



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

GUIA PORTUGUÊS PARA AUDITORIAS PRÉ-DEMOLIÇÃO



LABORATÓRIO NACIONAL
DE ENGENHARIA CIVIL

GUIA PORTUGUÊS PARA AUDITORIAS PRÉ-DEMOLIÇÃO

CLOSER – Close to Resources Recovery

Lisboa • dezembro 2023

I&D MATERIAIS

RELATÓRIO 438/**2023** – **DM/NBPC**

Título

GUIA PORTUGUÊS PARA AUDITORIAS PRÉ-DEMOLIÇÃO

Autoria

DEPARTAMENTO DE MATERIAIS

Isabel Milagre Martins

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Betões, Pedra e Cerâmicos

Seyed M.H.S. Rezvani

Bolseiro de Investigação, Núcleo de Betões, Pedra e Cerâmicos

Manuel Vieira

Investigador Auxiliar, Núcleo de Betões, Pedra e Cerâmicos

DEPARTAMENTO DE EDIFÍCIOS

Maria João Falcão Silva

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Economia, Gestão e Tecnologia da Construção

Ana Filipa Salvado

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Economia, Gestão e Tecnologia da Construção

Paula Margarida Carvalho Marques Couto

Investigadora Auxiliar, Núcleo de Economia, Gestão e Tecnologia da Construção

Copyright © LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL, I. P.

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA

e-mail: lnec@lnec.pt

www.lnec.pt

Relatório 438/2023

Proc. 0202/1101/22297, 0805/1101/2229701

GUIA PORTUGUÊS PARA AUDITORIAS PRÉ-DEMOLIÇÃO

Resumo

A realização de auditorias pré-demolição a edifícios requer o envolvimento de várias partes interessadas, desde o proprietário, ao projetista e ao empreiteiro, com vista a maximizar a recuperação de materiais e elementos construtivos e minimizar a quantidade de resíduos de construção e demolição, de modo a impulsionar a economia circular no setor da construção. Estas auditorias devem ser realizadas antes do projeto de demolição ou reabilitação do edifício, de acordo com recomendações comuns.

Para a realização dessas auditorias, foi desenvolvido este Guia Português para Auditorias Pré-Demolição e uma ferramenta em Excel com modelos padrão para a realização de um inventário aos recursos presentes no edifício. O inventário teve como base as orientações da União Europeia e do Quadro comum da União Europeia de Edifícios Sustentáveis – Níveis. Neste relatório, é apresentado o guia desenvolvido na tarefa T4 do projeto CLOSER.

Palavras-chave: Resíduos de construção e demolição / Guia / Auditorias pré-demolição / Economia circular / Reutilização / Reciclagem / Valorização

PORTUGUESE GUIDE FOR PRE-DEMOLITION AUDITS

Abstract

Conducting pre-demolition audits to buildings requires the involvement of various stakeholders, from the owner to the designer and the contractor, for the sake of maximising the recovery of materials and building elements and minimising the amount of construction and demolition waste to boost the circular economy in the construction sector. These audits should be performed prior to the demolition or rehabilitation design of buildings following common recommendations.

To carry out these audits, this Portuguese Guide for Pre-Demolition Audits and an Excel tool with standard templates for the realisation of an inventory of the materials resources present in the building were developed. The inventory was based on the European Union guidelines and on the European Union framework for sustainable buildings – Level(s). In this report, the guide developed in task 4 of the project CLOSER is presented.

Keywords: Construction and demolition waste / Guide / Pre-demolition audits / Circular economy / Reuse / Recycling / Recovery

Sumário executivo

Apesar de diversas políticas europeias visarem a minimização da produção de resíduos de construção e demolição e fomentarem a transição do setor da construção para um modelo de economia circular, verifica-se a necessidade de implementar ações específicas que permitam atingir estes objetivos. Atualmente e considerando apenas a fase final do ciclo de vida dos materiais, estas ações incluem, entre outras, a implementação de casos reais que demonstrem as vantagens do novo modelo nas vertentes ambiental, económica e social, bem como de inovações ao nível dos materiais de construção, ou a disponibilização de informação de qualidade sobre fluxos de materiais.

O projeto CLOSER – Close to Resources Recovery, ao elaborar um guia para auditorias pré-demolição ou reabilitação de edifícios, vai ao encontro do objetivo de aumentar a aplicação dos princípios da economia circular no setor da construção, contribuindo para a redução da geração de resíduos de construção e demolição, minimizando a presença de substâncias perigosas e promovendo a produção de materiais secundários de melhor qualidade.

As auditorias pré-demolição permitem registar os tipos e quantidades de materiais existentes prevendo de forma mais exata a composição dos fluxos de materiais e futuras aplicações.

O consórcio CLOSER junta o Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC), a Agência Portuguesa do Ambiente (APA) e o Instituto dos Mercados Públicos, Imobiliário e Construção (IMPIC), que possuem competências complementares, a nível nacional, nas áreas de obras de engenharia civil, meio ambiente e regulamentação da construção.

É expectável que os resultados do CLOSER tenham, a médio prazo, impactos significativos na reutilização dos materiais e na reciclagem dos resíduos provenientes de obras de reabilitação e demolição de edifícios, permitindo contribuir para o desenvolvimento do mercado de matérias-primas secundárias.

O CLOSER, com uma duração de um ano, é um projeto financiado a 85% pelo EEA Grants, ao abrigo do Programa Ambiente.

Índice

1	Introdução	1
2	Resíduos de Construção e Demolição.....	2
2.1	O que são resíduos de construção e demolição?	2
2.2	Os resíduos de construção e demolição são perigosos?	2
2.3	Qual o regime aplicável às operações de gestão de RCD?	4
3	Auditorias pré-demolição	6
3.1	O que é uma auditoria pré-demolição?.....	6
3.2	Quais os objetivos da auditoria pré-demolição?	6
3.3	Como se efetua a auditoria pré-demolição?	8
3.4	Como reportar o resultado da auditoria pré-demolição?	10
3.4.1	Organização da informação.....	11
3.4.2	Como utilizar	12
3.4.3	Detalhes do projeto	13
3.4.4	Inventário de recursos	13
3.4.5	Síntese da auditoria	14
3.4.6	Relatório da auditoria.....	15
3.5	Em que situações se aplica a auditoria pré-demolição?	16
3.6	Quem solicita a auditoria pré-demolição?.....	17
3.7	Quem são as partes interessadas na auditoria pré-demolição?	18
3.8	Quem realiza a auditoria pré-demolição?	20
3.9	Como é assegurada a qualidade da auditoria pré-demolição?	23
3.10	Quais os destinos recomendados?.....	23
4	Desconstrução de edifícios	28
4.1	Quais os destinos recomendados?.....	28
5	Síntese final.....	31
	Referências Bibliográficas	33
	ANEXOS.....	35
	ANEXO I Glossário	37
	ANEXO II Resíduos de construção e demolição	45
	ANEXO III Substâncias perigosas e materiais de construção	49
	ANEXO IV Recuperação de materiais e RCD.....	55

Índice de figuras

Figura 3.1 – Objetivos do Protocolo de Gestão de RCD da UE	7
Figura 3.2 – Identificação de fluxos na auditoria pré-demolição.....	7
Figura 3.3 – Informação resultante da auditoria pré-demolição.....	9
Figura 3.4 – Adaptação do processo de decisão na elaboração do inventário e das recomendações sobre gestão (Comissão Europeia, 2018)	10
Figura 3.5 – Guia Português de Auditorias Pré-Demolição: Modelos	11
Figura 3.6 – Folha de Instruções.....	12
Figura 3.7 – Detalhes do projeto	13
Figura 3.8 – Inventário de recursos.....	14
Figura 3.9 – Exemplo de síntese da auditoria.....	15
Figura 3.10 – Demolição ou reabilitação do edifício	17
Figura 3.11 – Potencial de circularidade (Eberhardt et al., 2019).....	18
Figura 3.12 – Hierarquia dos resíduos	24
Figura 4.1 – Reutilização de materiais e elementos e reciclagem de RCD	28
Figura 4.2 –Triagem de frações por piso	29

Índice de quadros

Quadro 2.1 – Subcapítulos do capítulo 17 da LER.....	2
Quadro 2.2 – Grupos de compostos químicos responsáveis pela perigosidade.....	3
Quadro 2.3 – Características de perigosidade dos resíduos	4
Quadro 3.1 – Lista de verificação do auditor.....	21
Quadro 3.2 – Potenciais de reutilização	25

1 | Introdução

Os resíduos de construção e demolição (RCD) representam o maior fluxo de resíduos em massa da União Europeia (UE) e, tendo em consideração o seu elevado potencial de reciclagem, foram identificados como um fluxo prioritário. Acresce que cerca de 50% da totalidade dos materiais extraídos são utilizados na construção de edifícios, pelo que uma gestão adequada dos materiais associados às atividades de construção e demolição permitem reduzir os RCD produzidos e promover a reutilização de materiais e elementos de construção. Neste contexto, os estados-membros têm promovido a aplicação dos princípios da economia circular, através de ações que visam contribuir para uma gestão mais eficiente dos RCD.

A implementação auditorias pré-demolição, como ação prévia e complementar à demolição seletiva e à reabilitação de edifícios, é uma medida conducente à obtenção de materiais de maior qualidade, passíveis de serem reintroduzidos no ciclo de vida dos materiais de construção, ou seja, é uma ação que promove a eficiência de recursos fomentando o aumento da taxa de recuperação e centrando-se nas características dos materiais para evitar a desvalorização destes (Wahlström et al., 2020).

O Guia Português de Auditorias Pré-Demolição, que agora se apresenta, estabelece requisitos e fornece recomendações às partes interessadas sobre o planeamento e os procedimentos a adotar antes da demolição ou da reabilitação de edifícios, de modo a minimizar o risco de contaminação dos materiais e elementos existentes e dos RCD gerados, e permite quantificar esses mesmos materiais e elementos reutilizáveis e os RCD produzidos, bem como indicar destinos para a sua futura utilização.

Este guia fornece informação sobre o conceito geral e aspetos específicos da auditoria pré-demolição (APD) e tem como base as melhores práticas utilizadas atualmente na UE. O documento encontra-se alinhado com os princípios de gestão de RCD, nomeadamente o protocolo de gestão de RCD da UE (Comissão Europeia, 2016) e as orientações para auditorias aos resíduos provenientes da demolição e renovação de edifícios (Comissão Europeia, 2018), bem como com outras estratégias europeias relativas à eficiência de recursos na construção (Comissão Europeia, 2014) ou os Planos de Ação Europeia para a Economia Circular (Comissão Europeia, 2020, 2015)

A implementação deste guia ao nível nacional contribui para que os RCD gerados durante a demolição e reabilitação de edifícios cumpram as disposições relativas a estes resíduos no novo Regulamento de Gestão de Resíduos (Decreto-Lei 102-D/2020, 2020), maximizando as taxas de reutilização de materiais e elementos presentes nos edifícios, assim como as taxas de reciclagem dos resíduos.

De salientar que, ao nível municipal, podem ser estabelecidos requisitos adicionais aplicáveis às demolições e reabilitações de edifícios, dentro da sua jurisdição, que podem ser complementares e mais exigentes que os estabelecidos neste guia.

A conformidade com as disposições descritas neste guia não significa necessariamente o cumprimento de todas as obrigações legais a que as partes interessadas estão sujeitas, relativamente à demolição e reabilitação de edifícios.

2 | Resíduos de Construção e Demolição

2.1 O que são resíduos de construção e demolição?

No setor da construção existem elevados fluxos de entrada e de saída de recursos materiais. No caso dos edifícios, estes fluxos vão variando ao longo de todo o ciclo de vida, isto é, na fase de construção propriamente dita, nas obras de manutenção e reabilitação, para manter a funcionalidade do edifício durante o seu uso, e na fase de demolição. Em todas estas fases são gerados resíduos designados como resíduos de construção e de demolição (RCD).

Resíduos de construção e demolição (RCD)

Resíduos provenientes de atividades de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações.

(Artigo 3.º do Decreto-Lei n.º 102-D/2020 de 2020-12-10)

Os resíduos de construção e demolição são categorizados no capítulo 17 da Lista Europeia de Resíduos (LER) em subcapítulos, como indicado no Quadro 2.1, que incluem resíduos com diferente constituição identificados pela respetiva entrada LER de 6 dígitos. A lista completa de RCD com as entradas LER pode ser consultada no Anexo I.

Quadro 2.1 – Subcapítulos do capítulo 17 da LER

17 01	betão, tijolos, telhas e outros materiais cerâmicos
17 02	madeira, vidro e plástico
17 03	misturas betuminosas, alcatrão de carvão e produtos alcatroados
17 04	metais (incluindo ligas)
17 06	materiais de isolamento e materiais de construção contendo amianto
17 08	material de construção à base de gesso
17 09	outros resíduos de construção e demolição

2.2 Os resíduos de construção e demolição são perigosos?

Alguns RCD são classificados como resíduos perigosos por terem na sua constituição substâncias perigosas ou por estarem contaminados por substâncias perigosas em teores superiores aos limites legais. Nestes casos, são necessárias precauções específicas no manuseamento desses resíduos no final de vida ou durante a reabilitação dos edifícios, para evitar que afetem o ambiente e a saúde pública. Num processo de demolição, é essencial identificar as substâncias perigosas, ou os materiais/elementos contendo substâncias perigosas, e encaminhá-los para os circuitos próprios. De referir que a contaminação pode impossibilitar a reutilização e a reciclagem.

No Quadro 2.2, apresentam-se diferentes grupos de compostos químicos identificados como passíveis de serem responsáveis pela perigosidade de materiais de construção e, conseqüentemente, dos resíduos de construção e demolição correspondentes (International Living Future Institute, 2020)

Quadro 2.2 – Grupos de compostos químicos responsáveis pela perigosidade

Alquilfenóis e compostos relacionados
Antimicrobianos
Amianto e compostos relacionados
Bisfenol A (BPA) e análogos estruturais
Polímeros clorados
Clorobenzenos
Clorofluorcarbonos (CFC) e Hidroclorofluorcarbonos (HCFC)
Formaldeído
Retardadores de chama monoméricos, poliméricos e organofosforados halogenados (HFRs)
Compostos organoestânicos (COEs)
Substâncias Alquílicas Perfluoradas e Polifluoradas (PFAS) / Compostos Perfluorinados (PFCs)
Ftalatos (e ortoftalatos)
Policlorobifenilos (PCB)
Hidrocarbonetos Aromáticos Policíclicos (HAP)
Parafinas cloradas de cadeia curta e média
Metais pesados tóxicos
Compostos Orgânicos Voláteis (COV) (produtos aplicados por via húmida)
Tratamentos de madeira contendo creosoto ou pentaclorofenol

Em termos da LER, os resíduos classificados como resíduos perigosos são identificados com o símbolo asterisco (*). Esses resíduos podem apresentar uma ou mais características de perigosidade (Quadro 2.3), como indicado no Regulamento (UE) n.º 1357/2014.

