



Instituto Superior de
Engenharia do Porto

MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL

GUIA PARA A DESCONSTRUÇÃO DE
EDIFÍCIOS

Andreia Sofia Moreira Martins

Orientador: Eng.º José Manuel Sousa

Setembro 2013

Agradecimentos

Pretendo aqui deixar o meu agradecimento a todos aqueles que me ajudaram na realização desta dissertação.

Em primeiro lugar, agradeço ao Eng.º José Manuel Sousa, pela orientação, partilha de conhecimentos, disponibilidade e exigência ao longo desta dissertação.

Aos meus pais, pela oportunidade, apoio e incentivo, não só durante a elaboração deste documento, como também durante todo o percurso académico.

Ao Daniel Reis, pela sua amizade, motivação e tempo disponibilizado, sem a sua ajuda, a elaboração deste trabalho teria sido bem mais difícil, o meu muito obrigado.

"A vida é todo um processo de demolição. Existem golpes que vêm de dentro, que só se sentem quando é demasiado tarde para fazer seja o que for, e é quando nos apercebemos definitivamente de que em certa medida nunca mais seremos os mesmos."

Scott Fitzgerald

Palavras-chave

Desconstrução, Demolição, Reutilização, Reciclagem, Gestão de Resíduos de Construção e Demolição

Resumo

Num passado relativamente recente, o processo de demolição tem experimentado várias mudanças, que incidem principalmente na forma como o edifício ou estrutura vai ser demolido. Mais recentemente, o surgimento das preocupações ambientais levam hoje a falar de "desconstrução", em função do prejuízo das demolições.

O termo desconstrução é usado para descrever o processo de desmantelamento e remoção seletiva de materiais de construção em vez da demolição tradicional. O sucesso da desconstrução vem em função do planejamento antecipado, da aplicação contínua das regras de segurança e da formação e informação para todos os trabalhadores.

A triagem de materiais de demolição é de certa forma imposta pela preocupação das empresas que contribuem para a economia de recursos naturais. Esta metodologia é uma melhoria contínua, porém muito mais diversificados os materiais obtidos e a sua heterogeneidade.

A correta gestão do fluxo de resíduos de construção e demolição é importante e o seu interesse na reciclagem de resíduos tem aumentado constantemente. Esse interesse é dirigido pelo grande volume desses materiais, os custos associados e uma maior consciência das oportunidades de reciclar. Auxiliando também no desenvolvimento dos mercados locais para os resíduos, tanto para os materiais que são diretamente reutilizados, como os que são reciclados, sendo novamente aplicados na construção civil.

Esta dissertação aborda os métodos comumente utilizados na demolição de edifícios que dão mais atenção ao planeamento e execução dos trabalhos de demolição, garantindo a segurança no local de trabalho.

Keywords

Deconstruction, Demolition, Reusing, Recycling, Waste Management of Construction and Demolition

Abstract

In the recent past, the demolition process has experienced several changes, which one primarily focus on how the building or structure will be demolished. More recently, the appearance of environmental concerns take today to speak of "deconstruction" in reference to the loss of the demolitions.

The term deconstruction is used to describe the process of selective dismantling and removal of materials from buildings instead of traditional demolition. The success of deconstruction is a function of advance planning, the continuous application of safety rules and training and information for all employees.

The sorting of demolition materials is somehow imposed by concern for companies that contribute to the saving of natural resources. This methodology is a continuous improvement, but much more diverse materials obtained and their heterogeneity.

The correct management of the flow of construction and demolition waste is important and its interest in recycling waste has steadily increased. This interest is driven by the large volume of these materials, the associated costs and a greater awareness of the opportunities to recycle. Also assisting in the development of local markets for waste, both for materials that are directly reused, as they are recycled, again being applied in construction.

This paper discusses the methods commonly used in the demolition of buildings that give more attention to the planning and execution of demolition work, ensuring safety in the workplace.

Índice Geral

Resumo	V
Índice de Figuras.....	XVI
Índice de quadros	XIX
Siglas e Abreviaturas	XX
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Considerações gerais.....	1
1.2 Objetivos	4
1.3 Metodologia	5
1.4 Estrutura da dissertação	5
2. LEVANTAMENTO DO ESTADO DE ARTE.....	7
2.1 Demolição	7
2.2 Importância da desconstrução.....	8
2.2.1 O que é a desconstrução.....	9
2.2.2 Objetivos da desconstrução.....	11
2.2.3 Vantagens.....	12
2.2.4 Projeto para a desconstrução	13
2.2.5 Desafios a superar	17
2.2.6 A desconstrução na Alemanha	20
2.2.7 A desconstrução na Austrália.....	21
2.2.8 A desconstrução na Holanda	22

3.	PROCESSOS DE DEMOLIÇÃO NA CONSTRUÇÃO.....	23
3.1	Introdução	23
3.2	Demolição manual.....	25
3.3	Demolição mecânica.....	26
3.3.1	Tração ou compressão.....	27
3.3.2	Impacto	28
3.3.3	Ação direta da máquina (colapso intencional).....	29
3.3.4	Corte e perfuração	31
3.4	Demolição com explosivos.....	32
3.4.1	Uso controlado de explosivos	33
3.4.1.1	Tipo telescópio	35
3.4.1.2	Tipo derrube	36
3.4.1.3	Tipo implosão.....	37
3.4.1.4	Tipo colapso sequencial	38
3.4.2	Micro-explosão.....	39
3.5	Demolição por processos térmicos	40
3.5.1	Uso da lança térmica	40
3.5.2	Por uso do maçarico	41
3.5.3	Por uso de laser	42
3.6	Demolição por processos abrasivos	43
3.6.1	Uso do corte diamantado e carborundo.....	43

3.6.2	Uso do jato de água (hidrodemolição).....	44
3.6.3	Uso do jato de água com areia.....	45
3.7	Demolição por processos elétricos.....	46
3.7.1	Aquecimento das armaduras.....	46
3.7.2	Electrofratura.....	47
3.7.3	Aquecimento induzido de um material ferromagnético.....	47
3.7.4	Uso do arco voltaico.....	48
3.7.5	Micro-ondas.....	48
3.8	Demolição química.....	49
3.8.1	Ataque químico.....	49
3.8.2	Ataque eletroquímico.....	49
3.8.3	Por expansão.....	50
3.8.3.1	Expansão de gás.....	50
3.8.3.2	Expansão química.....	51
4.	RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO.....	53
4.1	Introdução.....	53
4.2	Enquadramento legal.....	55
4.2.1	Decreto-lei n°46/2008, 12 de Março.....	56
4.2.2	Decreto-lei n°178/2006, 5 de Setembro.....	56
4.2.3	Decreto-lei n°73/2011, 17 de Junho.....	56
4.2.4	Portaria n°209/2004, 3 de Março.....	57

4.2.5	Portaria nº417/2008, 11 de Junho.....	57
4.3	Caraterização dos resíduos de construção e demolição.....	57
4.3.1	Resíduos de construção	58
4.3.2	Resíduos de remodelação, reabilitação e renovação	58
4.3.3	Resíduos de demolição	58
4.4	Classificação dos resíduos de construção e demolição	58
4.4.1	Resíduos inertes	59
4.4.2	Resíduos não inertes	59
4.4.3	Resíduos perigosos	60
4.5	Gestão de resíduos de construção e demolição.....	60
4.5.1	Princípio da hierarquia de resíduos	62
4.5.1.1	Prevenção e redução.....	62
4.5.1.2	Preparação para a reutilização	63
4.5.1.3	Reciclagem	63
4.5.1.4	Outros tipos de valorização	64
4.5.1.5	Eliminação	64
4.5.2	Classificação de resíduos segundo o destino final.....	64
4.5.2.1	Resíduos reutilizáveis	66
4.5.2.2	Resíduos recicláveis	66
4.5.2.3	Resíduos para aterro.....	66
4.6	Importância da separação ou triagem de RCD.....	66

5.	GUIA PARA A DESCONSTRUÇÃO	71
5.1	Introdução	71
5.2	Escolha do empreiteiro.....	71
5.2.1	Concurso ou adjudicação direta	73
5.2.2	Receção da proposta	74
5.3	Verificações antes da desconstrução	79
5.3.1	Inspeção do local.....	80
5.3.1.1	Caraterização do edifício	80
5.3.1.2	Edifícios adjacentes	82
5.3.1.3	Valor histórico dos edifícios	83
5.3.1.4	Serviços públicos	83
5.3.2	Substâncias perigosas.....	85
5.3.2.1	Amianto	87
5.3.2.2	Chumbo	91
5.3.2.3	Sílica	93
5.3.2.4	Bifenilos policlorados.....	95
5.3.2.5	Compostos orgânicos voláteis	96
5.3.2.6	Cádmio.....	97
5.3.2.7	Formaldeído	97
5.3.2.8	Materiais com substancias radioativas.....	98
5.3.3	Inspeção estrutural.....	99

