, A., San-Um, W. e Keatmanee, C. (2018). *Design and Analysis of a Hammer Mill Machine in High-Efficacy Recycle Process. International Conference and Utility Exhibition on Green Energy for Sustainable Development (ICUE)*, Thailand. DOI: 10.23919/ICUE-GESD.2018.8635728.
56. Norma Portuguesa. (2010). NP EN 13242:2002+A1: *Agregados para materias não ligados ou tratados com ligantes hidráulicos utilizados em trabalhos de engenharia civil e na construção rodoviária*.IPQ.
57. Norma Portuguesa. (2014). NP EN 933-1: *Ensaio das propriedades geométricas dos agregados Parte 1: Análises granulométrica Método da Peneiração*. IPQ.
58. Norma Portuguesa. (2022). NP EN 1097-6: *Determinação da Absorção de água e densidade*.IPQ.
59. Norma Portuguesa. (2022). NP EN 933-9: *Teste do Azul de Metileno*.IPQ.

60. Norma Portuguesa. (2020). NP EN 1097-2 : *Tests for mechanical and physical properties of aggregates - Part 2: Methods for the determination of resistance to fragmentation*. IPQ.
61. Norma Portuguesa. (2006). NP EN 196-2: *Métodos de ensaio de cimento*. IPQ.
62. Norma Portuguesa. (2000). NP EN 1744-1: *Ensaio para a determinação das propriedades químicas dos agregados Parte 1: Análise química*. IPQ.
63. Barbudo, A., Galvín, A.P., Agrela, F., Ayuso, J. e Jiménez, J.R. (2012). *Correlation analysis between sulphate content and leaching of sulphates in recycled aggregates from construction and demolition wastes*. *Waste Management*, 32, p 1229-1235. DOI: 10.1016/j.wasman.2012.02.005.
64. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). (2016). *Especificação E 485: Guia para a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição em preenchimento de valas*.
65. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). (2016). *Especificação E484: Guia para a utilização de materiais provenientes de Resíduos de Construção e demolição em caminhos rurais e florestais*.
66. Diário da República 2013, *Decreto-Lei n.º 130/2013, de 10 de setembro 2013- Assegura a execução na ordem jurídica interna das obrigações decorrentes do Regulamento (UE) n.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2011, que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção e que revoga a Diretiva 89/106/CEE do Conselho, de 21 de dezembro de 1988*.
67. Commission European. (2022). *Marcação CE*.  
[https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index\\_pt.htm](https://europa.eu/youreurope/business/product-requirements/labels-markings/ce-marking/index_pt.htm) (accessed January, 2023).
68. Barata, L. (2018). *Controlo de qualidade de agregados para marcação CE*, Tese de Mestrado em Geologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 58p.
69. Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC). (2021). *Relatório R2 CLOSER- Auditorias Pré-Demolição Enquadramento Conceptual*.  
[https://www.eeagrants.gov.pt/media/5743/rel\\_closer\\_r2\\_enquadramento\\_concetual.pdf](https://www.eeagrants.gov.pt/media/5743/rel_closer_r2_enquadramento_concetual.pdf) (accessed October, 2022).

70. Silva, M. (2010). *Aproveitamento de Materiais Resultantes de uma Demolição Selectiva*, Tese de Mestrado em Engenharia do Ambiente, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 67p.

# ANEXOS

## **Anexo A: Projeto CLOSER**

O projeto tem o objetivo de reduzir a geração de RCD, minimizar a presença de substâncias perigosas e promover a valorização de RCD [69].

O consórcio CLOSER junta entidades como o LNEC, a APA e o Instituto dos Mercados Públicos, Imobiliário e Construção (IMPIC), entidades com capacidade técnica e experiência na área da construção civil e ambiente no panorama nacional [69].

Foi realizado um caso de estudo, na empreitada do Projeto de Modernização do troço Mira Sintra-Meleças- Torres Vedras no Cais Coberto da Malveira.

Todo este projeto impõe uma participação ativa por parte das empresas na melhor gestão de materiais e RCD, um esforço das autarquias em fiscalizar as descargas ilegais de forma a reduzi-las e a sensibilização social relativa a redução de materiais.

Posto isto, atualmente, o Projeto CLOSER ainda não se encontra em utilização, mas foi criado para ser uma opção válida contra o aumento de RCD e a falta de aproveitamento do mesmo.

Está previsto aquando da implementação do projeto que as substâncias perigosas nos RCD sofram uma redução significativa evitando contaminações de material possivelmente reutilizável, um aumento na produção e na confiança nos produtos provenientes de RCD [69].

O caso de estudo (Project CLOSER), foi aplicado no Cais Coberto da Malveira, representado na Figura 39, onde está representada a localização específica do local onde foi aplicada a primeira vez a ferramenta. Inicialmente foi necessário a compreensão do material que teria de ser demolido para entender em quais as operações de valorização a realizar.



Figura 39: Localização do Cais Coberto da Malveira.

A criação de um inventário em que consta todos os materiais que resultam da demolição, assim como informações relativas com a quantidade, o código LER, a localização, precauções a tomar e o destino recomendado por tipologia de resíduo. Este tipo de organização de informação permite que no final seja realizado um resumo da auditoria, em que é possível analisar de forma global qual a tipologia de resíduo mais incidente a demolir, a percentagem prevista de reutilização, assim como as quantidades previstas produzidas.