Na LER, os resíduos são ainda distribuídos por tipologias designadas como entradas absolutas ou como entradas espelho. No primeiro caso, enquadram-se as entradas absolutas de resíduos perigosos, que correspondem a resíduos que são sempre classificados como perigosos, e as entradas absolutas de resíduos não perigosos, que correspondem a resíduos que são sempre classificados como não perigosos. No caso das entradas espelho, é necessário realizar ensaios sobre os resíduos que permitam confirmar ou não a perigosidade, sendo depois considerada a entrada espelho de resíduo perigoso ou a entrada espelho de resíduo não perigoso. No caso concreto dos RCD, há duas entradas absolutas de resíduos perigosos: RCD com alcatrão e RCD com amianto (Anexo I). Informação mais completa sobre este assunto é disponibilizada no guia de classificação de resíduos da Agência Portuguesa do Ambiente. (APA, 2020).

Quadro 2.3 – Características de perigosidade dos resíduos

Propriedades de perigosidade
HP 1 Explosivo
HP 2 Comburente
HP 3 Inflamável
HP 4 Irritante -irritação cutânea e lesões oculares
HP 5 Tóxico para órgãos-alvo específicos (STOT) / tóxico por aspiração
HP 6 Toxicidade aguda
HP 7 Cancerígeno
HP 8 Corrosivo
HP 9 Infecioso
HP 10 Tóxico para a reprodução
HP 11 Mutagénico
HP 12 Libertação de um gás com toxicidade aguda
HP 13 Sensibilizante
HP 14 Ecotóxico
HP 15 Resíduo suscetível de apresentar uma das características de perigosidade acima enumeradas não diretamente exibida pelo resíduo original

No Anexo II, apresenta-se uma lista de substâncias perigosas ou de materiais contendo substâncias perigosas, com indicação dos materiais ou elementos de construção onde podem estar presentes.

2.3 Qual o regime aplicável às operações de gestão de RCD?

O decreto-lei n.º 46/2008, de 12 de março, alterado pelo decreto-lei n.º 73/2011, de 17 de junho, constituiu uma iniciativa legislativa nacional que estabeleceu o regime das operações de gestão de RCD, compreendendo a sua prevenção e reutilização e as suas operações de recolha, transporte, armazenagem, tratamento, valorização e eliminação.

Esse diploma foi revogado a 1 de julho de 2021 pelo Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, que procede à aprovação do novo Regime Geral da Gestão de Resíduos (nRGGR). As alterações ao regime de gestão de RCD, introduzidas pelo Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro, podem ser consultadas no relatório “Auditorias Pré-Demolição: Enquadramento Concetual”¹ elaborado no âmbito do projeto CLOSER. A legislação referida deve ser articulada com a legislação relativa à construção, nomeadamente com o Código dos Contratos Públicos (CCP) e com o Regime Jurídico da Urbanização e Edificação (RJUE).

No que respeita a materiais contendo amianto, a Portaria n.º 40/2014, de 17 de fevereiro, estabelece as normas para a sua correta remoção e para o acondicionamento, transporte e gestão dos respetivos resíduos de construção e demolição, enquadráveis nos códigos LER 17 06 01* e 17 06 05* da LER, tendo em vista a proteção do ambiente e da saúde humana. A operação de gestão de RCD com amianto

¹ “Auditorias Pré-Demolição: Enquadramento Concetual”, Relatório R2, Projeto CLOSER. O relatório pode ser consultado em http://closer.lnec.pt/guide_pt.html

é efetuada por estabelecimentos licenciados, podendo ser consultada no Sistema de Informação do Licenciamento de Operações de Gestão de Resíduos, SILOGR, a lista destas entidades ou no *site* da Agência Portuguesa do Ambiente². De referir que em Portugal não se encontram licenciadas operações para valorização de RCD com amianto.

2

https://apambiente.pt/sites/default/files/Residuos/FluxosEspecificosResiduos/RCD/Lista_Operadores_RCD_A_21MAI2021.pdf

3 | Auditorias pré-demolição

3.1 O que é uma auditoria pré-demolição?

Na demolição tradicional de edifícios e de outras obras de engenharia civil, a gestão dos RCD resulta na produção de misturas de materiais que apresentam reduzida qualidade e baixo valor económico, não existindo uma preocupação com a utilização futura dos materiais e a eliminação por deposição em aterro, ou a deposição ilegal é um destino muito provável.

Numa perspetiva de sustentabilidade na construção e para minimizar o elevado desperdício de materiais, é necessário antecipar antes da demolição as melhores oportunidades para a reutilização de materiais e elementos de construção e a reciclagem de RCD, visando reduzir o recurso a novos materiais e elementos de construção na reabilitação de edifícios, ou na construção de novos edifícios.

Assim, é essencial que seja efetuada previamente uma cuidadosa identificação dos recursos materiais presentes nos edifícios, visando a sua correta triagem, e que sejam apresentadas recomendações para o seu destino. Esta gestão dos materiais existentes é assegurada pela realização de uma auditoria pré-demolição a todos os recursos que, posteriormente, se concretiza com a desconstrução ou demolição seletiva do edifício.

Auditoria pré-demolição (APD)

A auditoria pré-demolição consiste numa avaliação dos fluxos de materiais, elementos de construção e resíduos de construção e demolição associados à atividade de demolição ou reabilitação de edifícios, sendo identificados os diversos recursos, as respetivas quantidades e potenciais aplicações facilitando a sua reintrodução na economia. A APD fornece ao dono da obra um aconselhamento independente sobre materiais e elementos de construção que podem ser reutilizados ou reciclados previamente à demolição ou reabilitação.

A auditoria pré-demolição, prevista neste guia português, dá uma ênfase especial à reutilização de materiais e elementos de construção, visto que permite minimizar a quantidade de RCD produzidos.

3.2 Quais os objetivos da auditoria pré-demolição?

A auditoria pré-demolição de edifícios tem como principal objetivo aumentar a taxa de recuperação de materiais e de RCD, ou seja, melhorar a eficiência de recursos. Para tal, requer a adoção das melhores práticas na identificação de materiais, elementos de construção e resíduos, a implementação de uma metodologia de desconstrução com separação na fonte dos diferentes fluxos e sua recolha, bem como o seu encaminhamento com base nos destinos recomendados. A APD é uma ação prevista para o

cumprimento dos objetivos de identificação de resíduos, separação na fonte e recolha e gestão da qualidade do Protocolo de Gestão de RCD da UE (Figura 3.1), mas a sua implementação tem reflexos também na melhoria da logística, nomeadamente na rastreabilidade, e no processamento.

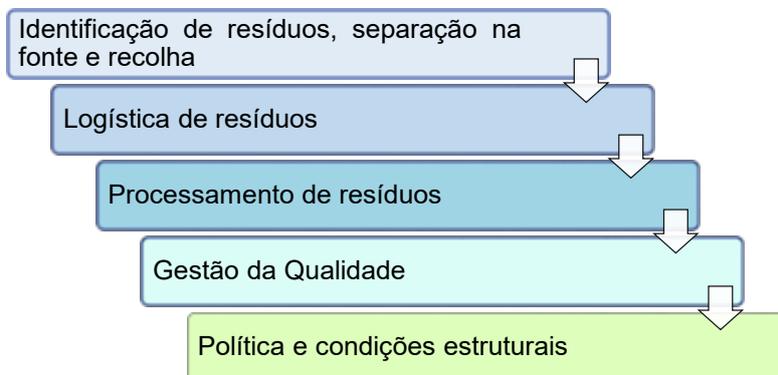


Figura 3.1 – Objetivos do Protocolo de Gestão de RCD da UE

Como referido, o objetivo geral das auditorias pré-demolição é a promoção da eficiência de recursos, o qual abrange objetivos mais específicos como os que se listam a seguir:

- Minimização da contaminação dos diferentes materiais e consequente redução de impactos no ambiente e na saúde pública;
- Melhoria das condições de segurança dos trabalhadores;
- Indicação dos destinos aconselháveis para os materiais, com base requisitos técnicos e legais;
- Disponibilização, a todas as partes interessadas, de informação sobre identificação, quantificação e localização dos resíduos perigosos, dos materiais e elementos reutilizáveis e dos resíduos recicláveis;
- Promoção da desconstrução, com a separação e recolha na fonte dos materiais para melhorar a logística e o processamento de RCD;
- Aumento da qualidade dos RCD produzidos;
- Melhor comparabilidade entre os fluxos previstos e os fluxos reais de materiais, elementos e RCD.

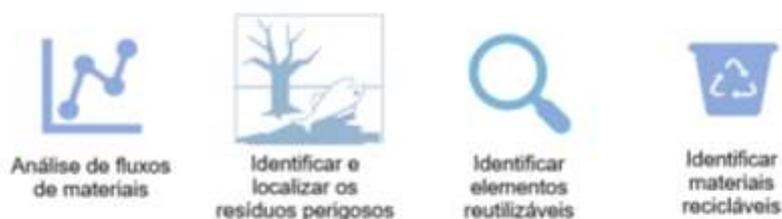


Figura 3.2 – Identificação de fluxos na auditoria pré-demolição

3.3 Como se efetua a auditoria pré-demolição?

O procedimento para a execução das auditorias pré-demolição ou reabilitação de edifícios assenta em duas fases de recolha de informação: um estudo documental e um estudo *in situ*.

ESTUDO DOCUMENTAL

O estudo documental é efetuado com base nos dados recolhidos na memória descritiva do projeto original do edifício e nos documentos relativos às alterações ocorridas e à sua manutenção. Esta informação tem como objetivo efetuar um planeamento detalhado de visita ao local a partir de um levantamento provisório de materiais, elementos de construção e possíveis RCD. Na indisponibilidade de documentos para consulta, é necessário conhecer no mínimo a idade do edifício, a partir da qual se podem prever os materiais típicos da época e as técnicas construtivas e listar preliminarmente os materiais. Um diagnóstico inicial das dimensões e da condição do edifício pode ser efetuado com o recurso a plataformas digitais, como por exemplo o *Google Maps*. No caso de edifícios industriais, um bom planeamento deve incluir informação sobre o tipo de atividade que ocorreu e em que locais pois este cuidado permitirá definir preliminarmente as possíveis análises de despiste de contaminação.

Estudo documental

- Estimativa inicial dos materiais, quantidades e perigosidade
- Idade do edifício
- Tipo de estrutura
- Práticas típicas de construção no local
- Operadores de gestão de resíduos próximos
- Dados administrativos e do projeto

ESTUDO IN SITU

O estudo *in situ* inclui a confirmação da informação constante do estudo documental e o esclarecimento de dúvidas relativas aos materiais existentes, nomeadamente em relação a quantidades, tipologias, condição e perigosidade, podendo neste último caso ser prescrita a realização de ensaios para aferir a mesma. De salientar que a recolha de amostras para ensaio requer medidas adequadas de proteção dos trabalhadores, tendo em consideração os possíveis riscos de exposição.

Estudo *in situ*

- Inspeção visual e reporte fotográfico
- Verificação da informação do estudo documental
- Pesquisa de materiais perigosos e assinalar os que precisam ser testados
- Verificar as condições dos materiais e elementos
- Sinalizar elementos reutilizáveis
- Definir equipamento de medição para visitas subsequentes.

Ainda em relação ao estudo *in situ*, deve-se seguir uma abordagem sistemática que facilite a revisão da informação recolhida no local. Dependendo do edifício, o mapeamento dos materiais presentes pode começar na cobertura e ir descendo até à base do edifício. Outra opção, pode ser o levantamento a partir do exterior para o interior, analisando as diferentes partes do edifício: cobertura, fachadas, fundações e estruturas, portas e janelas, tetos, paredes interiores, pavimentos, instalações e bens móveis. No caso de um edifício que sofreu uma ampliação, o diagnóstico poderá ser realizado por zonas construídas no mesmo período. Para este estudo, é útil dispor de fita métrica, máquina fotográfica, ferramentas para pequenas intervenções destrutivas e os modelos de registo de informação. O recurso a técnicas não destrutivas para investigar os elementos estruturais existentes por detrás dos acabamentos pode também ser muito útil (por exemplo, vigas de aço revestidas a betão, espessura de paredes, espessura de vãos, etc.), pois permite obter várias informações sem danificar os materiais presentes.

Após a visita ao local, é apresentado um relatório da auditoria pré-demolição (Figura 3.3), contendo o inventário resultante de uma análise cuidada e precisa dos materiais, elementos e resíduos existentes, com indicação das quantidades, da classificação dos resíduos com base na LER, da localização e condição, entre outros.



Figura 3.3 – Informação resultante da auditoria pré-demolição

No relatório da APD, consta também a indicação dos destinos aconselháveis, com base nas características observadas e tendo em consideração a hierarquia dos resíduos.

Hierarquia de resíduos

A hierarquia de resíduos dá prioridade à prevenção da produção de resíduos através da reutilização de produtos existentes em detrimento de medidas de gestão de resíduos (tais como reciclagem ou preparação de resíduos para reutilização). No exercício das suas atividades de gestão de recursos, as autoridades públicas têm a obrigação de respeitar esta hierarquia.

Na Figura 3.4, apresenta-se a ordem de prioridades e a quem cabe a responsabilidade pelas decisões no que respeita à gestão dos elementos construtivos, dos resíduos recicláveis e dos restantes resíduos,

que se encontra prevista nas diretrizes da APD para inventário dos resíduos e materiais provenientes de obras de renovação e demolição de edifícios (Comissão Europeia, 2018).