5.4	Documentação do projeto.....	100
5.4.1	Plano de desconstrução.....	102
5.4.1.1	Projeto de execução técnico.....	103
5.4.1.2	Plano de segurança e saúde.....	105
5.4.1.3	Plano de prevenção e gestão de resíduos.....	107
5.4.1.4	Plano de organização do local/ocupação da via pública.....	109
5.4.2	Licenciamento.....	111
5.5	Segurança na desconstrução.....	111
5.5.1	Planeamento do processo de desconstrução.....	112
5.5.1.1	Edifício.....	113
5.5.1.2	Ambiente.....	114
5.5.1.3	Ferramentas.....	114
5.5.1.4	Supervisão e formação.....	115
5.5.1.5	Limpeza do local.....	116
5.5.1.6	Equipamentos de proteção individual.....	117
5.5.1.7	Equipamentos de proteção coletiva.....	121
5.5.1.8	Riscos associados à desconstrução.....	124
5.5.1.9	Medidas preventivas.....	126
5.5.1.10	Prevenção e proteção contra incêndios.....	128
5.5.2	Contenção de fachadas.....	129
5.6	Execução do processo.....	130

5.6.1	Fases da desconstrução	134
5.6.2	Trabalhos de execução da desconstrução.....	135
5.6.2.1	Desmontagem de equipamentos de instalações.....	137
5.6.2.2	Desmontagem dos materiais de revestimento, decoração e acabamentos	137
5.6.2.3	Desmontagem das instalações técnicas.....	138
5.6.2.4	Desmontagem de coberturas.....	139
5.6.2.5	Demolição de paredes interiores e divisórias	140
5.6.2.6	Demolição de paredes de fachadas.....	140
5.6.2.7	Demolição de elementos estruturais.....	141
5.6.2.8	Tratamento dos solos	144
5.6.3	Desconstrução de estruturas de madeira	144
5.7	Otimização da reciclagem na desconstrução	145
5.7.1	Remoção de materiais	146
5.7.2	Reciclagem de resíduos.....	147
5.7.3	Triagem e separação de resíduos	148
5.8	Trabalhos posteriores à desconstrução	149
6.	CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS	151
	Referências bibliográficas	153

Índice de Figuras

Figura 2.1: Caraterização dos resíduos de construção e demolição [30].....	8
Figura 2.2: Exemplo da separação de resíduos de demolição [42]	12
Figura 2.3: Representação da gestão de resíduos [41].....	13
Figura 2.4: Ciclo de vida de uma construção [43].....	15
Figura 3.1: Ciclo de vida dos materiais [42]	24
Figura 3.2: Demolição com ferramentas manuais, à esquerda a utilizar um martelo e à direita a utilizar um martelo pneumático [42].....	26
Figura 3.3: Demolição por tração após colocação de um cabo ligado à estrutura [11]	27
Figura 3.4: Demolição por compressão [44]	28
Figura 3.5: Demolição com a utilização de bola [45]	29
Figura 3.6: Demolição por impacto [44].....	31
Figura 3.7: Demolição com a utilização de tesoura pulverizadora [46].....	32
Figura 3.8: Demolição como o uso de martelo pneumático [44]	32
Figura 3.9: Demolição com o uso de explosivos pelo método telescópio [21].....	36
Figura 3.10: Demolição com uso de explosivos pelo método de derrube [47]	37
Figura 3.11: Demolição pelo método de implosão no Bairro do Aleixo [48]	38
Figura 3.12: Demolição com o uso de explosivos pelo método de colapso sequencial [47].....	39
Figura 3.13: Demolição com o uso de explosivos pelo método de micro-explosão [21].....	40
Figura 3.14: Demolição com o uso de lança térmica [49].....	41
Figura 3.15: Demolição com uso de maçarico [49].....	42
Figura 3.16: Demolição com o uso de laser [10].....	42
Figura 3.17: Demolição por processos abrasivos, à esquerda com a utilização de um disco de corte e à direita com a utilização de uma caroteadora [46]	44
Figura 3.18: Demolição com o uso de jato de água [50]	45
Figura 3.19: Demolição com uso de jato de água com areia [50]	46
Figura 3.20: Aquecimento induzido de um material ferromagnético [26]	47

Figura 3.21: Equipamento que produz micro-ondas [26]	49
Figura 3.22: Demolição com uso de expansão química [27]	51
Figura 4.1: Ciclo de vida do betão [51].....	55
Figura 4.2: Exemplo de separação de resíduos de demolição [41].....	59
Figura 4.3: Hierarquia de gestão de resíduos de demolição e construção	62
Figura 5.1: Imagem do mineral amianto branco à esquerda e à direita as fibras de amianto [52]	87
Figura 5.2: Fita de sinalização à esquerda e à direita um exemplo de como devem ser embalados e identificados os materiais que contêm amianto [53]	89
Figura 5.3: Equipamento de proteção individual para o amianto [54]	90
Figura 5.4: À esquerda imagem do mineral de chumbo e à direita tubos de chumbo [55].....	91
Figura 5.5: Imagem de areia de sílica [56]	93
Figura 5.6: À esquerda a imagem de PCB e à direita o contentor identificador onde devem ser colocados [57]	96
Figura 5.7: Imagem de cádmio em metal à esquerda e à direita pigmentos de cádmio [58].....	97
Figura 5.8: Imagem de formaldeído e materiais que contem formaldeído [59]	98
Figura 5.9: Sinalização de segurança no local de desconstrução [33].....	112
Figura 5.10: Sinalização dos EPI obrigatórios em obra [60]	117
Figura 5.11: Equipamentos de proteção individual, luvas, botas de biqueira de aço, óculos, capacete e protetor auricular [61].....	118
Figura 5.12: Proteção respiratória, à esquerda máscara respiratória de filtrar partículas, à direita máscara respiratória [61].....	119
Figura 5.13: Arnês de segurança [61].....	121
Figura 5.14: Trabalhadores a utilizar o arnês de segurança ligados a uma corda como suporte [11]	122
Figura 5.15: Exemplos de andaimes em obras [11]	123
Figura 5.16: Exemplos de guarda-corpos na cobertura [11].....	123
Figura 5.17: Redes de proteção contra quedas em altura [62].....	124

Figura 5.18: O mau posicionamento das escadas auxiliares, à esquerda a escada corre o risco de cair na vertical e à direita a escada encontra-se segura tanto na horizontal como na vertical [11]	125
Figura 5.19: Colocação estratégica da grua [11]	126
Figura 5.20: Exemplos de contenções de fachadas antigas [11]	130
Figura 5.21: A desmontagem do edifício piso a piso, no sentido descendente, de modo a começar na cobertura e acabar nas fundações [9]	131
Figura 5.22: Escoramento obrigatório em elementos em consola [9]	131
Figura 5.23: Os elementos soltos devem ser os primeiros a serem removidos de modo a não comprometer a estabilidade durante a desconstrução [9]	132
Figura 5.24: O desmantelamento dos elementos construtivos deve ser realizado no sentido inverso à sua construção, inicia-se pelo revestimento e acaba nos elementos de suporte [9]	132
Figura 5.25: Colocar escoramento provisório durante a desmontagem dos elementos de modo a manter a estabilidade [9]	133
Figura 5.26: Os arcos e as abobadas são elementos estruturais, devem ser retirados pela ordem inversa à sua montagem para evitar o colapso [9]	133
Figura 5.27 Os elementos estruturais verticais necessitam de escoramento provisório de modo a não colapsarem [9]	134
Figura 5.28: Colocação de escoramento provisório em pavimentos de modo a evitar o colapso [9]	134
Figura 5.29: Fases da desconstrução.....	136
Figura 5.30: Exemplo de como pode ser retirada a viga, sempre com apoio provisório para evitar o colapso [10]	142
Figura 5.31: Exemplo de como pode ser retirado a laje [27].....	143
Figura 5.32: Exemplo de como pode ser retirado o pilar [27]	143
Figura 5.33: Elementos de transporte de resíduos, à esquerda um contentor de depósito de resíduos e à direita uma conduta de descarga de resíduos [63]	146
Figura 5.34: Máquinas móveis para trituração de resíduos em obra [64]	148
Figura 5.35: Tarefas de gestão de RCD do ponto de vista politico-legal [4]	149