Foi efetuado o levantamento fotográfico dos seguintes materiais e mencionadas possíveis reutilizações:

- Amianto, como referido anteriormente sendo um resíduo perigoso, não apresenta qualquer tipo de valorização sendo a sua remoção, encaminhamento e eliminação processada por entidades licenciadas para o efeito.

Na Figura 40 está o registo fotográfico da estrutura a demolir com amianto.



**Figura 40: Registo fotográfico da estrutura com amianto presente no Cais.**

- Madeira, é um material que normalmente é utilizado em revestimentos, mobiliário, portas, janelas, entre outros. A madeira quando em bom estado pode apresentar valor comercial e pode ser retirada na íntegra, depois temos a madeira reconstruída ou manufaturada que pode ser madeira maciça, contraplacados e aglomerados, podendo também ser madeiras pintadas com latex ou tinta de óleo e a madeira proveniente da separação de misturas de RCD [70].

No caso da demolição do Cais, como demonstra a Figura 41, a madeira foi reutilizada num outro coberto de outro cais, sendo que a qualidade foi considerada aceitável para a reutilização;



**Figura 41: Registo fotográfico da madeira presente no Cais.**

- Betão, sendo identificado nas colunas e nas vigas, visível na Figura 42, podem originar um material reciclado, podendo ter várias aplicações de acordo com especificações criadas para a sua utilização.



**Figura 42: Registo fotográfico do betão presente no Cais.**

- Alvenaria; as paredes de alvenaria detetadas no cais, como demonstra a Figura 43, podem ser demolidas e originar agregados reciclados mistos;



**Figura 43: Registo fotográfico das paredes de alvenaria detetadas no Cais.**

- Telhas e estruturas de suporte, demonstrado na Figura 44, dão origem a materiais cerâmicos que poderão adquirir o código LER 170103, que podem ser reutilizadas quando em boas condições em outros projetos ou britadas e apresentam outras aplicações.



Figura 44: Registo fotográfico das telhas do Cais.

- Aço (Figura 45), foi detetado maioritariamente em portões, em vigas e vedações, podendo estes materiais ser facilmente valorizáveis e de fácil reutilização.



Figura 45: Registo fotográfico do aço presente no Cais.

Concluída a recolha de informação é fundamental uma programação detalhada das operações a efetuar e qual a sua ordem cronológica, foi então organizada a demolição pela seguinte ordem [69]:

1. Remoção das substâncias perigosas, neste caso em específico do amianto;
2. Retiro das caixas de amostra de solo, desmontagem da parte elétrica e de interruptores e remoção de cercas e tubos de aço;
3. Desmontagem de portas e janelas existentes;
4. Desconstrução do coberto em telha;

5. Desmontagem da estrutura de madeiras;
6. Demolição de paredes de alvenaria;
7. Demolição da parte estrutural: colunas e vigas.

## **Anexo B: Módulo preenchimento TUA e Regimes Jurídicos Aplicáveis**

O Módulo I tem a incidência na identificação do operador/empresa que quer obter a licença, em que é solicitado informações relativas à denominação social, a sede da empresa, etc.

O Módulo II consta a caracterização da instalação/estabelecimento, sua envolvente e atividades desenvolvidas.

O Módulo III vai incidir nos elementos no que toca produção e consumo de energia, a sua tipologia, equipamentos, os combustíveis utilizados na instalação.

O Módulo IV está relacionado com os Recursos Hídricos, Águas de abastecimento e da instalação, identificação da fonte de origem da água, captações de água superficiais ou subterrâneas (anexar TURH título de utilização de recursos hídricos).

O Módulo V está diretamente ligado às emissões para a atmosfera, em que existe a necessidade da identificação e caracterização dos poluentes que são emitidos e das medidas de controlo e tratamento.

O Módulo VI é um dos mais importantes pois relata a tipologia de resíduos produzidos e o local de armazenamento temporário.

O Módulo VII não se enquadra no tema, pois incide na produção de subprodutos de origem animal.

O Módulo VIII é relativo às fontes de ruído da instalação, sendo que é identificado as fontes de ruído e a caracterização qualitativa do ruído de acordo com o Regulamento Geral de Ruído (RGR).

O Módulo IX vai ser relativo aos elementos necessários a constar nas plantas.

Poderá ainda ser necessário listar (Módulo I) os regimes jurídicos aplicáveis, de acordo a tipologia da instalação e respetiva de implementação.

Os regimes jurídicos aplicáveis em cada licença variam conforme a complexidade da instalação, da tipologia de resíduos e as operações de eliminação e valorização, assim sendo pode ser ativado qualquer um dos regimes jurídicos representados:

- Regime de Emissões Industriais (REI);
- Regime jurídico da Prevenção de Acidentes Graves (RJPAG);
- Regime Jurídico de Avaliação de Impacte Ambiental (RJAIA);
- Regime Jurídico de utilização de Recursos Hídricos (RJURH);
- Comércio Europeu de Licenças de Emissão (CELE);
- Regime Geral de Gestão de Resíduos (RGGR);
- Regime Jurídico de deposição de resíduos em aterro;
- Regime Jurídico de gestão de resíduos das explorações de depósito minerais e de massas minerais;
- Regime da Prevenção e controlo de emissões de poluentes para a atmosfera;
- Regime Geral do Ruído (RGR).