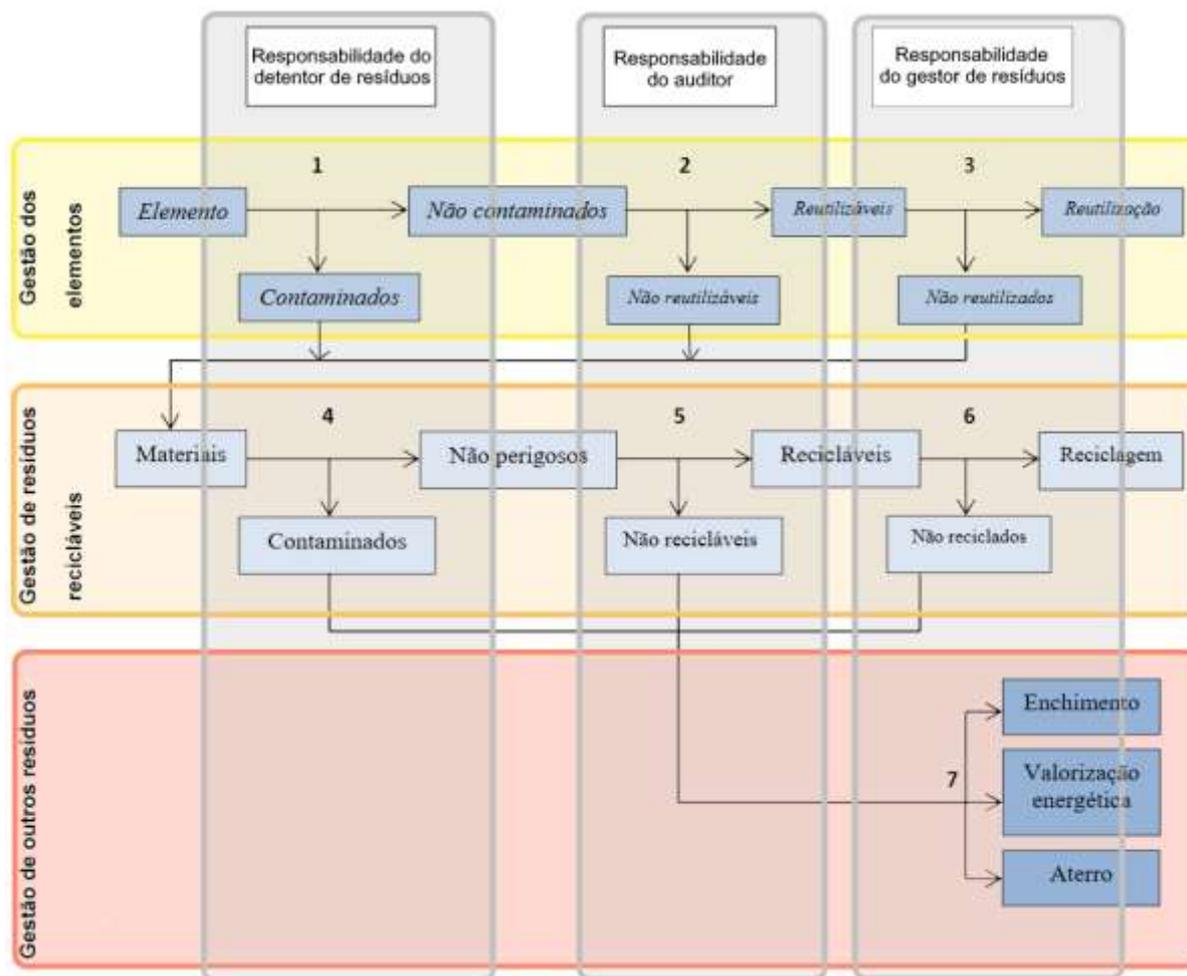


Figura 3.4 – Adaptação do processo de decisão na elaboração do inventário e das recomendações sobre gestão (Comissão Europeia, 2018)

3.4 Como reportar o resultado da auditoria pré-demolição?

No desenvolvimento deste Guia Português para Auditorias de Pré-Demolição, foram elaborados modelos³, em Excel, cujo objetivo é a inserção dos dados da auditoria: dados gerais do projeto de demolição ou reabilitação do edifício, dados do inventário com inclusão dos destinos recomendados e uma síntese da auditoria. Neste contexto, foram considerados os modelos definidos nas orientações para auditorias aos resíduos provenientes da demolição e renovação de edifícios da UE (Comissão Europeia, 2018) e os modelos para os indicadores e métricas relativos à eficiência de recursos e aos ciclos de vida circulares dos materiais do Quadro comum da União Europeia de edifícios sustentáveis – Níveis, no Nível 2 (Dodd *et al.*, 2020, Migliore *et al.*, 2020).

³ Os modelos são disponibilizados em <http://closer.lnec.pt/guide.html>

Salienta-se a relevância destes resultados da APD, pois além dos benefícios prévios à demolição para as diferentes partes interessadas, permitem também avaliar com precisão, após a demolição, as diferenças relativamente aos quantitativos reais resultantes da inspeção das operações de demolição e de reabilitação do edifício.

No relatório da APD, deve ainda ser registada a acessibilidade *in situ*. Nas áreas do edifício de acesso limitado por obstáculos ou que são inseguras, não será realizado o diagnóstico por parte do auditor, devendo o dono da obra ser alertado para tomar providências que facilitem o acesso a essas áreas.

3.4.1 Organização da informação

Os modelos incluem a página de rosto com o índice geral (Figura 3.5), as instruções sobre a sua utilização, os detalhes do projeto, a síntese dos resultados da APD, o inventário de recursos (materiais, elementos e RCD), o cálculo das quantidades e a lista de RCD e de resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos (REEE) relevantes para operações de demolição de edifícios.



Figura 3.5 – Guia Português de Auditorias Pré-Demolição: Modelos

3.4.2 Como utilizar

As instruções para o preenchimento dos campos da folha designada “Inventário” são indicadas na folha “Como utilizar”⁴ e visam facilitar e uniformizar a apresentação de dados, conforme apresentado na Figura 3.6.

Como utilizar	
<p>O modelo de inventário de demolição de edifícios abrange materiais e elementos passíveis de reutilização e resíduos de construção e demolição que podem ser valorizados ou eliminados tendo em consideração a sua perigosidade e as suas características. O modelo é uma combinação do template adotado no nível 2 do LEVEL(s) com as orientações para auditorias de pré-demolição de edifícios e do protocolo de gestão da RCD na UE, bem como de outros Estados-membros da UE. A síntese da auditoria é gerada automaticamente a partir do inventário exceto no que respeita a custos de deposição em aterro.</p>	
1. Material / Elemento	Selecionar os materiais ou elementos com a seta. Se não encontrar a descrição correta na lista faça a adição manualmente. Ao selecionar um material da lista é automaticamente associado o código do Capítulo 17 do LER. Para resíduos de equipamentos elétricos e eletrónicos, REEE, usar os códigos dos Capítulos 16 e 20 apresentados no separador 7-Lista de resíduos.
2. Código LER	Código de seleção automática relacionado com o material. No caso da utilização de uma descrição de material personalizada, é necessário inserir o código que melhor representa esse material.
3. Natureza do resíduo	A natureza do resíduo pode ser selecionada entre as opções: i) material inerte / não perigoso e ii) material perigoso. Com base nas propriedades do material isolado ou caso esteja misturado com outras substâncias perigosas e no código LER. Se forem efetuadas análises para comprovar a perigosidade e o resultado for negativo a célula terá um fundo verde e se o resultados for positivo terá um fundo vermelho.
4. Quantidade	Quantidade de material resultante do levantamento <i>in situ</i> . Frequentemente é expresso em m3 e facilmente convertível a kg. Para elementos por vezes é apenas o número de unidades existentes.
5. Unidade	A unidade pode ser variável, no entanto a mais frequente é o m3
6. Fator de conversão	Fator que converte as unidades usadas durante a auditoria no local em kg e que pode ser utilizado para tornar os itens da lista comparáveis e compatíveis.
7. Quantidade estimada	A quantidade de material ou elementos é estimada em kg com base no fator de conversão.
8. Condição	A condição em que o material/elemento se encontra dá informação sobre e sua degradação usando uma escala de 4 níveis: Muito boa - Anomalias inexistentes ou insignificantes; Boa - Anomalias estéticas; Média - Anomalias que podem prejudicar a reutilização; Má - Anomalias que colocam em risco a segurança e/ou saúde. Na informação adicional incluir a extensão das anomalias: localizada, extensa, totalidade
9. Localização	Representa o local onde o material/elemento se encontra na obra, bem como a acessibilidade a esse material.
10. Destino recomendado	A recomendação do destino pode ser considerada na forma de reutilização, de reciclagem e de recuperação, podendo ser selecionado para ocorrer na obra ou fora dela. É projetado com base na hierarquia de resíduos. Este é o destino mais adequado proposto pelo auditor com base nos princípios da economia circular.
11. Precauções a tomar	As ações a tomar devem considerar medidas de precaução em obra, visando a proteção dos trabalhadores e a preservação do ambiente.
12. Informação adicional	Incluir informação complementar se necessário (ex*: ensaios de avaliação da perigosidade).
13. Fotografia	A fotografia melhora a precisão da informação (800x600 pixels min.; formato - jpg, jpeg, png). A fotografia deve ser bloqueada com a célula para garantir que não se altera quando são acrescentadas linhas ou são feitas outras alterações à tabela do inventário. As fotografias de componentes devem mostrar o contexto do elemento relevante. Relativamente a defeitos deve-se fotografar para cada tipo de material.

Figura 3.6 – Folha de Instruções

⁴ Os utilizadores do guia podem enviar comentários e pedidos de esclarecimento para o email_closer@Inec.pt.

3.4.3 Detalhes do projeto

Os detalhes do projeto, que incluem o tipo de obra, o ano de construção do edifício, a morada, a área de demolição ou de reabilitação e informação sobre as várias entidades envolvidas (dono da obra, empreiteiro, auditor, entre outros) deverão ser preenchidos de forma o mais completa possível (Figura 3.7).

Identificação do projeto ⓘ	
Nome do Projeto	<inserir conteúdo>
Demolição ou reabilitação?	<inserir conteúdo>
Morada	<inserir conteúdo>
Área de demolição (m ²)	<inserir conteúdo>
Dono de obra ⓘ	
Nome	<inserir conteúdo>
Morada	<inserir conteúdo>
Telefone	<inserir conteúdo>
Email	<inserir conteúdo>
Pessoa de contacto	<inserir conteúdo>
Gestor do projeto ⓘ	
Nome	<inserir conteúdo>
Empresa / Organização	<inserir conteúdo>
Telefone	<inserir conteúdo>
Email	<inserir conteúdo>
Nome	<inserir conteúdo>
Empresa / Organização	<inserir conteúdo>
Telefone	<inserir conteúdo>
Email	<inserir conteúdo>
Sub-empreiteiro ⓘ	
Nome	<inserir conteúdo>
Empresa / Organização	<inserir conteúdo>
Telefone	<inserir conteúdo>
Email	<inserir conteúdo>
Responsável pela remoção de amianto ⓘ	
Nome	<inserir conteúdo>
Empresa / Organização	<inserir conteúdo>
Telefone	<inserir conteúdo>
Email	<inserir conteúdo>
Auditor ⓘ	
Nome	<inserir conteúdo>
Empresa / Organização	<inserir conteúdo>
Telefone	<inserir conteúdo>
Email	<inserir conteúdo>

Figura 3.7 – Detalhes do projeto

3.4.4 Inventário de recursos

A folha “Inventário” (Figura 3.8) é a peça fundamental dos modelos da APD. É um inventário de todos os recursos materiais, no qual se tipificam e quantificam os materiais, elementos e RCD expectáveis no processo de desconstrução do edifício em estudo e se propõem os respetivos destinos. Caso se opte por fazer um inventário só de materiais e RCD, é necessário detalhar os materiais presentes em cada elemento.



Figura 3.8 – Inventário de recursos

No que respeita à atribuição dos códigos LER, existe uma folha de cálculo adicional que engloba RCD e REEE que possam ser encontrados durante a demolição ou reabilitação. Existe ainda outra folha de cálculo adicional, intitulada cálculo de quantidades, para determinar as diferentes quantidades de materiais, com base nas dimensões medidas dos elementos identificados no estudo documental e no estudo *in situ*. Este tipo de quantificação por medição direta é o mais objetivo e o mais demorado.

Os fluxos de resíduos listados no inventário podem ser mais ou menos detalhados, em função das frações em análise. Assim, se existirem substâncias perigosas ou materiais contendo substâncias perigosas, deve ser efetuada uma listagem precisa das mesmas. Já no caso de misturas de RCD não perigosos, não é necessária informação tão pormenorizada porque não vai afetar a sua valorização.

Inventário pormenorizado

- resíduos perigosos
- resíduos que afetam o potencial de reciclagem
- não é um material/elemento comum
- tem um valor económico interessante
- difícil de localizar

3.4.5 Síntese da auditoria

Na “Síntese da auditoria”, é sistematizada de forma automática a informação proveniente do inventário. Nesta folha, é apresentada na forma de quadros a quantidade total de material expressa em kg, em kg/m² e em % por tipo de destino recomendado. São também apresentadas as quantidades para as principais fileiras de RCD para cada destino. É ainda inserida nesta síntese a representação gráfica correspondente aos valores anteriormente referidos (Figura 3.9).

Visando valorar a reutilização relativamente a outros destinos, é incluído um esquema de atribuição de

estrelas em função da percentagem atingida no projeto. Assim, é atribuída 1 estrela para uma taxa de reutilização situada entre 10% e 20%, 2 estrelas para uma taxa de reutilização igual ou superior a 20% e inferior a 40% e 3 estrelas para uma taxa de reutilização igual ou superior a 40%. É possível desenvolver um incentivo para uma empresa que efetue uma desconstrução cujo objetivo seja maximizar a taxa de reutilização tendo em consideração o previsto na auditoria de pré-demolição.



Figura 3.9 – Exemplo de síntese da auditoria

3.4.6 Relatório da auditoria

Além da informação descrita nas secções 3.4.1 a 3.4.5, é importante incluir no relatório da auditoria pré-demolição:

- breve descrição do projeto e dos trabalhos a realizar no edifício;
- informação sobre as visitas de inspeção realizadas (descrevendo, quando relevante, os motivos para conclusões/decisões assumidas no seguimento dessas visitas);
- indicação dos documentos a apresentar, que atestem a correta e completa remoção de resíduos perigosos (por exemplo, de amianto);
- indicação de zonas não examinadas, com a respetiva justificação;

- recomendações relativas à demolição seletiva, que não constem do inventário, por ser necessário especificar aspetos como armazenamento, transporte e processamento dos recursos materiais;
- anexo contendo fotografias que complementem a informação recolhida, incluindo fotografias aéreas planas e tridimensionais.

Em geral, pode ser considerada a seguinte estrutura para o relatório da auditoria pré-demolição:

- Parte 1:
 - Identificação do proprietário
 - Identificação do auditor
 - Localização do edifício e breve descrição do projeto
 - Data de execução
- Parte 2:
 - Enquadramento jurídico
 - Descrição do estudo documental, reportando em anexo os documentos analisados relevantes
 - Descrição do estudo *in situ*, incluindo os modelos de inventário e da síntese da auditoria da ferramenta Excel
 - Indicação de locais inacessíveis e justificação
 - Recomendações complementares sobre a logística dos recursos
- Anexos

3.5 Em que situações se aplica a auditoria pré-demolição?

A auditoria pré-demolição abrange todos os recursos materiais existentes e aplica-se antes do estabelecimento do projeto de execução de demolição ou de reabilitação do edifício. O carácter voluntário ou obrigatório desta auditoria e, neste último caso, a especificação das obras a que se aplica (volume de edifício, ou área de construção, ou quantidade de RCD), será estabelecido por alteração e inclusão de cláusulas específicas⁵ no novo Regime Geral de Gestão de Resíduos, Decreto-Lei n.º 102 D/2020, de 10 de dezembro, que ainda não estão em vigor devido à alteração do Governo de Portugal. O limiar para a aplicação da APD em Portugal conduzirá à revisão deste guia.

⁵ “Auditorias Pré-Demolição: Políticas de Implementação”, Relatório R6, Projeto CLOSER, disponível para consulta em http://closer.lnec.pt/guide_pt.html

3.6 Quem solicita a auditoria pré-demolição?

A auditoria pré-demolição é solicitada pelo dono da obra/proprietário antes do projeto de demolição ou de reabilitação do edifício (Figura 3.10). Com a informação do relatório da APD, o proprietário pode definir cláusulas que o projeto de demolição deve cumprir sobre prevenção de RCD, taxas de reutilização de elementos e de materiais e taxas de valorização de RCD. O relatório da APD deve ser entregue com o projeto de demolição ou reabilitação no momento do pedido de licenciamento ou do pedido de informação prévia.

A aplicação dos destinos previstos no relatório da APD deve iniciar-se pela remoção dos resíduos classificados como perigosos, de forma a evitar a contaminação dos restantes recursos, efetuando-se a seguir o processo de desconstrução com o controlo da triagem dos produtos e dos resíduos, armazenagem e validação por comparação com o indicado no relatório.