Índice de quadros

Quadro 2.1: Oportunidades e restrições da desconstrução [28].....	19
Quadro 4.1: Vantagens e desvantagens da separação na origem versus centros de triagem [9]	68
Quadro 5.1: Risco e medidas de prevenção associados à desconstrução [18]	120
Quadro 5.2: Descrição da desconstrução estrutural e não estrutural [6]	145

Siglas e Abreviaturas

COV	Compostos Orgânicos Voláteis
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
LER	Lista Europeia de Resíduos
PCB	Bifenilos Policlorados
PPGR	Plano de Prevenção e Gestão de Resíduos
PSS	Plano de Segurança e Saúde
RCD	Resíduos de Construção e Demolição

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações gerais

A indústria da construção constitui um dos maiores e mais ativos sectores em toda a Europa. Tem vindo a sofrer, um pouco por todo o mundo, uma grande evolução, e com isso, uma crescente extração de recursos naturais. Para reduzir o impacto ambiental gerado pela contínua recolha de nova matéria-prima são criados procedimentos para a gestão de resíduos. [12]

Esta indústria consome mais matérias-primas do que qualquer outra atividade. A nível mundial, os edifícios construídos armazenam 40% dos materiais e 55% das madeiras extraídas. As quantidades de resíduos são elevadas e estima-se que o edificado e atividades afins originem cerca de 40% do total de resíduos produzidos. [31]

A reciclagem de resíduos de construção e demolição foi principalmente empregue na reconstrução da Europa após a segunda guerra mundial. Nos dias de hoje, o país europeu em que mais se aplica é a Holanda.

A desconstrução é um processo construtivo de desmontagem. Tem como objetivo principal, recuperar o máximo possível dos materiais de construção de forma a ser possível serem reutilizáveis ou, até mesmo recicláveis e aplicados em novas construções. Pretende-se que os resíduos originados possam ser rentáveis, ecológicos e com maior ciclo de vida.

A desconstrução de edifícios apresenta várias vantagens em relação à demolição convencional, contudo também se defronta com vários desafios. Algumas das vantagens são o aumento da taxa de desvio de resíduos de demolição dos aterros, desenvolvimento sustentável e económico através da reutilização e reciclagem, potencial de reutilização de

componentes de construção, maior facilidade de reciclagem de materiais e maior proteção do ambiente, tanto local como globalmente. [1]

Em antagonismo, este processo construtivo entende-se como uma atividade demorada, com grande incorporação de mão-de-obra, que só será rentável se houver mercado para os produtos de demolição e o custo de material indiscriminado levado a vazadouro for suficientemente elevado, para ser eliminado. [2]

Existem hoje oportunidades para a indústria investir em atividades que criarão lucro, é uma mais-valia em termos de resultados ambientais, extraindo valiosos recursos do fluxo de resíduos de construção e demolição e criando mercados para esses recursos.

De facto, é inegável que a quantidade e o tipo de resíduos que vêm sendo produzidos por o sector da construção civil, se vão acumulando, esgotando as capacidades dos aterros existentes e causando sérios problemas ambientais, urbanos, sociais e económicos, principalmente quando depositados clandestinamente.

A gestão dos resíduos de construção e demolição também se tornou mais complexa devido às crescentes exigências técnicas e legais, que têm estimulado o aparecimento de empresas especializadas na prestação de serviços relacionados com recolha, transporte, reciclagem e tratamento destes resíduos. [4]

Do ponto de vista económico, a obtenção de inertes reciclados só se torna atrativa quando o produto obtido é competitivo com o material natural, em termos de custo e qualidade. Os inertes reciclados só são competitivos onde exista falta de material natural ou falta de vazadouros autorizados. A reciclagem trará nestas condições, redução de custos no transporte e entrega de resíduos. [2]

Os fatores económicos desta indústria são influenciados não só pelas soluções técnicas, mas também pelos custos de transporte dos resíduos, taxas de resíduos a vazadouro, custo de processamento e preço de mercado dos inertes reciclados. [2]

Contudo a desconstrução aparece como sendo um novo “método construtivo” procurando a diminuição do impacto ambiental das atividades da fileira do sector da construção, reduzindo os volumes de resíduos inertes que são obtidos no processo de desmantelamento de uma obra.

Reutilizar os materiais em novas construções resulta numa menor energia que seria necessária para a produção de novos materiais, menos poluição e permite um maior ciclo de vida útil do material. Os materiais seguem uma hierarquia de opções possíveis, tais como a reutilização, a reciclagem, o uso de combustível, a eliminação de materiais não perigosos, e eliminação de materiais perigosos. Uma abordagem hierárquica de gestão dos materiais a partir da desconstrução de um edifício é inerente ao processo de separação local. [8]

Porém, o conjunto destas ações deve sempre comportar as medidas de segurança das pessoas (individualmente e da coletividade) e de acordo com a legislação exigida vigente, além da segurança do processo com relação ao meio-ambiente. [5]

Além de que este processo construtivo tem o potencial de criar novas capacidades profissionais e oportunidades de emprego, promove também a criação e expansão de pequenas empresas a lidar com o material recuperado de projetos de desconstrução, e beneficiar o meio ambiente, desviando valiosos recursos de aterros em usos lucrativos. Por outro lado permite à desconstrução pagar a si própria, através da geração de receitas e redução de custos e eliminação de aterros sanitários. [6]

O ambiente incorporado do futuro está a ser construído, no início de uma nova época ecológica em que os governos estão a enquadrar os mercados com a regulamentação e legislação que responde aos desafios da sustentabilidade ambiental, e onde a indústria tem de responder aos desafios das economias de baixo carbono e o esgotamento dos recursos.

[3]

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem como principal objetivo a elaboração de um guia prático para a desconstrução de edifícios. Este novo modelo permite fornecer informação às empresas, na área da demolição, sobre quais os procedimentos a serem implementados nas várias etapas de uma desconstrução. Compreende-se as várias etapas de uma desconstrução, nomeadamente antes, durante e após o desmantelamento do edifício.

O desenvolvimento deste tema pretende também, não só analisar a situação atual de Portugal em relação à demolição tradicional e à desconstrução, como também apresentar as suas características e vantagens deste novo método. Pretende-se ainda estudar e classificar os diferentes processos de demolição existentes, de acordo com o tipo de equipamentos utilizados, manuais ou mecânicos.

Analisar e estudar os resíduos provenientes da desconstrução de edifícios, de acordo com a sua classificação e legislação aplicada. Referir e informar sobre as diferentes etapas de gestão de resíduos e a sua implementação no mercado da reutilização e reciclagem, bem como sensibilizar na aplicação de uma construção sustentável.

Apresentar através deste guia medidas de prevenção e segurança a serem aplicadas durante a sua execução, bem como informar sobre os materiais que contêm riscos especiais e prejudiciais para a saúde dos trabalhadores.

1.3 Metodologia

A presente dissertação foi elaborada com base num estudo e pesquisa bibliográfica sobre o assunto abordado que, posteriormente permitiu a elaboração de uma guia prático na execução da desconstrução.

O guia prático foi estruturado através de investigação e de várias informações sobre o estudo da desconstrução e compilação e análise de vários artigos que serão apresentados ao longo da dissertação. Estes artigos são relativos aos diferentes processos de demolição e respetivas ferramentas utilizadas.

Para além do estudo da situação atual da gestão de resíduos em Portugal e o seu enquadramento legal, como também os riscos associados na prática da desconstrução e procedimentos a serem tomados de modo a evitar situações de perigo e acidentes de trabalho.

1.4 Estrutura da dissertação

A presente dissertação está dividida em seis capítulos, sendo estes a introdução, o levantamento do estado de arte, os processos de demolição na construção, os resíduos de construção e demolição, o guia para a desconstrução e as conclusões e perspetivas futuras.

No primeiro capítulo é efetuada uma introdução geral ao tema, os objetivos desta dissertação, a metodologia seguida e a sua estrutura.

No segundo capítulo apresenta-se uma visão geral sobre a desconstrução e a sua importância na atualidade, as preocupações ambientais que levam a este processo de demolição comparando com a demolição tradicional, e as suas vantagens. São também sugeridos alguns potenciais aspetos a melhorar.

No terceiro capítulo são definidos e caracterizados todos os processos de demolição, desde os mais vulgares no trabalho corrente até aos menos usuais. Também é abordado o tipo de equipamentos utilizados.

O quarto capítulo pretende apresentar uma visão geral sobre as preocupações em torno dos resíduos de construção e demolição. Pretende também apresentar as normas e legislação existente em Portugal sobre a gestão de resíduos.

No quinto capítulo é desenvolvido o tema principal desta dissertação, a elaboração de um guia de apoio à desconstrução. Neste guia são descritos passo-a-passo, todos os aspetos relevantes de apoio ao desenvolvimento de soluções sustentáveis em função da desconstrução de um edifício, nomeadamente antes, durante e após o desmantelamento do edifício. É também abordada a questão dos riscos e regras de segurança a seguir durante todo o processo da desconstrução, como também o futuro dos materiais removidos.

No sexto capítulo são apresentadas as principais conclusões a retirar do trabalho realizado, bem como uma análise crítica à construção atual e ao seu futuro. São apresentadas também algumas recomendações a trabalhos futuros realizados acerca do mesmo tema.

2. LEVANTAMENTO DO ESTADO DE ARTE

Em Portugal, novos empreendimentos nascem onde antes existiam construções que já não conseguem responder às necessidades para que foram criadas, ou que não conseguem adaptar-se aos requisitos dos utilizadores. Procede-se, na maioria destes casos, à demolição tradicional, ou seja, sem qualquer preocupação no sentido da recuperação de componentes, elementos ou materiais de construção. O mesmo se verifica nas operações de reabilitação em que, muitas vezes se procede à demolição de todo o interior do edifício permanecendo, quase sempre, unicamente a fachada principal. A conjugação da desconstrução com a reabilitação é uma via para a sustentabilidade da construção, mas a falta de uma metodologia adequada de desmantelamento e aproveitamento, leva a que materiais e elementos de construção passíveis de serem reutilizados, sejam muitas vezes levados para aterros. [34]

Não são raros os exemplos de má gestão ambiental, nomeadamente ao nível da deposição dos resíduos de obras. É urgente alterar esta situação, de modo a assegurar a preservação dos recursos naturais e contribuir para o necessário desenvolvimento sustentável. Num período em que a atividade do sector é mais reduzida, é imprescindível que as empresas de construção tenham capacidade para dar resposta a todas as exigências dos concursos, que, cada vez mais, incluem uma componente ambiental. [34]

2.1 Demolição

A demolição é a resposta ao fim de vida dos edifícios ou estruturas, quando estes se encontram em estado degradado ou em risco de instabilidade, em que o custo de manutenção ou reabilitação seja demasiado elevado face à demolição total, ou que coloque em causa a segurança da população e das construções vizinhas.

A demolição significa o desmantelamento ou destruição de qualquer edifício ou estrutura ou qualquer parte do mesmo, através de métodos pré-planeados e controlados. Os métodos de demolição podem variar, dependendo do local onde será realizado, o tempo disponível, os materiais de construção, o objetivo da demolição e a forma de detritos que vão ser acumulados. Os métodos em que o ruído, a poeira e a vibração são limitados, vão aumentar o custo de demolição.

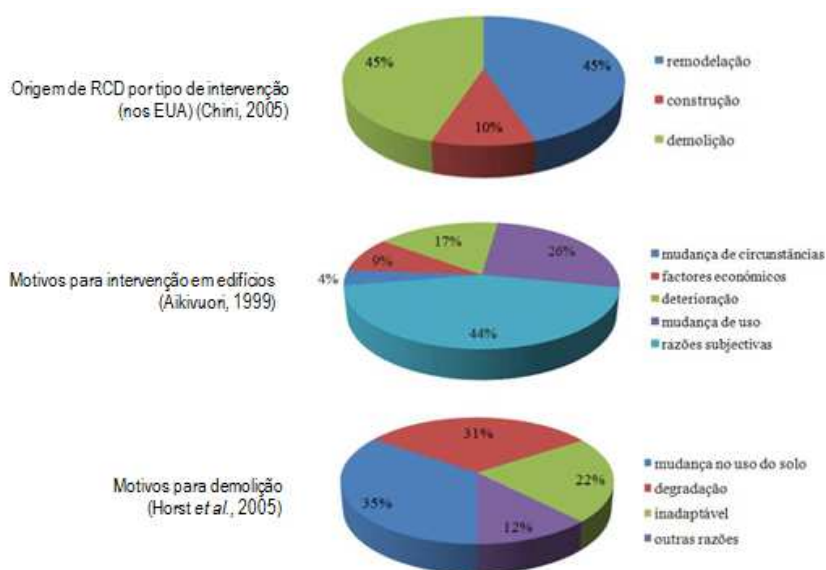


Figura 2.1: Caracterização dos resíduos de construção e demolição [30]

2.2 Importância da desconstrução

Em termos de definição, a desconstrução pode ser entendida como a desmontagem sistémica de uma edificação com o objetivo de maximizar a recuperação de materiais e componentes para reutilização e reciclagem. Enquanto o processo de demolição geralmente conduz à mistura de diversos materiais e inevitavelmente à contaminação de componentes, que originalmente não representavam risco à saúde humana e ao meio-ambiente, a desconstrução é na verdade a separação dos materiais. [32]

A desconstrução visa reduzir o impacto ambiental das atividades de todo o sector da construção, reduzir o número de novos produtos a serem fabricados e reduzir os volumes de resíduos que geralmente são depositados em aterros sanitários.

A importância da desconstrução como ferramenta em prol da sustentabilidade pode ser resumida em três aspetos: [32]

- Prolonga a vida útil dos materiais e componentes evitando desta forma o consumo desnecessário de matérias-primas e energia para a fabricação de novos materiais e/ou componentes;
- Contribui para diminuir o volume de resíduos produzidos e enviados para aterros, uma vez que tudo que pode ser reaproveitado é retirado da edificação antes da demolição propriamente dita;
- Contribui para melhorar a qualidade dos resíduos enviados para os centros de triagem uma vez que os mesmos saem do local de demolição com uma composição mais homogênea.

2.2.1 O que é a desconstrução

A desconstrução é um conceito recentemente criado que surgiu por causa do rápido crescimento do volume de demolição de edifícios e da evolução das preocupações ambientais da população. No processo de desconstrução, interferem mais participantes diferentes que no processo de demolição tradicional. [29]

A desconstrução é um processo construtivo de desmontagem, com a finalidade de recuperar a máxima quantidade de materiais para a sua maior e melhor reutilização. Surge como uma alternativa à demolição. A reutilização é o resultado preferido neste processo, porque requer menos energia, matérias-primas e poluição do que causa durante a

reciclagem de modo a continuar com a vida útil do material. Como consequência da desconstrução, também há muitas oportunidades para a reciclagem de outros materiais ao longo do seu percurso.

Nesta metodologia, os trabalhos realizam-se de maneira inversa à seguida no processo de construção. Ou seja, antes da desconstrução da alvenaria e estrutura, deve-se evitar a presença de todos os outros materiais, em especial o fibrocimento, gesso, madeiras, polímeros, entre outros. Só depois é que se procede à desconstrução das paredes de alvenaria, e por fim à própria estrutura. [2]

A desconstrução não é definida por um modelo único, na verdade, suporta diversos modelos e diferentes graus de intensidade, em função dos seus objetivos e contexto no qual ocorre. O que é comum a todos os modelos, o desmantelamento seletivo, o qual deve ser aplicado nos vários métodos e técnicas de forma coordenada e complementar, dependendo portanto, do modelo escolhido. [9]

Por estas razões, deve ser definido e desenvolvido o modelo ideal para cada obra de desconstrução. Isto é, um modelo adequado para atender às exigências ambientais de uma forma equilibrada, tendo em conta as reais possibilidades do contexto técnico e desenvolvimento económico. O modelo proposto pretende alcançar um grande valor para a utilização de materiais e elementos constitutivos da construção a ser desconstruída, e a viabilidade económica do processo. [9]

A demolição de edifícios ou estruturas é atualmente responsável pela produção de uma parcela significativa de todos os resíduos originados pelas cidades. E é nesse contexto que a desconstrução surge como uma alternativa ambientalmente viável para a indústria da construção civil. [32]

2.2.2 Objetivos da desconstrução

A desconstrução estabelece a demolição de edifícios, deve ter como base as ações coordenadas, sendo as ações prioritárias, a recuperação de elementos arquitetônicos, recuperação de materiais contaminados, recuperação de materiais recicláveis e recuperação de materiais constituídos por pedra. [9]