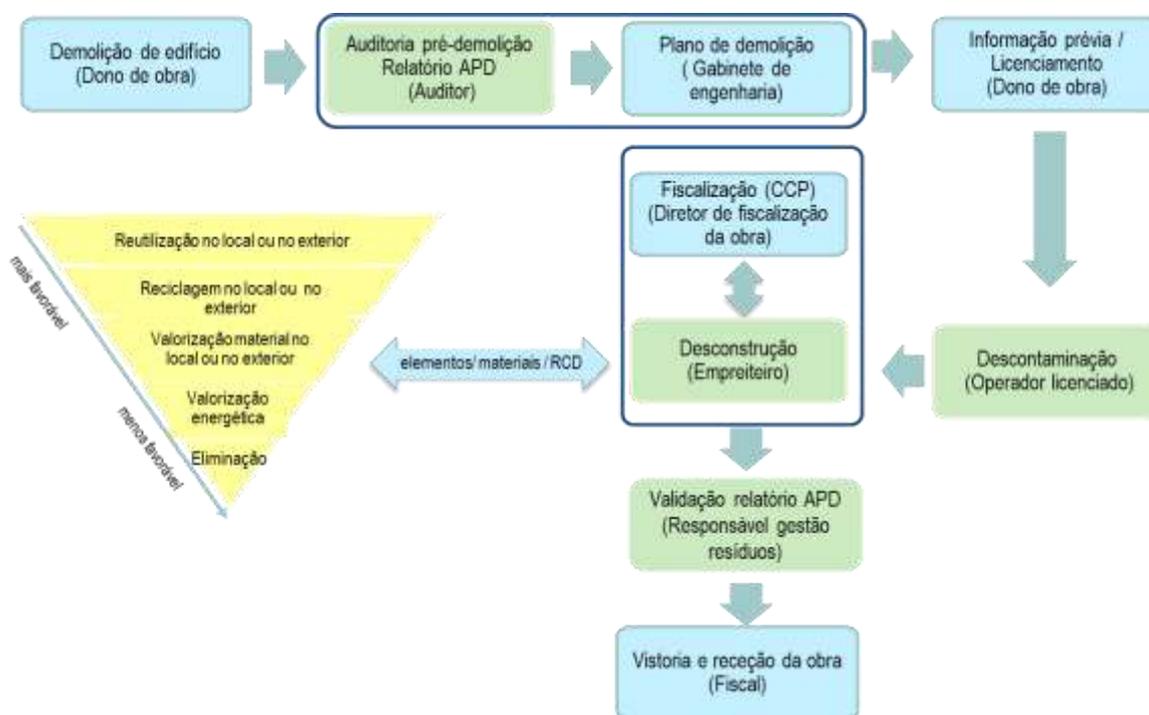


Figura 3.10 – Demolição ou reabilitação do edifício⁶

Ao solicitar a APD, o dono da obra, no seu papel de detentor de resíduos, obtém informação sobre a identificação, condição e localização dos resíduos perigosos presentes, dos elementos reutilizáveis e dos resíduos passíveis de reciclagem e seus destinos, o que permite perceber o potencial de circularidade do projeto de demolição (Figura 3.11).

⁶Este fluxograma será ajustado na revisão deste guia.

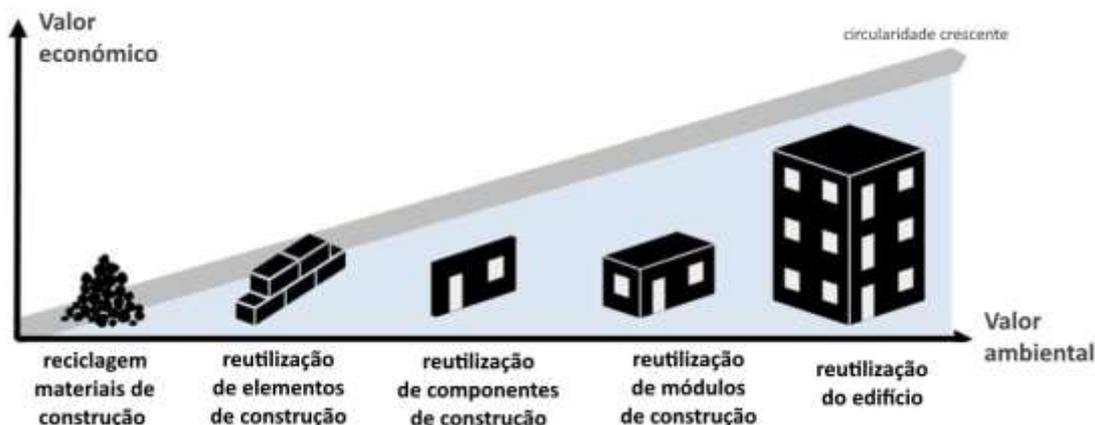


Figura 3.11 – Potencial de circularidade (Eberhardt et al., 2019)

3.7 Quem são as partes interessadas na auditoria pré-demolição?

O inventário de materiais, elementos e resíduos, sendo a principal ferramenta da auditoria pré-demolição, permite uma identificação fiável dos recursos, a sua rastreabilidade e a sua valorização, contribuindo para a implementação de uma estratégia concertada das diversas partes interessadas, nomeadamente as referidas a seguir:

- Produtores de RCD: donos das obras, empresas de construção e demolição, fabricantes de materiais de construção;
- Processadores de RCD: operadores de tratamento de resíduos, empresas de transporte e logística de RCD;
- Utilizadores de materiais recuperados e de materiais provenientes de RCD: empresas de reutilização; empresas de gestão de RCD;
- Entidades responsáveis por políticas de gestão de resíduos: legisladores portugueses ao nível local, regional e nacional.

Cada uma destas partes interessadas tem as suas funções e responsabilidades que variam de acordo com o tipo de projeto em causa, isto é, demolição ou reabilitação do edifício, e têm como base o diagnóstico da APD para a previsão, prevenção e gestão dos recursos a valorizar, incluindo os resíduos.

Partes interessadas

A auditoria pré-demolição é uma ferramenta essencial que beneficia todas as partes interessadas. Ao disponibilizar informação de confiança e de qualidade sobre os fluxos, a APD dá prioridade à reutilização, o que permite melhorar a prevenção de resíduos, facilitar a rastreabilidade dos materiais e elementos de construção e contribuir para o aumento da taxa de recuperação de RCD.

PROPRIETÁRIO



A demolição ou a reabilitação de edifícios com recurso à auditoria pré-demolição deve contar com o total apoio do proprietário para ser bem sucedida. Neste âmbito, o proprietário deverá, sempre que possível, fornecer ao auditor a documentação de que dispõe, da qual se salienta:

- diagnóstico da presença de amianto;
- informações sobre a natureza dos materiais e elementos construtivos;
- histórico da construção, nomeadamente a data da construção, visando identificar os materiais utilizados ao longo da vida do edifício;
- histórico de projetos de reabilitação.

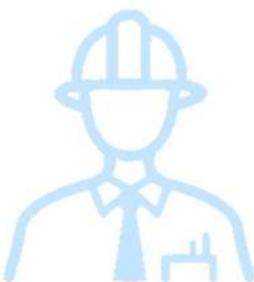
Para que os proprietários possam estar motivados para a realização das APD, é necessário compreenderem as vantagens e inconvenientes associados. A auditoria pré-demolição apresenta como vantagens para o proprietário:

- a identificação das potenciais oportunidades de reutilização e recuperação de materiais, elementos de construção e RCD antes do início das obras, o que pode parcialmente compensar os custos da APD;
- a estimativa de um orçamento prévio para a gestão de resíduos (apesar do custo da gestão de resíduos não fazer parte da APD, a informação da auditoria facilita essa previsão);
- a possibilidade de incluir cláusulas contratuais fiáveis relativas a requisitos qualitativos e quantitativos para a prevenção e gestão de resíduos no projeto de demolição ou reabilitação do edifício.

O proprietário suporta os custos da APD e, como produtor de resíduos, deve verificar se cumpre todas as obrigações legais que lhe são atribuídas.

EMPREITEIRO

Com base na informação proveniente da APD, os empreiteiros têm a possibilidade de:



- cumprir as cláusulas contratuais estabelecidas pelo proprietário para a execução do projeto;
- estimar melhor os custos das suas propostas;
- planear de forma mais fiável a organização dos resíduos em obra e de materiais reutilizáveis;

- comparar as estimativas de valorização da APD (inventário de recursos) com os fluxos reais de materiais e resíduos no final do projeto de demolição (inventário da demolição).
- apresentar propostas de valorização distintas das da APD devido a restrições durante a desconstrução

GESTOR DE RESÍDUOS



O gestor de resíduos deve assegurar que a quantidade máxima de resíduos transportados é reciclada adequadamente, tendo sempre como objetivo uma reciclagem de *upcycling* em vez de *downcycling*, isto é, obter um produto de maior qualidade, com maior potencial de reutilização/ou maior valor económico, em vez de processar um material com menor valor económico e menor potencial para reutilização futura ou reciclagem.

Durante estas operações de reciclagem, é necessário que o gestor de resíduos assegure a rastreabilidade dos resíduos. Deverá também ser controlada a quantidade de material entregue nas centrais de processamento relativamente à quantidade prevista na APD.

AUTORIDADE



Às autoridades compete licenciar o projeto de demolição ou de reabilitação por solicitação do proprietário do edifício.

Deverá também ser responsável pelo desenvolvimento de um mecanismo que permita aferir que as auditorias aos recursos são efetuadas com qualidade. Esta verificação incide sobre o auditor e sobre a rastreabilidade dos resíduos, como detalhado na secção 3.9.

3.8 Quem realiza a auditoria pré-demolição?

AUDITORES



A auditoria pré-demolição em edifícios é efetuada, por solicitação do proprietário do edifício, por um ou mais auditores, e que deve ter competências no que respeita à prevenção e gestão de resíduos. A APD nunca deve ser efetuada por ou em nome da empresa que executará o trabalho de demolição, visto que deve ser assegurada a independência e isenção do auditor.

No desenvolvimento da sua atividade, o auditor deve ter a colaboração do dono da obra na disponibilização de informações para o estudo documental e para assegurar a acessibilidade ao edifício com toda a segurança.

Após o estudo documental, o auditor realiza visitas ao edifício, durante as quais efetua peritagens para identificar materiais e, se necessário, solicitar a realização de ensaios complementares para uma caracterização mais completa de materiais e sistemas presentes no edifício. Como já mencionado, a colheita de amostras para estes ensaios pode exigir a adoção de medidas de proteção, como seja a utilização de máscara, de óculos, ou de outros equipamentos de proteção individual, EPI.

O auditor apresentará ainda recomendações no que respeita à prevenção e gestão de resíduos dos diferentes fluxos produzidos, as quais devem respeitar a hierarquia de resíduos e devem ser acompanhadas de orientações para a remoção e armazenamento dos recursos minerais. As potenciais taxas de reutilização e de reciclagem devem também ser reportadas pelo auditor. O auditor deve apresentar orientações que assegurem a rastreabilidade de materiais, de elementos de construção e de RCD. Apresenta-se, a seguir, uma lista de verificação da APD, a preencher pelo auditor durante a realização da mesma.

Quadro 3.1 – Lista de verificação do auditor

Antes da visita ao local	
Tem seguro que cobre os riscos associados às atividades da APD	
Recebeu todos os diagnósticos obrigatórios relativos à presença de substâncias perigosas	
Analizou todos os documentos relacionados com a história do edifício.	
Possui as licenças de segurança necessárias para trabalhar no local.	
Os termos do contrato e os limites da atividade a desenvolver são claros.	
Durante a visita ao local	
Possui os meios de pesquisa e de proteção antes de efetuar o diagnóstico no local.	
Listou todos os resíduos associados à utilização e ocupação do edifício por solicitação do proprietário.	
Inventariou os potenciais RCD (tipos, quantidades, localização).	
Listou materiais, elementos de construção passíveis de reutilização.	
Especificou a localização dos resíduos perigosos.	
Identificou a condição dos diferentes recursos materiais que podem afetar a sua valorização e a segurança durante trabalhos de demolição, apresentando medidas de segurança a adotar.	
Resultados da auditoria	
A identificação e contacto do proprietário do projeto de demolição.	
A identificação, contacto e certificado de seguro do auditor.	
A localização do edifício e breve descrição do mesmo.	
Uma lista de todos os documentos consultados sobre o edifício.	
Data(s) da APD.	
Possíveis destinos que assegurem a valorização de RCD e de materiais e elementos reutilizáveis.	
Um ficheiro de inventário completo.	
Informações sobre zonas inacessíveis e justificação.	
Planos de localização adicionais com escala, legenda e orientação.	
Propostas de técnicas de desconstrução.	
Recomendações para a demolição seletiva, armazenamento temporário e no que respeita aos resíduos identificados e aos constrangimentos do local.	

Caso acordado com o dono da obra, a auditoria pode ainda incluir uma avaliação económica de todos os recursos, sendo, para o efeito, necessário avaliar se existem instalações de reciclagem perto do

local, avaliar as distâncias a que se situam e os requisitos de admissão dos resíduos, bem como os custos de gestão de reciclados e de elementos reutilizáveis.

Os auditores devem ser peritos com competências certificadas para a realização de auditorias pré-demolição. Para tal, devem ter um conhecimento básico em diversas áreas nomeadamente:

- Sistemas construtivos utilizados ao longo do tempo;
- Estabilidade dos edifícios;
- Composição físico-química de materiais de construção usados na estrutura e nos acabamentos;
- Técnicas de instalação, remoção e conservação de materiais e elementos construtivos;
- Legislação aplicável a resíduos e a edifícios à data da auditoria pré-demolição;
- Normas técnicas em vigor no momento do diagnóstico;
- Contaminação devido à presença de substâncias perigosas ou outras fontes e prevenção de riscos associados;
- Condições de obrigatoriedade de eliminação de resíduos;
- Potenciais aplicações para a reutilização de elementos e materiais reciclados;
- Logística associada à desconstrução e reabilitação de edifícios.

Para assegurar todo este conhecimento, é boa prática existir uma equipa de auditores, em vez de um auditor único, que execute com rigor as seguintes atividades:

- Inventariação dos documentos técnicos do edifício e sua análise para efetuar o estudo documental;
- Elaboração de um esboço na ausência de planos do edifício;
- Avaliação qualitativa e quantitativa dos recursos materiais (recorrendo a técnicas de medição, avaliação visual da condição dos materiais);
- Caracterização de recursos (técnicas de amostragem e técnicas de análise, quando possível recorrendo a ensaios não destrutivos);
- Avaliação do potencial de reutilização de materiais e elementos de construção, reciclagem e valorização de resíduos;
- Planificação do controlo e rastreabilidade de recursos.

Nas atividades desenvolvidas pelo auditor, nomeadamente nas visitas ao edifício, existem riscos que devem ser equacionados, em especial se os edifícios estiverem abandonados e/ou em ruínas. Como exemplos, podem-se referir a presença de objetos salientes, de paredes instáveis ou desmoronadas, de substâncias perigosas, de escadas degradadas, entre outros, que exigem precauções de diferente natureza. Por um lado, é necessário assegurar que os auditores e outro pessoal em funções no edifício

possuem formação em segurança adequada e atualizada, efetuam o estudo *in situ* em grupos de pelo menos duas pessoas e têm equipamento que permite o contacto permanente com o exterior. Por outro lado, os auditores devem dispor de um *kit* de primeiros socorros e equipamento de proteção individual a ser usados de acordo com o contexto local: botas de segurança, colete fluorescente, capacete de segurança, máscara contra poeira e óculos de segurança, luvas e vestuário de proteção. Acresce ainda que o auditor deve recorrer ao uso de lanterna caso o local seja mal iluminado, ao uso de ferramentas manuais, como martelos, ou chaves de fenda, ou detetor de metais, que permitam examinar locais menos acessíveis, e utilizar giz ou outras formas de marcação para assinalar os locais estudados.

3.9 Como é assegurada a qualidade da auditoria pré-demolição?

A qualidade da auditoria pré-demolição é assegurada tendo em consideração dois aspetos: o auditor e a rastreabilidade. A verificação de qualquer desses aspetos implica a implementação de sistemas de inspeção pontuais, ou de comparação do inventário de recursos da APD com o inventário final da demolição.

No que respeita ao auditor responsável pela APD, a verificação incide sobre se a sua formação académica e profissional e as competências que possui são adequadas para a realização da função e que a desempenhou de forma independente. Na secção 3.8, são indicados quais os conhecimentos que o auditor deve possuir para realizar estas auditorias e também é indicado que as suas competências devem ser devidamente certificadas. No que respeita à independência, o auditor deve ser isento, de modo que as suas decisões não sejam influenciadas por nenhuma das partes interessadas e possam conduzir sempre ao melhor aproveitamento dos recursos.

A qualidade da auditoria incide também sobre a rastreabilidade, avaliada em três fases distintas:

- Após a conclusão da APD – é verificada por terceiros, a definir legalmente;
- Durante ou após a demolição ou reabilitação do edifício – é confirmado o destino dos resíduos perigosos, assegurando que foram retirados de circulação e devidamente eliminados, não constituindo um risco de contaminação para os restantes recursos; é comparado o quantitativo dos recursos materiais recolhidos com os previstos no inventário da APD e justificada a diferença observada; é analisada a triagem efetuada;
- Análise do procedimento de gestão implementado – é efetuada uma análise aprofundada de discrepâncias nos resíduos perigosos, na triagem dos restantes materiais, elementos e resíduos e sobre o modo como foram quantificados.

3.10 Quais os destinos recomendados?

Na demolição e reabilitação de edifícios é, por vezes, difícil valorizar os materiais removidos, por se encontrarem frequentemente misturados e na fase de conceção do edifício não ter sido prevista a futura recuperação de materiais, de elementos de construção e de componentes. A implementação das auditorias pré-demolição tem como objetivo contrariar esta tendência e, para tal, recomenda destinos

possíveis para os diferentes recursos, tendo em consideração a hierarquia dos resíduos e os potenciais benefícios associados.



Figura 3.12 – Hierarquia dos resíduos

Os princípios subjacentes à recomendação de destinos possíveis incluem:

- Minimizar o impacto ambiental;
- Privilegiar a reutilização de elementos e de materiais no mesmo edifício ou noutros edifícios, preferencialmente em local próximo;
- Aplicar prioritariamente os materiais reciclados provenientes de RCD para a mesma função;
- Utilizar os materiais reciclados noutras aplicações de engenharia civil.

A reutilização é uma prática de reaproveitamento dos materiais existentes que evita a classificação destes como resíduos. A reciclagem difere da reutilização, pois envolve operações físicas ou químicas de processamento, com o objetivo de permitir que os resíduos possam voltar a ter características adequadas para serem considerados como matérias-primas. Apesar da temática da reutilização de materiais e elementos de construção estar cada vez mais presente na nossa sociedade, é pouco frequente a indicação de soluções viáveis.

Para os materiais inventariados e visíveis, é mais fácil apontar como destino a reutilização relativamente a materiais que não se encontram acessíveis, para os quais o potencial de reutilização vai estar dependente não só da condição em que se encontram, mas também das quantidades, homogeneidade, facilidade de desmantelamento e possíveis destinos para a recuperação.

É possível indicar o potencial de reutilização de diferentes componentes dos edifícios, isto é, estabelecer uma medida da capacidade desse componente manter a sua funcionalidade após o fim da sua vida primária (Iacovidou and Purnell, 2016).

Quadro 3.2 – Potenciais de reutilização

Sem potencial	Baixo (<50%)	Médio (50%)	Alto (>50%)
Tijolos de argila com argamassa de cimento	Lã mineral	Revestimento de aço (edifícios)	Tijolos de argila com argamassa de cal
Varões de aço (edifícios)	Parede de gesso cartonado	Perfis de aço formados a frio	Madeira estrutural
Varões de aço (outras infraestruturas)	Varões de aço em betão pré-fabricado (edifícios)	Tubos de aço (edifícios)	Aço estrutural (edifícios)
Ligações em aço	Aço estrutural (infraestruturas)	Betão pré-fabricado	Blocos de betão (com argamassa de cal)
Betão estrutural (edifícios)	Treliças de madeira	Ladrilhos de ardósia	Lajes de pavimentação e barreiras anticolisão de betão
Telas asfálticas	Betão moldado <i>in-situ</i>	Pavimento de madeira	Telhas cerâmicas Telhas de betão
Tubos de plástico (água e esgotos), coberturas, tapetes de chão, isolamento de cabos elétricos, janelas de plástico	Vedações, revestimento, escadas e degraus de betão	Componentes em vidro (ex.º janelas)	Pavimento de pedra
Tubos de betão (água e drenagem), unidades de betão para tratamento de água e tanques de armazenamento e unidades de defesa marítima e fluvial			Paredes de pedra
Componentes metálicos não ferrosos (moldura de janela de alumínio, divisórias, revestimento, tubos de			

cobre, chapas de zinco para revestimento de telhados)

Num projeto de demolição ou reabilitação os materiais podem ter um potencial para reutilização no próprio edifício – reutilização *in situ*. Neste caso, a principal condicionante é verificar se os potenciais materiais reutilizáveis cumprem os requisitos do novo projeto. Se tal não for possível, devem ser pesquisados e identificados mercados próximos que permitam o escoamento dos materiais e elementos reutilizáveis extraídos e, se possível, complementar com documentação técnica contendo requisitos normativos aplicáveis.

Ao considerar a reutilização como destino para materiais e elementos existentes, devem-se verificar as seguintes condições:

- O material de construção não contém compostos restritos, isto é, não incorpora substâncias químicas atualmente proibidas, mas que foram usadas em época anterior e que podem ter impacto na saúde e/ou no ambiente;
- A utilização anterior do material de construção não colocou em perigo as propriedades técnicas e mantém o seu desempenho;
- A desconstrução do material não prejudicou as suas propriedades técnicas;
- Na perspetiva de durabilidade do material, a futura reutilização deverá ter em consideração a sua robustez e valor estético.

Apresenta-se, a seguir, uma lista não exaustiva de materiais, elementos e componentes de construção frequentemente disponíveis para reutilização:

- Paredes internas e tetos (secções envidraçadas e painéis acústicos);
- Instalações de aquecimento, ventilação e ar condicionado (AVAC);
- Acessórios de portas (por exemplo, puxadores, ferragens e fechos para portas);
- Iluminação;
- Grelhas e estruturas de ferro (por exemplo, escadas em espiral, rampas de acessibilidade, grelhas de áreas de armazenamento, guardas e corrimões);
- Acessórios de iluminação;
- Caixilhos de janelas com vidros duplos;
- Pedras de pavimentação, calçadas de pedra e lajes de betão;
- Estruturas de aço;
- Ladrilhos de chão e de parede;
- Louça sanitária;

- Portas e portões;
- Produtos de madeira (por exemplo parquet; vigas e madeira emoldurada; revestimento de madeira);
- Radiadores de ferro fundido;
- Telhas;
- Tijolos maciços.

Em edifícios comerciais e industriais, é frequente encontrar ainda outros tipos de elementos de construção para reutilização, como é o caso de equipamento técnico, painéis isolantes ou pisos técnicos.

4 | Desconstrução de edifícios

4.1 Quais os destinos recomendados?

O processo de desconstrução de edifícios consiste no seu dismantelamento devidamente planeado, com o fim de maximizar a reutilização de materiais e elementos presentes e a reciclagem de resíduos. Quando se compara a reciclagem com a reutilização, verifica-se que esta última é a trajetória preferencial, por estar associada a menores consumos de energia e de matérias-primas e por ser uma solução que conduz à prevenção dos resíduos produzidos (Figura 4.1). De salientar ainda que, ao nível local, a reutilização pode possibilitar o fornecimento de materiais de qualidade a um preço inferior, aos quais estão associados menores custos de transporte.

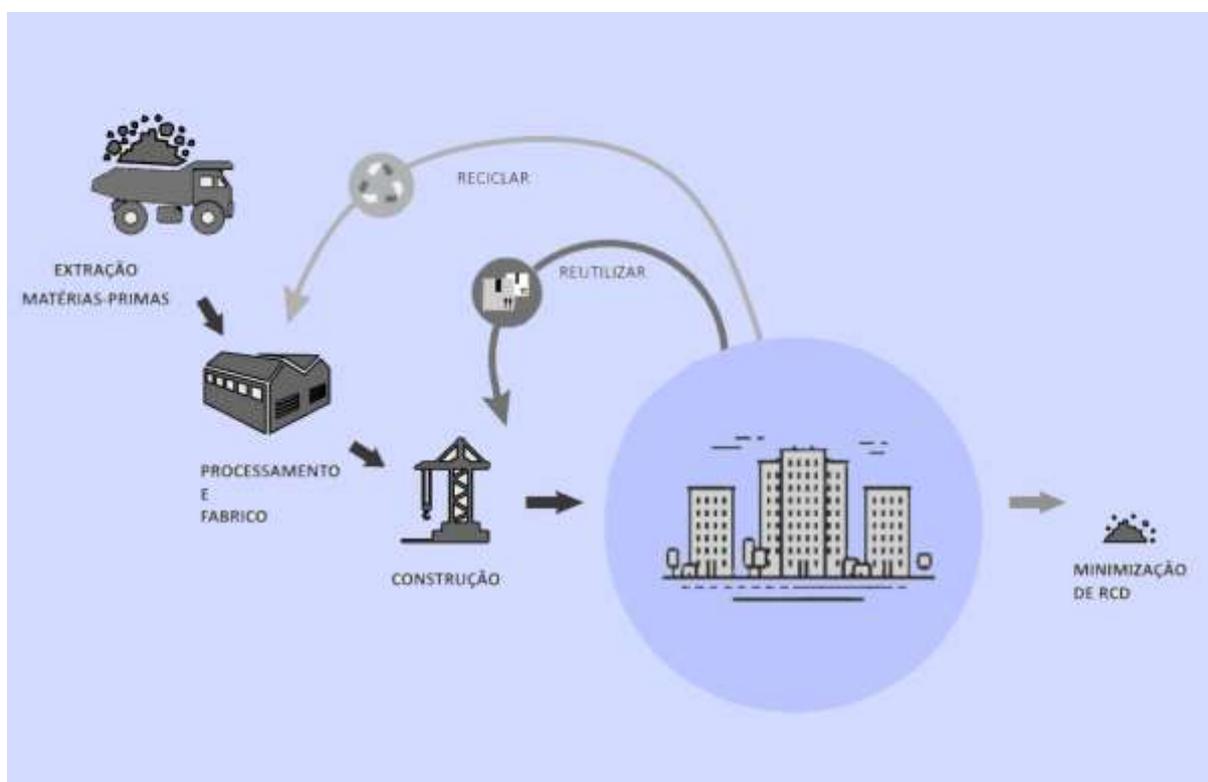


Figura 4.1 – Reutilização de materiais e elementos e reciclagem de RCD

Para fomentar a prática da desconstrução, deverão ser elaboradas cláusulas específicas nos cadernos de encargos dos procedimentos concursais visando reduzir a quantidade de material a reciclar e o carbono incorporado, que favoreçam a reutilização, e que constituam um incentivo para os empreiteiros.

Contudo, a reciclagem constitui também uma importante oportunidade para recuperar diversos materiais a partir dos RCD que, no caso da desconstrução, apresentam melhor qualidade quando comparados com os obtidos em processos de demolição tradicional.

O sucesso da desconstrução assenta num inventário de materiais e elementos de construção o mais completo possível e num plano de execução bem delineado. O inventário, como já foi referido, é a

principal ferramenta da auditoria pré-demolição, cuja principal limitação à sua fiabilidade é a inacessibilidade aos materiais existentes.

No que respeita ao planeamento da desconstrução, e de uma forma simplista, aplica-se o conceito de "o último a entrar é o primeiro a sair", isto é, atua-se na ordem inversa da construção do edifício. Assim, deve-se, em primeiro lugar, desativar as instalações de eletricidade, gás natural, água, águas residuais e telecomunicações. No entanto, é necessário ter em atenção se algum destes sistemas será necessário durante a operação de desconstrução.

Numa fase seguinte, procede-se à desmontagem não estrutural, isto é, são retirados os materiais/elementos desmontáveis, dos quais são exemplo as portas, as louças sanitárias e o mobiliário, que têm elevado potencial de reutilização. Por fim, efetua-se a remoção dos componentes estruturais, tijolos, betão, madeira, vigas, sendo a sua valorização assegurada pela reutilização dos materiais e elementos recuperados ou pela sua aplicação após reciclagem de RCD. Em todo este processo, é de toda a relevância a triagem em obra de, pelo menos, as seguintes frações de RCD: madeira, frações minerais incluindo betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos e pedra, metal, vidro, plástico e gesso (Figura 4.2). A individualização das diferentes fileiras de materiais é crucial, pois a correta separação potencia a sua valorização.



Figura 4.2 –Triagem de frações por piso

O custo associado à desconstrução dos edifícios depende das tarefas a executar e dos materiais existentes. De facto, é importante considerar que, atualmente, os edifícios a demolir ou a reabilitar não foram concebidos considerando a valorização dos materiais e elementos de construção, pelo que é comum encontrar componentes/elementos compostos por diferentes materiais que não são facilmente reutilizados nem reciclados.

A desconstrução seletiva e o controlo da triagem dos elementos, materiais e dos resíduos exigem uma vigilância cuidadosa das operações, para que os diferentes tipos de materiais seleccionados sejam agrupados em cada piso e depois recolhidos e armazenados em separado.

5 | Síntese final

A implementação de auditorias pré-demolição é uma das ações previstas no Plano de Ação Europeu para a Economia Circular. A sua realização concretiza-se na elaboração de um inventário dos materiais e elementos presentes num edifício antes da sua demolição, efetuado por um auditor independente, em resultado de um estudo documental e de um estudo *in situ*. O inventário inclui o tipo e a quantidade dos materiais e elementos que vão ser retirados, os quais são classificados em termos da sua perigosidade, condição e código LER. O inventário tem como principal objetivo assegurar que os materiais e elementos provenientes da demolição ou reabilitação de edifícios seguem as melhores vias de valorização possíveis.

Com a auditoria pré-demolição, minimiza-se a contaminação dos diferentes fluxos triados, ao segregar inicialmente os materiais contendo substâncias perigosas, diminui-se a quantidade de resíduos de construção e demolição produzidos em projetos de demolição e reabilitação de edifícios e maximiza-se a quantidade de materiais e elementos reutilizados. No que respeita aos materiais reciclados provenientes dos RCD, a implementação da auditoria traduz-se numa melhoria da sua qualidade. A implementação das APD melhora ainda a rastreabilidade dos recursos materiais existentes.