Estes trabalhos de recuperação de elementos arquitetônicos podem ser completos ou parciais, de modo a que possam ser reutilizados com o mínimo de operações de adaptação ou transformação, por exemplo, grades, escadas, portas, móveis fixos de quartos de banho e cozinhas, etc. No caso de materiais contaminados, o objetivo não é reintegrar os materiais de construção, é exclusivamente isolá-los dos outros materiais, com o objetivo de os submeter a um tratamento especial ou transportá-los para um aterro específico. [9]

As atividades que têm mais influência sobre o processo de desconstrução estão relacionadas com a reciclagem de materiais de pedra, estas podem incidir no betão, cerâmica, areia e pedra natural. A reciclagem de todos os materiais do edifício de natureza de pedra que compõem as construções, principalmente construções em betão armado, consegue uma recuperação de materiais significativamente elevada, em relação ao volume total de construção que é demolida. [9]

Apesar de os materiais em pedra terem um impacto determinante na composição dos edifícios, devemos considerar que existem outros materiais, embora em menores quantidades envolvidas, tradicionalmente recuperados como metal, madeira, etc. A reciclagem destes materiais e outros mais atuais, não é difícil, na verdade, já fazem parte dos hábitos da indústria. [9]



Figura 2.2: Exemplo da separação de resíduos de demolição [42]

2.2.3 Vantagens

Ao optar pela desconstrução de um edifício, tem como benefícios a reutilização e reciclagem dos materiais o que promove a redução de custos globais de remoções de construção, fornece custos mais baixos de materiais de construção para a comunidade, prolonga a vida útil dos materiais, protege o meio ambiente natural, reduzindo a necessidade para a extração de novos recursos, impulsiona a criação de emprego e desenvolvimento económico e reduz a energia necessária para criar materiais novos.

A desconstrução cria mais oportunidades de emprego e formação para os trabalhadores menos qualificados do que a demolição tradicional. Com isto consegue-se mais empregos e oportunidades de carreira, o que estimula a economia local. A reutilização de componentes estimula a economia através da criação de um mercado de materiais recuperados, que não podem ser de outra maneira acessíveis na construção. Este mercado oferece a oportunidade para o desenvolvimento de pequenas empresas e disponibiliza materiais de construção com baixo custo para a comunidade. [1]

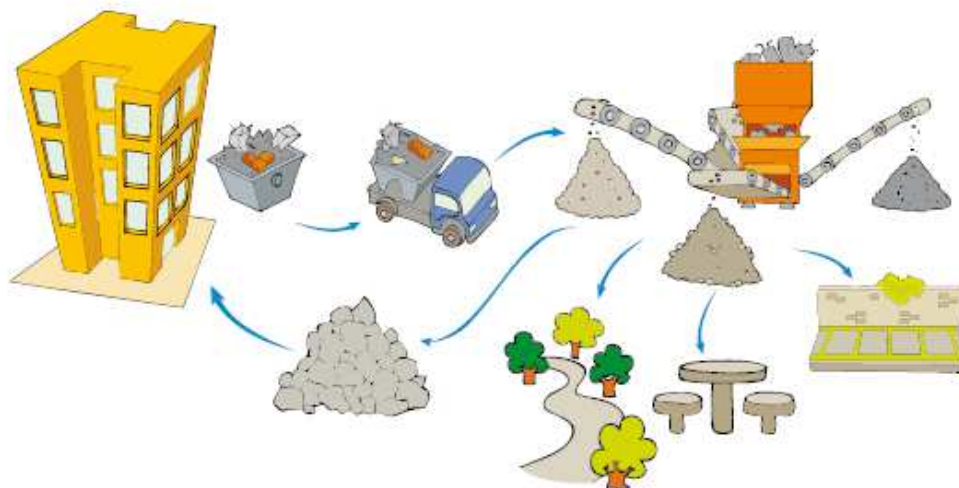


Figura 2.3: Representação da gestão de resíduos [41]

2.2.4 Projeto para a desconstrução

O conceito de projeto para a desconstrução foi criado em 1976 pelo professor H.W. Reinhardt, da Technical University of Delft, na Holanda, mas ganhou força apenas no começo da década de 1990. O conceito de projeto para a desconstrução apoia-se em áreas de projeto para desmontagem, reutilização e reciclagem de materiais. O seu objetivo geral é reduzir os impactos da poluição e as novas matérias-primas, aumentar a eficiência económica na adaptação da desmontagem de construções, na recuperação de componentes e materiais para reutilização ou reciclagem.

Este método de projeto opta pela reutilização de elementos inteiros. Quando a edificação é construída para o primeiro ciclo de vida deve-se saber como desconstruir e como reconstruir. Desta forma fica clara a importância dos detalhes construtivos. Além disso, tamanhos, larguras e alturas devem ser padronizados. Evidencia-se que o projeto para a desconstrução é interessante quando a expectativa de vida útil dos elementos da edificação é maior que a expectativa de vida da edificação em si. [32]

As forças dinâmicas tecnológicas e económicas em edifícios comerciais em geral, têm impulsionado o desenvolvimento de estações de trabalho modulares e autônomas, sistemas de piso elevado, edifícios com sistemas de aquecimento e refrigeração passivos, e produtos de acabamento recuperados. Por estes meios, o projeto de construção auxilia edifícios que permitem a desmontagem das componentes não-estruturais. [28]

O projeto para a desconstrução expande essas estratégias de adaptação de edifícios considerando todo o ciclo de vida do mesmo, e não apenas à construção, manutenção e reparação, mas grandes adaptações e eventual remoção de todo o edifício do seu local.

Os principais critérios para aumentar a eficiência de uma desconstrução são reduzir o número de peças e o intervalo de tempo necessário para a montagem do edifício, respetivamente, os fatores críticos do projeto para a desmontagem que são, o número de tarefas, o número de ferramentas e o tempo ou grau de dificuldade das tarefas. Cada um desses fatores também tem relevância para a desmontagem do edifício, sendo que o tempo é o fator mais importante, a menos que todo o edifício possa ser removido para um local separado para a desmontagem, mas essa transferência pode custar tanto ou mais do que toda a desconstrução. [28]

O tempo para a desconstrução depende fundamentalmente do número e dificuldade das tarefas. Essa dificuldade inclui o número de ferramentas, precauções, desgaste e a remoção de todo o edifício. [28]

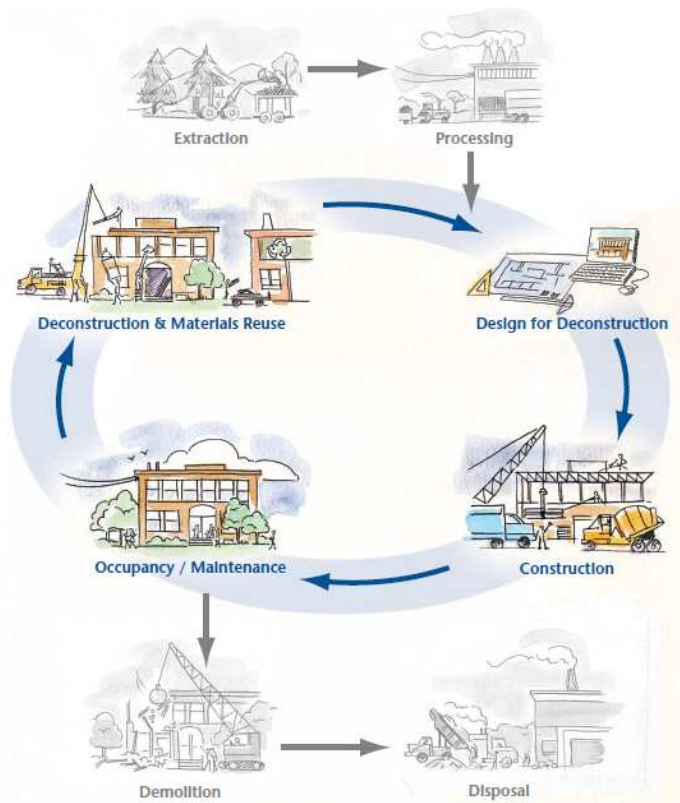


Figura 2.4: Ciclo de vida de uma construção [43]

Alguns dos princípios a serem respeitados para o desenvolvimento de um projeto para a desconstrução são: [29] [32]

- Utilizar materiais reciclados e recicláveis - o aumento do uso de materiais recicláveis encorajará a indústria e o governo a investirem no desenvolvimento de novas tecnologias para reciclagem, e a criação de uma grande rede de suporte para reciclagem e reutilização;
- Evitar materiais tóxicos e perigosos - reduzir o potencial de contaminação dos materiais que estão a ser separados para reciclagem e também reduzir os riscos de danos à saúde durante a desconstrução;
- Evitar materiais compósitos e fazer produtos inseparáveis do mesmo material - grandes quantidades de um certo material não serão contaminados por pequenas quantidades de um material diferente que não pode ser separado;

- Fornecer identificação padrão e permanente dos tipos de materiais - muitos materiais como plástico não são facilmente identificáveis e deveriam ter algum tipo não removível e não contaminante de identificação que facilitasse a separação futura dos mesmos;
- Minimizar o número de componentes diferentes e de materiais - isto simplificará o processo de separação de materiais e reduz os gastos com transportes para diferentes locais de processamento;
- Evitar acabamentos ou recobrimentos secundários quando possível – esses acabamentos podem contaminar o material da base e tornar a reciclagem menos prática e simples. Quando possível usar materiais que já possuam superfícies acabadas ou cujo acabamento pode ser mecanicamente retirado;
- Usar ligações metálicas invés de químicas - isto permitirá a fácil separação dos componentes e materiais, reduzirá a contaminação de materiais e danos a componentes;
- Usar sistema de construção aberto com partes substituíveis - isto permitirá alterações no *layout* através da simples ligação de componentes;
- Usar um projeto modular;
- Utilizar tecnologias de montagem compatíveis com a prática de construção padrão - tecnologias especiais dificultarão a desconstrução e talvez necessitem de mão-de-obra especializada e equipamentos específicos, o que tornará a opção de reutilização menos atrativa;
- Separar a estrutura do revestimento – visa permitir a desconstrução paralela onde algumas partes da edificação necessitam ser removidas sem afetar outras partes;

- Garantir acesso a todos os componentes do edifício e as todas as partes – facilidade de acesso promove facilidade de desconstrução. O ideal é que os componentes possam ser retirados sem o uso de equipamentos especiais;
- Usar componentes dimensionados para se ajustar ao método de carregamento escolhido – permite diversas opções de carregamento em todos os estágios da desconstrução, transporte e remontagem;
- Projetar componentes adequados para todas as fases;
- Diminuir a quantidade de ligações e minimizar a sua variabilidade – padronização de ligações tornará a desconstrução mais rápida e necessitará de menos ferramentas, mesmo se isso resultar no sobredimensionamento de algumas ligações;
- Projetar juntas e ligações para resistir a repetidas montagens e desmontagens;
- Permitir a desmontagem em paralelo;
- Usar subconjuntos pré-fabricados;
- Usar materiais e componentes leves – isto tornará o manuseio mais fácil e rápido;
- Guardar informação sobre o edifício e o seu processo de montagem e identificar permanentemente os pontos de desmontagem – os pontos de desmontagem devem estar claramente identificáveis. Devem ser tomadas medidas para assegurar a preservação de informação como os projetos do edifício, informações sobre o processo de desmontagem, vida útil dos materiais e componentes, e manutenções necessárias.

2.2.5 Desafios a superar

Os desafios enfrentados pela desconstrução são significativos, mas facilmente superados se ocorrerem mudanças no projeto e na política de construção. Esses desafios incluem: [1]

- Edifícios existentes que não foram projetados para a sua desmontagem;
- Componentes de construção que não foram concebidos para a desmontagem;
- Inexistência de ferramentas para desconstruir edifícios;
- Custos de eliminação de resíduos de demolição são frequentemente baixos;
- O desmantelamento de estruturas requer tempo adicional, em relação à demolição tradicional;
- Códigos de construção e normas dos materiais, muitas vezes não abordam a reutilização de componentes dos edifícios;
- Fatores de custo desconhecidos no processo de desconstrução;
- A falta de uma ampla identidade industrial com práticas padronizadas proporcionais;
- Edifícios construídos antes de meados da década de 1970, com a utilização de tintas à base de chumbo e materiais que contenham amianto;
- Os benefícios económicos e ambientais que não estão bem estabelecidos;
- A re-certificação de componentes ou materiais usados não é frequentemente possível.

O estado atual da desconstrução é severamente limitado por vários fatores, os principais obstáculos podem ser classificados como custo e tempo, encontrando-se estes relacionados. Os principais fatores de oportunidade para a desconstrução são os aspetos proibitivos de materiais de construção, disposição e o valor dos materiais de recuperação, em termos ambientais e económicos. Relacionando os custos / benefícios económicos de materiais recuperados estão também a qualidade destes, a sua reutilização, materiais economicamente recicláveis, materiais perigosos e sistemas que se tornam obsoletos ou são difíceis de separar. A viabilidade económica da desconstrução é portanto, dependente de

uma maior e melhor reutilização ou do valor dos materiais recuperados na reciclagem e a eficiência de todo o processo da desconstrução. [28]

Oportunidades	Restrições
Gestão de materiais perigosos	Aumentar a segurança/perigo do trabalhador
Redução de aterros de resíduos	Mais tempo necessário
A atividade económica através de materiais reutilizados	Local para armazenamento de materiais recuperados
Preservação dos novos recursos	Falta de padrões para determinados materiais recuperados para reutilização
A remoção das estruturas ineficientes / obsoletas	Falta de mercados de oferta

Quadro 2.1: Oportunidades e restrições da desconstrução [28]

Em suma, os principais inconvenientes e razões que dificultam a aplicação do método da desconstrução são: [32]

- Os edifícios não são projetados para serem desconstruídos;
- Os profissionais não possuem conhecimentos para por em prática metodologia utilizada pelo processo de desconstrução;
- Os custos para desconstruir são mais elevados que os custos das demolições tradicionais;
- Existência da cultura de que o novo é melhor que o usado;
- Carência de pesquisas sobre o tema.

Para superar este problema, estão em fase de desenvolvimento técnicas e ferramentas para a desconstrução, como também, pesquisas para dar suporte a este método, que estão em

andamento em todo o mundo. O poder público está a começar a incentivar a prática da desconstrução através do aumento dos valores pagos para utilização de aterros ou em alguns casos proibindo a colocação de materiais reutilizáveis em aterros. [32]

A desconstrução, assim como outras questões relacionadas ao desenvolvimento ambientalmente sustentável, é hoje um conceito interessante, mas que apresenta falhas na sua disseminação e implementação. [32]

2.2.6 A desconstrução na Alemanha

Embora a reciclagem de materiais de construção seja uma prática tradicional na Alemanha, o uso dos materiais reciclados ainda é restrito a aplicações menos importantes ou nobres. Um dos maiores obstáculos ao uso de materiais reciclados é a heterogeneidade da sua composição e a contaminação dos resíduos de construção e demolição. Como o processo de melhoria da qualidade dos materiais reciclados é tecnicamente limitado, têm sido feitos esforços para melhorar a qualidade dos resíduos nos locais de demolição. Enquanto a demolição geralmente causa a mistura e contaminação de vários materiais, a desconstrução da edificação ajuda a preservar os materiais permitindo assim a reutilização dos mesmos. [32]

As últimas mudanças na legislação alemã que trata dos RCD buscam exatamente incentivar a desconstrução. Recentemente diversos projetos têm sido desenvolvidos para estudar a viabilidade técnica e económica de estratégias de desconstrução. Mesmo assim, na maior parte dos casos a informação divulgada sobre estes projetos, não é muito detalhada e os resultados das pesquisas, na maioria das vezes conduzidas por entidades privadas, não chegam nem a ser publicados. [32]

Na Alemanha existem aproximadamente 1600 aterros para resíduos de construção e demolição. No entanto, de acordo com a legislação alemã, nenhum tipo de resíduo mineral não identificado, de construção ou demolição, pode ser enviado para aterro. Já o envio dos demais tipos de resíduos é regulamentado pela lei de gestão de resíduos e reciclagem. Deve mencionar-se que na Alemanha além de toda regulamentação relativa aos resíduos, existe uma considerável capacidade de tratamento para resíduos de demolição. Existem mais de 650 empresas operando algo em torno de 1000 britadores, mas a sua disponibilidade varia de região para região. É importante citar que existem os chamados *outlets* de materiais usados, que são grandes centros de comércio, que vendem produtos com preço abaixo do valor de mercado.