A qualidade da APD é assegurada por auditores certificados e independentes, que possuem um conjunto alargado de conhecimentos e competências, e pelo sistema de rastreabilidade que é implementado.

As vantagens destas auditorias são colocadas em prática quando, complementarmente, é efetuada a desconstrução do edifício em vez da demolição tradicional, isto é, é realizada uma desmontagem sistemática e cuidadosa para recuperar materiais e elementos, também designada por construção inversa. Com a desconstrução, a separação e recuperação de materiais e elementos é uma prioridade que permite aumentar a reutilização, em alternativa à utilização de novos materiais e elementos de construção, prevenindo a produção de RCD, melhorando a eficiência dos recursos e impulsionando a aplicação dos princípios da economia circular no setor da construção.

Agradecimentos

Os autores do presente relatório agradecem a colaboração de toda a equipa do projeto CLOSER, nomeadamente à Eng.^a Ana Cristina Carrola, ao Eng.^o Rodrigo Gonçalves, à Eng.^a Mafalda Mota e à Eng.^a Susana Francisco, da Agência Portuguesa do Ambiente, I.P. (APA), assim como à Eng.^a Ivone Nobre, do Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção, I.P. (IMPIC).

Os autores agradecem também à Secretaria-Geral do Ambiente pelo financiamento EEA Grants, ao abrigo do Programa Ambiente, atribuído ao projeto CLOSER.

Lisboa, LNEC, dezembro de 2023

VISTOS

O Chefe do Núcleo de Economia, Gestão e Tecnologia
da Construção



António Cabaço

O Diretor do Departamento de Edifícios



Álvaro Vale e Azevedo

O Chefe do Núcleo de Betões, Pedra e Cerâmicos



João Custódio

O Diretor do Departamento de Materiais



António Bettencourt Ribeiro

AUTORIA



Isabel Milagre Martins
Investigadora Auxiliar



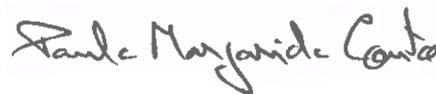
Seyed M.H.S. Rezvani
Bolsheiro de Investigação



Maria João Falcão Silva
Investigadora Auxiliar



Ana Filipa Salvado
Investigadora Auxiliar



Paula Margarida Carvalho Marques Couto
Investigadora Auxiliar



Manuel Vieira
Investigador Auxiliar

Referências Bibliográficas

- APA, 2020 – **Guia de Classificação de Resíduos.**
- COMISSÃO EUROPEIA, 2014 – **Oportunidades de Eficiência de Recursos no Setor da Construção.** COM(2014) 445 final - Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões.
- COMISSÃO EUROPEIA, 2015 – **Fechar o ciclo - Plano de Ação da UE para a Economia Circular.** Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões – COM(2015) 614 final.
- COMISSÃO EUROPEIA, 2016 – **Protocolo de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição da UE.**
- COMISSÃO EUROPEIA, 2018 – **Orientações para auditorias aos resíduos antes de obras de demolição e renovação de edifícios.**
- COMISSÃO EUROPEIA, 2020 – **Um novo Plano de Ação para a Economia Circular. Para uma Europa mais limpa e competitiva.** COM(2020) 98 final -Comunicação da Comissão ao Parlamento Europeu, ao Conselho, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões.
- DECRETO-LEI 102-D/2020**, 2020 – Diário da República n.º 239/2020, 1º Suplemento, Série I de 2020-12-10.
- DEMOCLES, PLATEFORME COLLABORATIVE, 2020 – **Guide de bonnes pratiques pour la réalisation du diagnostic produits/matériaux/déchets avant démolition/rehabilitation significative de bâtiments.**
- DODD, N.; DONATELLO, S.; CORDELLA, M., 2020 – **Level(s) indicator 2.2: Construction and Demolition waste and materials. User manual: overview, guidance and instructions.** Publication version 1.0, JRC Technical Report.
- DONATELLO, S.; DODD, N.; CORDELLA, M., 2020 – **Level(s) indicator 2.1: Bill of quantities, materials and lifespans. User manual: introductory briefing, instructions and guidance.** Publication version 1.1, JRC Technical Report.
- EBERHARDT, L.; BIRGISDOTTIR, H.; BIRKVERD M., 2019 – **Potential of circular economy in sustainable buildings.** IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. <https://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/471/9/092051>
- IACOVIDOU, E.; PURNELL, P., 2016 – **Mining the physical infrastructure: Opportunities, barriers and interventions in promoting structural components reuse.** Sci. Total Environ. 557–558, 791–807.
- INTERNATIONAL LIVING FUTURE INSTITUTE, 2020 – **The “Red List” of Building Materials.** <https://living-future.org/declare/declare-about/red-list/>
- MIGLIORE, M.; TALAMO, C.; PAGANIN, G., 2020 – **Construction and Demolition Waste.** In: Strategies for Circular Economy and Cross-sectoral Exchanges for Sustainable Building

Products. Springer Tracts in Civil Engineering . Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30318-1_2

REGULAMENTO (UE) n.º 1357/2014, da Comissão, de 18 de dezembro de 2014, que substitui o anexo III da Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho, relativa aos resíduos e que revoga certas diretivas.

WAHLSTRÖM, M.; BERGMANS, J.; TEITTINEN, T.; BACHÉR, J.; SMEETS, A.; PADUART, A., 2020 – **Construction and Demolition Waste: challenges and opportunities in a circular economy**.
WOOD, E.; GROSVENOR B&I, 2021 – **Full circle to reuse: A guide for deconstructing buildings for circular reuse**. <https://online.flippingbook.com/view/915371497/>

ANEXOS

ANEXO I Glossário

Atividade de construção	Atividade que tem por objeto a realização de obras, englobando todo o conjunto de atos que sejam necessários à sua concretização.
Armazenagem	Deposição controlada de resíduos, antes do seu tratamento e por prazo determinado, designadamente as operações R 13 e D 15.
Armazenagem preliminar	Deposição controlada de resíduos em instalações onde os resíduos são descarregados a fim de serem preparados para posterior transporte para efeitos de tratamento, como parte do processo de recolha.
Auditor	Perito ou a equipa de peritos que realiza a auditoria pré-demolição agindo em nome do proprietário.
Auditoria pré-demolição	Atividade preparatória com o objetivo de (1) recolher informação sobre as qualidades e quantidades dos materiais, elementos e resíduos de construção e demolição que serão retirados durante as obras de demolição ou reabilitação de edifícios e (2) fornecer recomendações gerais e específicas visando a recuperação futura desses materiais, elementos e RCD recolhidos.
Autoridade	Organismo administrativo do Poder Local responsável pela concessão das licenças de demolição ou renovação e pela fiscalização do processo de demolição ou renovação.
Centro de recolha de resíduos	Local onde os resíduos são depositados e onde se procede à armazenagem e/ou triagem preliminares desses resíduos para posterior encaminhamento para tratamento.
Ciclo de vida	Etapas consecutivas e interligadas de um produto (ou serviço), desde a aquisição ou extração de matéria-prima a partir de recursos naturais, até ao projeto, produção, transporte/entrega, utilização, tratamento em fim de vida útil e deposição final.
Desconstrução	Processo de desmantelamento seletivo e sistemático de edifícios para reduzir a quantidade de resíduos criados e gerar um aprovisionamento de materiais secundários de elevado valor que são adequados para reutilização e reciclagem.
Demolição	Remoção total ou parcial recorrendo a métodos destrutivos. Excetua-se aqui a remoção dos materiais contendo amianto, e o acondicionamento, transporte e gestão dos respetivos resíduos de construção e demolição gerados que é efetuada de acordo com o estabelecido na Portaria n.º 40/2014, de 17 de fevereiro.

Demolição seletiva	Sequenciação das atividades de demolição para permitir a separação e a seleção dos materiais a fim de maximizar a sua recuperação e reciclagem.
Descontaminação	Redução ou remoção de substâncias contaminantes
Dono da obra / Proprietário	Entidade por conta de quem a obra é realizada, o dono da obra pública, nos termos definidos no Código dos Contratos Públicos (CCP), aprovado pelo Decreto-Lei n.º 18/2008, de 29 de janeiro, o concessionário relativamente a obra executada com base em contrato de concessão de obra pública, bem como qualquer pessoa ou entidade que contrate a elaboração de projeto de obra
Durabilidade	Capacidade de um produto, componente ou material de permanecer funcional e relevante quando usado conforme pretendido.
Economia circular	Modelo de produção e consumo que abrange soluções que visam lidar com desafios globais, como alterações climáticas, redução de biodiversidade, resíduos e poluição. É baseado em três princípios, impulsionados pela conceção: i) eliminar resíduos e poluição, ii) fazer circular produtos e materiais maximizando o seu valor e iii) regenerar a natureza.
Economia linear	Economia em que recursos finitos são extraídos visando o fabrico de produtos que são usados, por vezes sem usar todo o seu potencial, e posteriormente descartados.
Edificação	Atividade ou o resultado da construção, reconstrução, ampliação, alteração ou conservação de um imóvel destinado a utilização humana, bem como de qualquer outra construção que se incorpore no solo com carácter de permanência.
Eliminação	Qualquer operação de tratamento de resíduos que não seja de valorização, ainda que se verifique como consequência secundária a recuperação de substâncias ou de energia.
Empreiteiro	Pessoa singular ou coletiva habilitada, nos termos da Lei n.º 41/2015, para a execução de obras promovidas por entidades particulares (empreiteiro de obras particulares) ou para a execução de empreitadas de obras públicas (empreiteiro de obras públicas).
Enchimento	Operação de valorização em que são usados resíduos que não apresentam características de perigosidade, nomeadamente resíduos de construção e demolição (RCD), testados segundo os valores de referência estabelecidos no Guia Técnico da APA, I. P., para Solos Contaminados (2019), para preenchimento de áreas de

	<p>escavação ou para propósitos de construção em projetos de recuperação paisagística em substituição de materiais naturais, limitando-se às quantidades estritamente necessárias para esses efeitos.</p>
Gestão de resíduos	<p>Recolha, transporte, triagem, valorização e eliminação de resíduos, incluindo a supervisão destas operações, a manutenção dos locais de eliminação após encerramento, e as medidas tomadas na qualidade de comerciante de resíduos ou corretor de resíduos.</p>
Inventário	<p>Listagem de tipos e quantidades de materiais, elementos e resíduos.</p>
Marcação CE	<p>Para produtos de construção, indica que os fabricantes se responsabilizam pela conformidade dos seus produtos com o desempenho declarado.</p>
Obra	<p>Atividade e o resultado de trabalhos de construção, reconstrução, ampliação, alteração, reabilitação, reparação, restauro, conservação e demolição de bens imóveis.</p>
Operador	<p>Qualquer pessoa singular ou coletiva que procede à gestão de resíduos.</p>
Preparação para reutilização	<p>Operações de valorização, que consistem no controlo, limpeza ou reparação, mediante as quais os produtos ou os componentes de produtos que se tenham tornado resíduos são preparados para serem reutilizados, sem qualquer outro tipo de pré-processamento.</p>
Prevenção	<p>Adoção de medidas antes de uma substância, material ou produto assumir a natureza de resíduo, destinadas a reduzir: i) a quantidade de resíduos produzidos, designadamente através do redesenho de processos, produtos e adoção de novos modelos de negócio até à otimização da utilização de recursos, da reutilização de produtos e do prolongamento do tempo de vida dos produtos; ii) os impactes adversos no ambiente e na saúde humana resultantes dos resíduos produzidos; ou iii) o teor de substâncias perigosas presentes nos materiais e nos produtos.</p>
Produtor de resíduos	<p>Pessoa singular ou coletiva cuja atividade produza resíduos, isto é, um produtor inicial de resíduos, ou que efetue operações de pré-processamento, de mistura ou outras que alterem a natureza ou a composição desses resíduos.</p>
Projeto de execução	<p>Conjunto dos projetos de arquitetura e de especialidades com todas as pormenorizações de construção necessárias para a boa execução da obra, incluindo a descrição das normas técnicas</p>

	<p>aplicáveis a cada um dos trabalhos a realizar, a descrição técnica de todos os materiais a aplicar, com referência aos correspondentes certificados de qualidade quando exigíveis.</p>
Reciclabilidade	<p>Facilidade com que um material pode ser reciclado na prática e em grande escala.</p>
Reciclagem	<p>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, incluindo o reprocessamento de materiais orgânicos, mas excluindo a valorização energética e o reprocessamento em materiais que devam ser utilizados como combustível ou em operações de enchimento.</p>
Recolha	<p>Coleta de resíduos, incluindo a triagem e a armazenagem preliminares dos resíduos, para fins de transporte para uma instalação de tratamento de resíduos.</p>
Recolha seletiva	<p>Recolha efetuada de forma a manter os resíduos separados por tipo e natureza, com vista a facilitar o tratamento específico.</p>
Resíduo	<p>Substância ou objeto de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer.</p>
Resíduos de construção e demolição (RCD)	<p>Resíduos com origem em obras de construção, reabilitação e demolição de edifícios ou outras estruturas de engenharia civil. Estes resíduos estão incluídos no capítulo 17 da Lista Europeia de Resíduos (LER) e os códigos para os vários materiais que os constituem encontram-se listados no Anexo I.</p>
Resíduos inertes	<p>Resíduos que não sofrem transformações físicas, químicas ou biológicas significativas, nem afetam adversamente outras matérias com as quais entrem em contato de maneira que possam causar poluição ambiental ou prejudicar a saúde humana.</p>
Resíduos perigosos	<p>Resíduos que apresentam uma ou mais características de perigosidade constantes do Regulamento (UE) n.º 1357/2014, da Comissão, de 18 de dezembro de 2014.</p>
Reutilização	<p>Operação mediante a qual produtos ou componentes que não sejam resíduos são utilizados novamente para o mesmo fim para que foram concebidos.</p>
Tratamento	<p>Operação de valorização ou de eliminação de resíduos, incluindo a preparação prévia à valorização ou eliminação.</p>

Triagem	Ato de separação de resíduos mediante processos manuais ou mecânicos, sem alteração das suas características, com vista ao seu tratamento.
Triagem preliminar	Ato de separação de resíduos mediante processos manuais, sem alteração das suas características, enquanto parte do processo de recolha, com vista ao seu envio para tratamento.
Valorização	Operação de tratamento de resíduos cujo resultado principal seja a utilização, com ou sem 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 conjunto da economia.
Valorização material	Operação de valorização, que não seja a valorização energética nem o reprocessamento em materiais que são utilizados como combustíveis ou outros meios de produção de energia, incluindo, entre outras, a preparação para reutilização a reciclagem e o enchimento.