2.2.7 A desconstrução na Austrália

A Austrália possui altos níveis de consumo de materiais e conseqüentemente uma grande quantidade de resíduos enviados para aterro. A indústria da construção, ao mesmo tempo em que é o maior contribuinte para produção de resíduos, tem-se configurado como o maior mercado potencial para a reutilização e reciclagem de materiais. O governo tem estimulado iniciativas voltadas para a implementação da prática da desconstrução e da reutilização, o que visa reduzir o grande volume de resíduos produzidos no país, no entanto, tais tentativas têm tido um alcance limitado e ainda sofrem com a falta de uma maior coordenação para que os objetivos sejam alcançados. No âmbito das construções residenciais, a reciclagem já se encontra bem enraizada e altos índices de reutilização são alcançados. No entanto, no âmbito comercial e industrial a situação é bem diferente, sendo a transformação do betão em agregado a única reciclagem relevante. [32]

Atualmente estão em andamento na Austrália diversas pesquisas relacionadas com a desconstrução. Estas pesquisas têm como tema o desenvolvimento de tecnologias para reciclagem, energia incorporada (*embodied energy*) e projeto para a desconstrução. [32]

2.2.8 A desconstrução na Holanda

A produção de RCD na Holanda é de aproximadamente 21 milhões de toneladas/ano com aumento anual de cerca de 2 milhões de toneladas. Tendo em mente o custo ambiental de todo esse volume de resíduos e a escassez cada vez maior de áreas que possam funcionar como aterros. No ano de 1990 o governo holandês fixou a meta de que até o ano 2000, 90% de todo RCD deveria ser reutilizado. Atualmente grande parte do volume total de resíduos produzidos na Holanda é aproveitado principalmente como base para estradas e, devido a esta grande procura poucas pesquisas têm sido desenvolvidas com o objetivo de encontrar outras utilidades para os resíduos de construção e demolição. [32]

A desconstrução não é nenhuma novidade na indústria da construção civil. Apenas no período entre 1970 e 1985 a demolição não foi seletiva, devido a grande evolução das máquinas e a crença de que os recursos naturais eram inexauríveis. As políticas públicas do governo holandês são voltadas principalmente para a redução do volume de resíduos de construção e demolição. Além disso, existe ainda a proibição de envio de materiais recicláveis ou incineráveis para aterros. Desta forma o governo incentiva a reutilização de elementos e componentes. Nos próprios edifícios públicos, o governo tem procurado aplicar materiais reutilizáveis sempre que possível. [32]

3. PROCESSOS DE DEMOLIÇÃO NA CONSTRUÇÃO

3.1 Introdução

As principais razões para se efetuarem demolições em edifícios devem-se a vários motivos, entre os quais se destacam: [21]

- A necessidade de um melhor aproveitamento do solo, sobretudo em zonas de alta densidade populacional, o que obriga a um saneamento do centro das cidades;
- A degradação dos edifícios com o passar do tempo, por parte do utilizador, envelhecimento dos materiais e o vandalismo, poderá provocar a instabilidade do edifício. Nestes casos é necessário proceder à sua demolição para evitar o perigo que pressupõe uma estrutura quando não está no seu estado ótimo;
- A diminuição ou ausência de obras de reabilitação, as intervenções inadequadas ao longo do período de operação do edifício e as alterações de condições de utilização.



Figura 3.1: Ciclo de vida dos materiais [42]

Em alguns casos são necessárias modificações e modernizações que implicam obras de reparação, reforma e inclusive de demolição integral em certos casos, verifica-se também uma elevada procura de demolições em zonas costeiras, que ao serem zonas turísticas necessitam de uma contínua renovação das instalações hoteleiras. [21]

No entanto as condições do projeto, os constrangimentos do local, a sensibilidade da vizinhança e a disponibilidade dos equipamentos, são os critérios que na maioria das vezes definem os métodos de demolição a ser utilizados.

É necessário avaliar uma série de fatores, que são determinantes para que todo o processo seja desenvolvido, com segurança e com o cumprimento dos objetivos previstos, onde se destacam a análise das condições locais, as características das edificações, os meios humanos e equipamentos para efetuar os trabalhos de demolição e os prazos de execução. [11]

A operação de demolição envolve a preparação global de planeamento do trabalho e do trabalho de execução, incluindo os métodos que serão utilizados para demolir a estrutura, os equipamentos necessários para a execução do processo, e as medidas a tomar para executar este trabalho de forma segura.

O processo de demolição divide-se em duas categorias: demolição completa e demolição parcial. A demolição completa envolve a remoção total da estrutura em questão, enquanto a demolição parcial estende-se apenas a uma parte limitada da estrutura. Como base na avaliação e escolha do processo de trabalho para a demolição do edifício ou estrutura, é necessário certos conhecimentos no que diz respeito aos materiais relevantes e às técnicas possíveis para a sua demolição. [25]

A escolha dos processos de demolição a empregar deverá basear-se num conjunto de fatores relacionados com as características da construção a demolir, com as construções e o meio envolvente, a vontade ou não de recuperar o maior número possível de materiais demolidos e o prazo disponível para a realização do trabalho, entre outros. [21]

Os processos de demolição abordados são demolição manual, demolição mecânica, demolição com explosivos, demolição por processos térmicos, demolição por processos abrasivos, demolição por processos elétricos e por último demolição química.

3.2 Demolição manual

A demolição manual consiste na utilização de mão-de-obra e de ferramentas manuais ou ferramentas portáteis motorizadas, tais como, martelo, pá, marreta, picareta, pé-de-cabra, como também pequenos aparelhos elétricos, que exigem um certo esforço físico, por parte do operário. Este processo é aplicado principalmente em demolições de pequenas dimensões ou elementos não estruturais, como tarefas preparatórias para outros métodos

de demolição. Deve ser empregue quando os outros métodos são inadequados, como demolições em espaços confinados ou em situações em que os métodos mecânicos possam causar desabamento ou a provocação de danos nas edificações adjacentes.

Este método tem como vantagem permitir um maior controlo durante a sua execução, o que pode ser relevante, quando existe a intenção de reaproveitamento e separação de determinados materiais construtivos. Como desvantagens este método aumenta a probabilidade de acidentes do trabalho devido a uma maior exposição dos trabalhadores e prolonga o prazo de execução da obra por ser mais artesanal.



Figura 3.2: Demolição com ferramentas manuais, à esquerda a utilizar um martelo e à direita a utilizar um martelo pneumático [42]

3.3 Demolição mecânica

A demolição mecânica é realizada com recurso a equipamentos mecânicos de pequenas e grandes dimensões, que provocam o derrube ou a fragmentação das estruturas. É definida em função do tipo de equipamento utilizado e o modo como é aplicado na estrutura a demolir, as ações aplicadas pelos equipamentos mecânicos podem ser classificadas como tração, compressão, impacto, colapso intencional com o uso direto da máquina, corte e perfuração. Em casos mais complexos podem ser utilizadas combinações de dois ou mais métodos de demolição.

A demolição por meios mecânicos é utilizada em estruturas de maior dimensão que exigem maior rapidez e eficiência, em situações onde existe facilidade de acessos e de movimentação dos equipamentos mecânicos e onde as características dos edifícios e a envolvente permitam a utilização de máquinas, sem serem criadas condições de insegurança para os trabalhadores e para o próprio edifício a demolir.