ANEXO II

Resíduos de construção e demolição

17 01 Betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos	
17 01 01 betão	EspRNP**
17 01 02 tijolos	EspRNP
17 01 03 ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos	EspRNP
17 01 06* misturas ou frações separadas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, contendo substâncias perigosas	EspRP***
17 01 07 misturas de betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, não abrangidas em	EspRNP
17 02 Madeira, vidro e plástico	
17 02 01 madeira	EspRNP
17 02 02 vidro	EspRNP
17 02 03 plástico	EspRNP
17 02 04* vidro, plástico e madeira contendo ou contaminados com substâncias perigosas	EspRP
17 03 Misturas betuminosas, alcatrão e produtos de alcatrão	
17 03 01* misturas betuminosas contendo alcatrão	EspRNP
17 03 02 misturas betuminosas não abrangidas em 17 03 01	EspRNP
17 03 03* alcatrão e produtos de alcatrão	AbsRP****
17 04 Metais (incluindo ligas metálicas)	
17 04 01 cobre, bronze e latão	EspRNP
17 04 02 alumínio	EspRNP
17 04 03 chumbo	EspRNP
17 04 04 zinco	EspRNP
17 04 05 ferro e aço	EspRNP
17 04 06 estanho	EspRNP
17 04 07 misturas de metais	EspRNP
17 04 09* resíduos metálicos contaminados com substâncias perigosas	EspRP
17 04 10* cabos contendo hidrocarbonetos, alcatrão ou outras substâncias perigosas	EspRP
17 04 11 cabos não abrangidos em 17 04 10	EspRNP

17 05 Solos (incluindo solos escavados de locais contaminados), rochas e lamas de dragagem

17 05 03* solos e rochas, contendo substâncias perigosas	EspRP
17 05 04 solos e rochas não abrangidos em 17 05 03	EspRNP
17 05 05* lamas de dragagem contendo substâncias perigosas	EspRP
17 05 06 lamas de dragagem não abrangidas em 17 05 05	EspRNP
17 05 07* balastros de linhas de caminho-de-ferro, contendo substâncias perigosas	EspRP
17 05 08 balastros de linhas de caminho-de-ferro não abrangidos em 17 05 07	EspRNP

17 06 Materiais de isolamento e materiais de construção, contendo amianto

17 06 01* materiais de isolamento, contendo amianto	EspRP
17 06 03* outros materiais de isolamento contendo ou constituídos por substâncias perigosas	EspRP
17 06 04 materiais de isolamento não abrangidos em 17 06 01 e 17 06 03	EspRNP
17 06 05* materiais de construção contendo amianto	AbsRP

17 08 Materiais de construção à base de gesso

17 08 01* materiais de construção à base de gesso contaminados com substâncias perigosas	EspRP
17 08 02 materiais de construção à base de gesso não abrangidos em 17 08 01	EspRNP

17 09 Outros resíduos de construção e demolição

17 09 01* resíduos de construção e demolição contendo mercúrio	EspRP
17 09 02* resíduos de construção e demolição contendo PCB (por exemplo vedantes com PCB, revestimentos de piso à base de resinas com PCB, envidraçados vedados contendo PCB, condensadores com PCB)	EspRP
17 09 03* outros resíduos de construção e demolição (incluindo misturas de resíduos) contendo substâncias perigosas	EspRP
17 09 04 misturas de resíduos de construção e demolição não abrangidas em 17 09 01, 17 09 02 e 17 09 03	EspRNP

* resíduos perigosos

** EspRNP - entrada espelho não perigoso

*** EspRP - entrada espelho perigoso

**** AbsRP - entrada absoluta perigoso

ANEXO III

Substâncias perigosas e materiais de construção

Substância perigosa ou material contendo substância perigosa	Onde pode ser encontrada (material/elemento)
Alcatrão de carvão	Feltro para telhado Membranas de impermeabilização à prova de humidade
Amianto	Azulejos acústicos, duros, Portas corta-fogo (isolamento) Azulejos ou painéis Eternit Tintas e fillers Parapeitos Proteção contra faíscas para instalações elétricas Revestimentos de pavimentos em PVC Isolamento com amianto pulverizado (por exemplo, em torno de construções de aço) Material de isolamento, (por ex. em torno de tubos de aquecimento e arrefecimento) Cola e argamassa para azulejos Isolamento com barreira de vapor Vedantes em caldeiras e sistemas de tubagens Cola de alcatrão, por ex. no pavimento Selantes em torno de condutas de ventilação com chapas metálicas Condutas de ventilação Eternit e outros produtos contendo amianto
Arsénio	Madeira impregnada com preservador sob pressão
Cádmio	Tubos de plástico para águas residuais com cádmio Cabos elétricos em tons de amarelo, laranja e vermelho Revestimentos de pavimentos de PVC em tons claros de amarelo, laranja e vermelho Azulejos (e outros materiais cerâmicos esmaltados) em tons claros de amarelo, laranja e vermelho. Baterias de níquel-cádmio
CFC, HCFC, HFCs	Unidades de refrigeração e congelação (CFC, HCFC como meio de arrefecimento) Instalações de refrigeração e unidades de ar condicionado (CFC, HCFC, HFC como meio de arrefecimento)
CFC	Isolamento plástico celular (em revestimentos de piso, isolamento em paredes e pavimentos flutuantes, congeladores e frigoríficos, câmaras frigoríficas)
Chumbo metálico	Chumbo em cabos elétricos Vidro com chumbo Latão e bronze contendo chumbo Proteção com folha de chumbo contra radiação Revestimento e blindagem de cabos com chumbo Juntas em tubos (embalagem de chumbo)

Substância perigosa ou material contendo substância perigosa	Onde pode ser encontrada (material/elemento)
Contaminantes de chumbo	Compostos de juntas Camada de tinta (seca) que pode conter chumbo (chumbo branco, chumbo vermelho, etc.) Azulejos e telhas com vidrado de chumbo Tubos de PVC (por exemplo, tubos de águas residuais) contendo estabilizadores de chumbo Passadeiras de PVC
Cobre metálico	Cabos de cobre Tubagens de cobre
Contaminantes de cobre	Madeira impregnada
Compostos orgânicos voláteis (VOC), compostos orgânicos semi-voláteis (SVOC), aldeídos muito voláteis e amónia	Pavimentos, painéis de aglomerado de partículas, acabamentos de paredes e tetos, painéis de madeira e selantes, solventes, tintas, adesivos
Creosoto	Travessas de madeira impregnadas
Cromo metálico	Tratamento da superfície de metal
Contaminantes de crómio	Madeira impregnada
Halons	Equipamento de extinção de incêndio contendo halons
HAP	Misturas betuminosas Enchimento de isolamento
Mercurio	Depósitos em tubos de águas residuais. Baterias Componentes em instalações fixas que não são abrangidos pela responsabilidade do produtor. Lâmpadas fluorescentes, lâmpadas fluorescentes compactas Instalações elétricas e instrumentos
Óleo, alcatrão, etc.	Cabos
Óleo	Betão contaminado com óleo
Parafinas cloradas (grupo polímero clorado)	Compostos usados em juntas e vedação de vidros isolados Revestimentos de pavimentos em PVC, pavimentos de segurança
PCB	Revestimentos de pisos, Compostos para juntas Selantes para janela Condensadores Betão, etc. com PCB como contaminantes
Podridão seca	Madeira atacada por podridão seca
Pragas	Madeira atacada por pragas
PVC.	Revestimento plástico, membranas de estanquicidade.

Substância perigosa ou material contendo substância perigosa	Onde pode ser encontrada (material/elemento)
Substâncias radioativas	Detetores de incêndio Detetores de fumo
Radão	Betão
Retardadores de chama bromados	Isolamento de borracha celular (isolamento de refrigeração preto), tipo Armaflex. Existem também outros materiais de isolamento anticondensação com retardadores de chama bromados. Isolamento de plástico celular (por exemplo, isolamento branco macio em torno de tubos de cobre macios) Bandas e partes em plástico (PP ou PE) de ventoinhas Têxteis
Resíduos elétricos	Produtos sob responsabilidade do produtor: Lâmpadas, ferramentas elétricas, equipamentos de informática, aparelhos de escritório, unidades de refrigeração e congelamento e outros produtos da linha branca, equipamentos de telecomunicações, etc.

ANEXO IV

Recuperação de materiais e RCD

BETÃO



1 | Reutilização

O betão pode ser reutilizado se for do tipo modular, ou seja, se tiver sido produzido na forma de elementos pré-fabricados, concebidos para serem utilizados como unidades funcionais. As soluções modulares usadas no passado em construções temporárias são cada vez mais aplicadas, contribuindo no futuro para soluções mais circulares.

2 | Reciclagem

Os resíduos de betão podem ser reciclados em instalações fixas ou móveis, devendo a sua valorização ser analisada em termos económicos e ambientais. Dependendo da dimensão dos resíduos e presença de substâncias contaminantes, pode existir uma fase de pré-processamento, para redução de dimensões do betão, e triagem, para remoção de contaminantes (plásticos, madeiras, etc.). A presença de armaduras requer a existência de um sistema magnético que assegure a sua separação do betão.

A combinação de diversos tipos de operações – britagem, crivagem, tratamento térmico, entre outras – permite melhorar a qualidade do betão reciclado. Ao fragilizar e minimizar a quantidade de argamassa que esteja aderida na superfície dos agregados, ocorre uma melhoria das características destes materiais.

3 | Aplicações

Os resíduos de betão, após processamento, podem ser utilizados de acordo com as Especificações Técnicas do LNEC como agregados reciclados ou como materiais reciclados, nas seguintes aplicações:

- Utilização de agregados reciclados grossos para o fabrico de betão;

- Aplicação em camadas não ligadas (base e sub-base) de pavimentos;
- Aplicação em aterro e camada de leito de pavimento de infraestruturas de transporte;
- Aplicação em caminhos rurais e florestais;
- Aplicação no preenchimento de valas.

A valorização de resíduos de betão foi estudada no âmbito dos projetos europeus C2CA do FP7 e HISER do H2020. Foi desenvolvida a tecnologia de recuperação seca avançada, ADR, a qual facilita a separação da argamassa do betão e melhora a qualidade dos agregados reciclados. Assim, é possível usar os agregados reciclados em aplicações de maior valor.

O projeto belga SAND2SAND visou a reciclagem de betão, em condições reais, visando a obtenção de agregados finos reciclados e a sua incorporação em betão. Os resíduos de betão foram britados uma ou duas vezes para melhorar a qualidade do agregado reciclado. Algumas dificuldades práticas relacionadas com a variabilidade dos materiais e o betão produzido evidenciaram a necessidade de prosseguir a investigação com agregados finos reciclados.

Referências bibliográficas

C2CA - Advanced Technologies for the Production of Cement and Clean Aggregates from Construction and Demolition Waste, <http://www.c2ca.eu/>

HISER - Holistic Innovative Solutions for an Efficient Recycling and Recovery of Valuable Raw Materials from Complex Construction and Demolition Waste, www.hiserproject.eu/

LNEC E 471 (2009) – Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos.

LNEC E 473 (2009) – Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos.

LNEC E 483 (2016) – Guia para a utilização de agregados reciclados provenientes de misturas betuminosas recuperadas para camadas não ligadas de pavimentos rodoviários

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

LNEC E 484 (2016) – Guia para a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição em caminhos rurais e florestais.

LNEC E 485 (2016) – Guia para a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição em preenchimento de valas.

Sand2Sand - Hoogwaardige toepassingen voor gerecycleerde zanden in beton, https://www.circular-concrete.be/wp-content/uploads/2019/10/sand2sand_overzichtsartikel-c2-versie-online.pdf

LADRILHOS, TELHAS, E MATERIAIS CERÂMICOS



1 | Reutilização

Os ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos podem ser reutilizados se estes materiais forem removidos em boas condições, separados e armazenados em embalagem transportável. Não há possibilidade de reutilização destes materiais caso estejam quebrados ou misturados com outros materiais.

Em geral, estes materiais necessitam ser limpos antes da sua reutilização. Neste âmbito, apresentam-se a seguir algumas recomendações não exaustivas:

Ladrilhos e materiais cerâmicos:

Raspar e molhar a argamassa de cada ladrilho até que toda a argamassa seja removida. De seguida, enxaguar a parte de trás de cada ladrilho com um pano embebido em água limpa para remover a argamassa residual e evitar manchas. Uma vez removida toda a argamassa, o ladrilho está apto a receber nova argamassa e ser reutilizado.

Telhas:

Utilizar uma espátula para raspar o musgo e a sujidade geralmente observado nas telhas. Quanto mais seco o tempo estiver e menor for a humidade, mais fácil será retirar o musgo e outros materiais aderentes. Como alternativa, pode-se utilizar uma escova dura. Pode ser utilizada, também, uma escova de aço, para remover a sujidade, e um *spray* anti-musgo seguido de uma lavagem a alta pressão.

Tijolos:

Molhar os tijolos e, de seguida, com um formão, retirar a argamassa existente. Depois, esfregar bem com escova de aço e empilhar os tijolos. Uma solução de ácido muriático pode facilitar a remoção da argamassa e de outras manchas que existam, sendo necessário, neste caso, a utilização de

equipamento de proteção individual (luvas de borracha, óculos de segurança e máscara) e seguir as instruções de manuseamento e preparação da solução ácida.

No caso de ladrilhos, a reutilização é quase impossível, pois os ladrilhos geralmente são fixados com uma argamassa fina ou do tipo epoxídica, que adere de tal forma que a sua remoção conduz a uma superfície bastante irregular e imprópria para reutilização.

No que respeita a tijolos, a sua reutilização está dependente do tipo de argamassa que os une. Normalmente, o ligante usado é cal ou cimento, sendo que a cal se altera mais facilmente ao longo do tempo enfraquecendo a ligação argamassa-tijolo. Assim, a reutilização de tijolos ligados com argamassa de cal é viável, mas o mesmo não se pode dizer quando é utilizada argamassa à base de cimento (Hobbs e Hurley, 2001). Ainda assim, na alvenaria de tijolo utilizando argamassa de cimento, é possível pensar em recuperar secções completas da parede para serem reutilizadas como uma nova parede ou fachada.

Os tijolos ligados com argamassa de cal são, em geral, encontrados em edifícios históricos de alvenaria e a remoção da argamassa é feita manualmente com um martelo e um formão o que torna o processo bastante moroso. O projeto europeu REBRICK mostrou o potencial de reutilização de tijolos com argamassa à base de cal recorrendo a um sistema por vibração para limpeza de tijolos que posteriormente foram usados na renovação de edifícios.



Existem aplicações em que ladrilhos, telhas ou outros materiais cerâmicos não são objeto da mesma aplicação, mas que são utilizados sem necessidade de processamento. Por exemplo, recuperação de telhas como elementos constituintes de uma parede e na construção de um pavimento.



2 | Reciclagem

O processamento de resíduos de ladrilhos, telhas e de outros materiais cerâmicos visando a sua reciclagem conduz a materiais que podem ser utilizados como agregados ou como material cimentício suplementar. No caso da utilização como agregados, é necessário verificar os constituintes presentes e a necessidade de serem misturados com outros resíduos de construção e demolição.

3 | Aplicações

Os resíduos de ladrilhos, de telhas e de materiais cerâmicos após processamento podem ser utilizados de acordo com as Especificações Técnicas do LNEC como agregados reciclados ou como materiais reciclados nas seguintes aplicações:

- Utilização de agregados reciclados grossos para o fabrico de betão;
- Aplicação em camadas não ligadas (base e sub-base) de pavimentos;
- Aplicação em aterro e camada de leito de pavimento de infraestruturas de transporte;
- Aplicação em caminhos rurais e florestais;
- Aplicação no preenchimento de valas.

Existem estudos relativos à aplicação dos resíduos de tijolos como materiais cimentícios suplementares (Nacéri & Amina, 2009; Heikal *et al.*, 2013).

Referências bibliográficas

Heikal, M., Zohdy, K., & Abdelkreem, M. (2013). Mechanical, microstructure and rheological characteristics of high performance self-compacting cement pastes and concrete containing ground clay bricks. *Construction and Building Materials*, 38, 101–109.

Hobbs G and Hurley J (2001) Deconstruction and the re-use of construction materials. In *Deconstruction and Materials Re-use: Technology, Economic, and Policy: Proceedings of the CIB Task Group 39 – Deconstruction Meeting* (Chini AR (ed.)). International Council for Research and Innovation in Building Construction, pp. 98–124.

LNEC E 471 (2009) – Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos.

LNEC E 473 (2009) – Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos.

LNEC E 483 (2016) – Guia para a utilização de agregados reciclados provenientes de misturas betuminosas recuperadas para camadas não ligadas de pavimentos rodoviários

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

LNEC E 484 (2016) – Guia para a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição em caminhos rurais e florestais.

LNEC E 485 (2016) – Guia para a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição em preenchimento de valas.

Nacéri, A., & Hamina, M. (2009). Use of waste brick as a partial replacement of cement in mortar. *Waste Management*, 29, 2378–2384.

REBRICK, <http://www.gamlemursten.eu/>

Tiles repurpose, <https://www.archdaily.com/943890/recycling-tiles-15-examples-of-repurposed-tiles-in-walls-facades-flooring-and-furniture/>

MISTURAS DE BETÃO, LADRILHOS, TELHAS E MATERIAS CERÂMICOS / MISTURAS RCD SEM SUBSTÂNCIAS PERIGOSAS



1 | Reutilização

Compreendendo esta fração uma mistura de diversos materiais, sem conter substâncias perigosas, a possibilidade de reutilização não existe ou é baixa no caso de existir um número reduzido de materiais diferentes.

2 | Reciclagem

Os resíduos de mistura de betão, de ladrilhos, de tijolos, de telhas e de outros materiais cerâmicos sem substâncias perigosas podem ser processados em instalações fixas ou móveis, devendo a sua seleção ser analisada em termos económicos e ambientais.

Dependendo da dimensão dos resíduos e possível presença de contaminantes, pode ser necessário existir uma fase de pré-processamento para redução das dimensões do material e para uma triagem, de forma a remover os contaminantes (plásticos, madeiras, etc.).

Antes dos resíduos serem fragmentados (numa britadeira de mandíbulas ou de impacto), a crivagem inicial assegura a eliminação de partículas de menor dimensão (solos, areias e outros). Caso se revele necessário, através de um sistema magnético procede-se à remoção de materiais ferrosos antes de realizar nova crivagem do material obtido, separando-o assim em diferentes frações granulométricas.

Estes resíduos, pelo facto de se encontrarem misturados, conduzem a agregados reciclados de qualidade inferior aos de betão devido à sua heterogeneidade.

3 | Aplicações

A reciclagem dos RCD misturados origina materiais que podem ter as seguintes aplicações:

- Utilização de agregados reciclados grossos para o fabrico de betão;
- Aplicação em camadas não ligadas (base e sub-base) de pavimentos;
- Aplicação em aterro e camada de leito de pavimento de infraestruturas de transporte;
- Aplicação em caminhos rurais e florestais;
- Aplicação no preenchimento de valas

Estes materiais podem também ser utilizados em operações de enchimento para efeitos de recuperação de zonas escavadas ou para fins de engenharia paisagística.

Referências bibliográficas

LNEC E 471 (2009) – Guia para a utilização de agregados reciclados grossos em betões de ligantes hidráulicos.

LNEC E 473 (2009) – Guia para a utilização de agregados reciclados em camadas não ligadas de pavimentos.

LNEC E 483 (2016) – Guia para a utilização de agregados reciclados provenientes de misturas betuminosas recuperadas para camadas não ligadas de pavimentos rodoviários

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

LNEC E 484 (2016) – Guia para a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição em caminhos rurais e florestais.

LNEC E 485 (2016) – Guia para a utilização de materiais provenientes de resíduos de construção e demolição em preenchimento de valas.

ELEMENTOS RETANGULARES ESTRUTURAIS DE MADEIRA



1 | Reutilização

A recuperação da madeira proveniente da demolição ou renovação de edifícios exige que a mesma esteja isenta de preservadores contendo substâncias perigosas. Por este motivo, é necessário recorrer a métodos de deteção rápida dessas substâncias *in situ*, ou à realização de ensaios laboratoriais. Dependendo do ano de construção do edifício a demolir ou a reabilitar, é possível tentar perceber o tipo de preservador usado. Além disso, é necessária uma inspeção visual cuidada para verificar se a mesma está infestada por fungos ou insetos que a possam ter deteriorado, e analisar a existência de defeitos e deformações que impeçam a possibilidade de reutilização deste material. De referir que o estado de conservação e a resistência da madeira recuperada influenciam o seu destino.

Os elementos de madeira estrutural recuperados apresentam grande variedade de dimensões e de outras características, provêm de diferentes espécies de madeira e apresentam métodos de montagem variados. Estes elementos apresentam elevado potencial para serem reutilizadas para fins estruturais, devendo, para tal, satisfazer os requisitos gerais estabelecidos na norma NP EN 14081-1:2016 (EN14081-1, 2016) para elementos retangulares de madeira estrutural.

Caso estes elementos de madeira não possam ser reutilizados como elementos estruturais, podem ser aplicados para fins não estruturais, sem que para isso tenham que ser sujeitos a processamento. Por exemplo, um elemento de madeira pode ser cortado para retirar partes deterioradas e ser limpo de acessórios metálicos e tintas e depois utilizado em vedações de jardim.

2 | Reciclagem

Os elementos de madeira estrutural podem ser reciclados para diversas aplicações, desde que cumpram os requisitos para o fim a que se destinam. À semelhança da reutilização, na reciclagem deve

ser assegurada a segregação de elementos contendo substâncias perigosas, sendo a identificação destas efetuada *in situ* ou em laboratório.

A madeira estrutural não reutilizada pode ser convertida em madeira lamelada colada ou processada para obter painéis e revestimentos de madeira bem como produtos à base de aparas ou fibras de madeira (painéis de aglomerado de madeira). O processo envolve a trituração dos resíduos de madeira em aparas, a mistura das aparas com ligante para serem comprimidas e moldadas sob calor e pressão elevados para se transformarem em produtos de grande utilidade. É necessário limpar a madeira antes de a reduzir a aparas.



3 | Aplicações

A madeira reciclada tem potencial de utilização em diversas aplicações, nomeadamente: i) revestimentos de paredes e pavimentos; ii) elementos de decoração, tanto interior como exterior; iii) cobertura morta para paisagismo; iv) passadiços; v) painéis de isolamento com fibras de dimensão inferior a 4mm; vi); celulose para produção de papel; entre outros.

Para as diferentes aplicações, os produtos reciclados devem estar conformes com os requisitos estabelecidos nos documentos normativos correspondentes.

Os produtos de madeira comprimida, obtidos a partir de resíduos de madeira, têm como vantagem estarem livres de pragas e serem retardadores de fogo, mais densos, mais fortes, mais consistentes em textura e cor, e com menor teor de humidade em comparação com a madeira natural.



O projeto FCBRE, dedicado a fomentar a reutilização de elementos construtivos recuperados na demolição e renovação de edifícios, desenvolveu um conjunto de fichas visando a recuperação e reutilização de um conjunto alargado de materiais. Estas fichas incluem as características dos materiais, a forma como estão disponíveis no mercado e quais os seus benefícios ambientais. Os elementos de madeira retangulares e a madeira lamelada colada para fins estruturais são alguns dos materiais estudados.

Além destas fichas, foi desenvolvido no âmbito do projeto FCBRE um guia de estratégias de contratação para integrar metas de reutilização nos procedimentos concursais de construção e renovação e um guia para auditorias pré-demolição para recuperação de materiais.

Referências bibliográficas

DRG121 (2021) - Waste wood assessment guidance for the construction and demolition sectors guidance notes. www.demolition-nfdc.com/

FCBRE - Facilitating the circulation of reclaimed building elements in Northwestern Europe, <https://www.nweurope.eu/projects/project-search/fcrbe-facilitating-the-circulation-of-reclaimed-building-elements-in-northwestern-europe/>

EN 13986 (2004) + A1(2018) - Placas de derivados de madeira para utilização na construção – Características, comprovação da conformidade e marcação.

NP EN 14080 (2019) Estruturas de madeira - Madeira lamelada colada e madeira maciça colada - Requisitos

NP EN 14081-1 (2016) Timber structures - Strength graded structural timber with rectangular cross section. Part 1: General requirements.

EN 14250 (2010) - Estruturas de madeira - Requisitos relativos a produtos para asnas prefabricadas utilizando chapas metálicas denteadas.

EN 14342 (2013) Wood flooring - Characteristics, evaluation of conformity and marking.

EN 14374 (2004) - Estruturas de madeira. Madeira micro lamelada-colada (LVL) – Requisitos.

EN 14915 (2013) + A1(2019) + A2(2020) - Solid wood panelling and cladding - Characteristics, requirements and marking.

UNILIN - Chipboard from urban forest, Circular Flanders, <https://vlaanderen-circulair.be/en/cases-in-flanders/detail/unilin/>

Wittaker *et al.* (20) Novel construction and demolition waste (CDW) treatment and uses to maximize reuse and recycling.



1 | Reutilização

Os dados recolhidos na auditoria pré-demolição permitem caracterizar as dimensões dos elementos de aço, bem como a sua condição e facilidade de desmontagem. Estes fatores são determinantes para a avaliação da possibilidade de reutilização.

Estes elementos, possuindo a qualidade adequada, podem ser facilmente reutilizados noutras obras, empreendimentos de construção, apenas com ligeiras alterações, como por exemplo, ajustar a dimensão por corte. De salientar que, visando uma maior reutilização no futuro, é importante: i) o uso de ligações aparafusadas, com parafusos e espaçamento de furos que facilite a sua desconstrução; ii) evitar revestimentos no aço pois prejudicam a avaliação visual; iii) reduzir fixações por soldadura; iv) assegurar a rastreabilidade através de marcação de cada elemento.

Na reutilização de aço com funções estruturais, é necessário assegurar que não possui danos decorrentes da sua utilização. Assim, deve-se verificar a ausência de imperfeições significativas ou deformações permanentes, bem como de corrosão que não seja superficial. Também evidências de que esteve sujeito a ações relevantes de impacto, ou fadiga, ou danos por incêndio, colocam em causa a reutilização (Girão, A. *et al.* 2020).

Potencial de reutilização (Ginga, <i>et al.</i> 2020)			
Sem potencial	Baixo potencial (<50%)	Potencial médio (@50%)	Potencial alto (>50%)
armaduras de aço (edifícios e outras infraestruturas)	armaduras de aço em elementos pré-fabricados (edifícios)	tubagem de aço (edifícios)	aço estrutural (edifícios)

O aço estrutural recuperado pode ser reutilizado na conceção estrutural, sendo a aptidão para o uso verificada através de ensaios, tendo em consideração os requisitos estabelecidos na NP EN 1993.

2 | Reciclagem

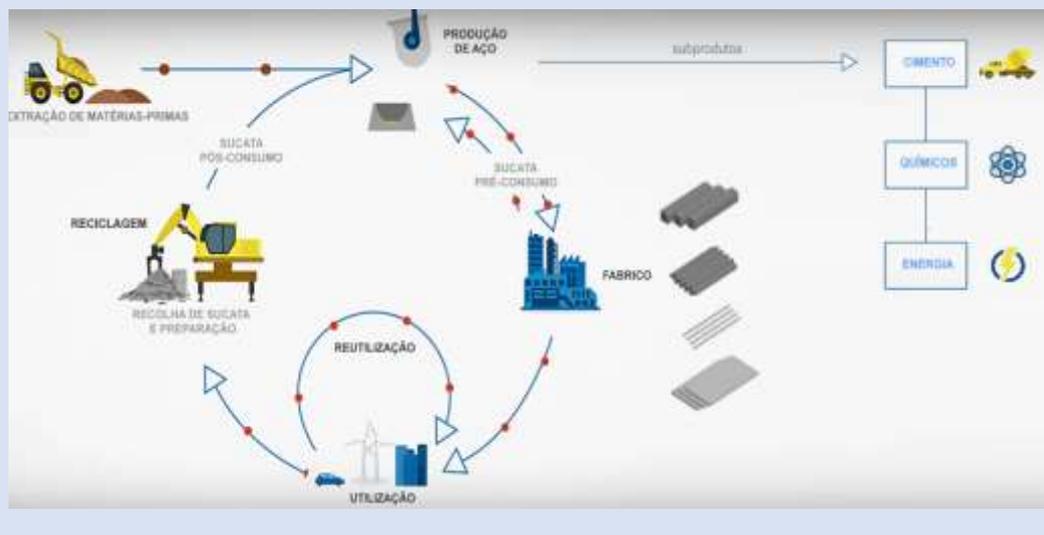
Os resíduos de ferro e aço podem ser reciclados como sucata na indústria siderúrgica, sendo fundidos e transformados posteriormente em novos produtos de aço. O reaproveitamento destes materiais torna o processo de fundição mais barato.

Uma das grandes vantagens do processo de reciclagem destes metais é poder ser realizado várias vezes. O metal pode ser constantemente transformado, evitando o seu desperdício e minimizando a necessidade de extração de matérias-primas primárias.

3 | Aplicações

Os resíduos de construção e demolição de ferro e de aço são de fácil recolha, triagem e transporte para local onde possam ser limpos e reutilizados ou reciclados.

A reutilização e a reciclagem de aço e do ferro são um exemplo concreto de aplicação dos princípios de economia circular. Os elementos que não possam ser reutilizados podem ser reciclados como sucata na produção de aço em fornos de arco-elétrico, que posteriormente dá origem ao fabrico de vigas, carris, lajes, placas de aço entre outros. Os subprodutos da produção de aço têm também aplicação.



Referências bibliográficas

NP EN 1993 – Eurocódigo 3 - Projetos de estruturas de aço. Instituto Português da Qualidade.

Ginga, C. *et al.* (2020). Circular Economy on Construction and Demolition Waste: A Literature Review on Material Recovery and Production. *Materials*, 13, 2970, doi:10.3390/ma13132970

Girão, A. *et al.* (2020). European Recommendations for Reuse of Steel Products in Single-Storey Buildings. Project PROGRESS - PROvisions for GREater reuse of Steel Structures, https://steelconstruct.com/wp-content/uploads/PROGRESS_Design_guide_final-version.pdf

EUROFER - European Steel Association, <https://www.eurofer.eu/>

The Institution of Structural Engineers (2021). Industry CPD: Structural steel and the circular economy.

UK steel construction information, https://www.steelconstruction.info/Recycling_and_reuse/



www.lnec.pt

AV DO BRASIL 101 • 1700-066 LISBOA • PORTUGAL
tel. (+351) 21 844 30 00
lnec@lnec.pt www.lnec.pt