3.3.1 Tração ou compressão

A demolição por tração consiste em provocar o derrube da estrutura, através da ligação de cabos metálicos à própria estrutura ou à secção a ser demolida. Os cabos devem ser colocados de modo a possibilitar uma boa aderência à estrutura, sendo necessário fazer-se previamente, na alvenaria, furos horizontais que garantem essa ligação. Contudo não devem ser puxados obliquamente, em relação ao eixo longitudinal da máquina, de modo a não criar tensões desiguais nos seus ramos. Por vezes é necessário proteger os cabos com pedaços de madeira para evitar que estes perfurem a construção a demolir. Este método exige uma grande área de segurança para evitar possíveis estragos e acidentes, por queda descontrolada. [21]



Figura 3.3: Demolição por tração após colocação de um cabo ligado à estrutura [11]

No caso de demolição por compressão, a estrutura é comprimida pelo impulso causado pela máquina, até ceder pelo efeito das “pancadas”. É realizado quando a máquina está

equipada com um braço longo, munido de uma ferramenta de demolição com dentes e alcance até 25 m. Este procedimento é utilizado principalmente em alvenarias, e no derrube de estruturas de betão de pequena espessura e debilmente armadas. Trata-se de um método bastante eficiente uma vez que não requer a montagem de andaimes, no entanto, exige também uma grande margem de segurança devido a projeção dos detritos. [21]



Figura 3.4: Demolição por compressão [44]

3.3.2 Impacto

Um dos métodos de demolição mais populares é o do guindaste com a bola de grande massa, tendo esta entre 500 a 5000 kg de metal ou pedra, suspensa no braço da grua. Tem como principais características o facto de ser um serviço económico e rápido a ser empregue. A bola deve, sempre que possível, ser lançada na linha paralela ao braço do guindaste e deve ser segura por um cabo móvel que permita a oscilação e o controlo constante da bola. A zona envolvente precisa estar desimpedida e necessita dos serviços de um operador especializado no guindaste. [22]

A máquina só pode funcionar a partir da zona exterior aos edifícios e necessita de um raio de ação de cerca de 6 metros livres. Tem como desvantagens, grande produção de ruído, poeiras e vibrações, incómodas e perturbadoras para o meio circundante, onde se realizam

os trabalhos. Para além da produção não controlada de detritos, originando a fragmentação dos materiais em grandes e médias dimensões, necessitam por isso, de trabalhos complementares posteriores. Somente utilizável em trabalhos de grande extensão, pois toma-se oneroso o transporte da maquinaria pesada. [23]



Figura 3.5: Demolição com a utilização de bola [45]

3.3.3 Ação direta da máquina (colapso intencional)

Este método de demolição, habitualmente efetuado com recurso a uma máquina giratória, tem como limite o seu alcance. Em algumas situações é possível ultrapassar esta limitação, com a criação de plataformas sucessivas, com recurso à utilização dos detritos originados durante o processo de demolição, permitindo atingir zonas dos edifícios mais elevadas, diminuindo as intervenções com processos manuais.

Este processo requer conhecimentos para decidir quais os elementos estruturais-chave que tornem o edifício instável e que devem ser cortados ou removidos para causar um colapso. Uma vez que se inicie, é provável que a estrutura permaneça instável até que seja demolida. É mais adequado para as pontes, silos, chaminés e estruturas em locais isolados ou fortemente controlados e seguros. [7]

Apenas deve ser executado por trabalhadores experientes e com formação para tal. De outro modo, um erro de cálculo pode colocar a estrutura em situação precária e constituir um risco para o manobrador ou outros trabalhadores que se encontram no local. [22]

Tem como vantagens o facto de ser um método rápido, de baixo risco e não requer a aquisição de acessórios específicos de demolição. As máquinas têm bastante mobilidade, alto rendimento, e são capazes de trabalhar em faces verticais e pisos acima do nível onde se encontra. Os inconvenientes deste método são: exigir uma grande distância de segurança, devido ao controle da direção de projeção dos escombros ser reduzido e estes poderem provocar derrubamentos incontrolados e desfavoráveis. Este método de demolição só funciona dentro do alcance das lanças e para operar estas máquinas de forma eficiente, o comprimento do braço quando está totalmente estendido deve ser pelo menos 1,5 metros acima da altura do edifício a ser demolido. [22]

Devem ser seguidos os seguintes critérios de segurança: [7]

- As máquinas devem ser operadas de acordo com as instruções e recomendações do fabricante;
- As máquinas devem ser conduzidas somente por operadores especializados e competentes para tal;
- As máquinas devem ser operadas, voltadas para a frente das faixas a demolir e não de lado, o que poderá resultar em capotamento ou sobrecarga. Algumas escavadoras de longo alcance são equipadas com um sistema de alerta do ângulo da lança para alertar o operador dessa possibilidade;
- Os resultados das inspeções de manutenção devem ser efetuados por escrito e realizados diariamente por uma autoridade competente;

- A estabilidade das plataformas deve ser verificada antes de qualquer trabalho ser iniciado. Todas as rampas ou plataformas de trabalho construídas a partir de resíduos de demolição, tais como betão e outros detritos, devem ser inspecionadas pelo operador regularmente para identificar qualquer elemento saliente o que pode obstruir ou até bloquear a passagem da escavadora;
- É importante trabalhar dentro das distâncias de segurança da máquina e também manter o local de trabalho seguro tendo em conta a direção da queda dos detritos;
- O operador deve evitar sobrecarregar as suas ferramentas de trabalho, de forma a evitar o capotamento.



Figura 3.6: Demolição por impacto [44]

3.3.4 Corte e perfuração

O processo de demolição por corte utiliza máquinas com tenazes e tesouras incorporadas de grandes dimensões. Têm como função cortar os elementos construtivos em dimensões mais pequenas que possam ser transportadas, em geral, estruturas de betão armado ou metálicas. Nestas ações deve ter-se em atenção os efeitos colaterais dos cortes, em especial da possibilidade de colapso de zonas confinantes, ou esmagamentos por queda dos elementos entretanto cortados. [11]

As tenazes ou tesouras têm uma grande força de corte, exigindo que as máquinas se mantenham apoiadas com grande estabilidade, para garantir a segurança na sua utilização. Os fabricantes oferecem distintas formas das mandíbulas, sendo cada uma delas adaptada ao material a demolir e à função requerida.



Figura 3.7: Demolição com a utilização de tesoura pulverizadora [46]

No caso de demolições com perfuração são utilizados equipamentos como martelos hidráulicos e pneumáticos. Este processo utiliza meios de roto-percussão, instalados nas máquinas, que através da sua capacidade de perfuração e impacto vibratório, permitem o desmonte dos elementos nas zonas a demolir. [11]



Figura 3.8: Demolição como o uso de martelo pneumático [44]

3.4 Demolição com explosivos

Atualmente as técnicas com explosivos produzem uma resposta económica onde outros métodos falham devido ao ruído, equipamento e material dispendioso, desenvolvimento

insuficiente durante a demolição e inacessibilidade de material pesado. Como resultado final surgem destroços de grandes dimensões em que, através de outros processos, é necessário transformar em tamanhos manuseáveis. Comparativamente com os outros métodos o uso de explosivos pode reduzir o período de demolição até 80%. O trabalho de preparação neste tipo de demolição deverá ser executado por pessoas especializadas, sendo que maioritariamente do tempo é direcionado para o período de preparação para a demolição e de limpeza do local após a explosão.

A aplicação de explosivos gera vantagens como redução dos custos, menor duração do processo de demolição, ruído de intensidade aceitável e modo de transporte dos destroços mais acessível. No entanto, a utilização deste método está limitada, em centros urbanos e na proximidade de equipamentos ou estruturas especiais, como centrais nucleares, centrais elétricas, hospitais, etc. [11] [21]

3.4.1 Uso controlado de explosivos

O uso controlado de explosivos é considerado um dos processos mais seguros e rápidos de demolição. É aplicado em estruturas de grandes dimensões em degradação e consiste em reduzir ou desintegrar estrategicamente, elementos estruturais, normalmente paredes de suporte ou pilares. Para fragmentar a estrutura são perfuradas cavidades no centro do elemento estrutural e colocadas cargas explosivas apropriadas ao grau de fragmentação requerido. A explosão provoca o colapso de toda a estrutura em alguns segundos, ficando reduzida a detritos. [21]

Para definir o sentido de queda do edifício atua-se sobre o posicionamento das cargas explosivas que definirão a cunha de rotura, sobre a sequência das cargas, através do uso de detonadores elétricos que determinarão o atraso de detonação das cargas, umas em relação

às outras. A união de ambos os planos estabelece de forma inequívoca a direção e o sentido de queda do edifício. [21]

Para o método de demolição com a utilização controlada de explosivos, é necessário ter em atenção os seguintes critérios: [11]

- Avaliar se é possível aplicar este método de demolição, face aos condicionalismos locais ou às restrições existentes;
- Antes dos trabalhos de demolição, é necessário retirar paredes divisórias, tetos falsos, janelas e outros elementos, que possam ser projetados, no momento da implosão;
- Verificar se existem substâncias perigosas no edifício, com destaque para materiais com amianto, de forma a serem retirados antes de se iniciar o processo de demolição;
- Definir o posicionamento, o tipo e quantidade de explosivos a utilizar, de forma a ser utilizada a menor quantidade possível, mas que não ponham em causa o contributo para a demolição integral do edifício;
- Prever o comportamento da estrutura durante o colapso do edifício, sob o efeito da explosão, de forma a não existirem situações inesperadas, que possam pôr em causa as condições de segurança previstas;
- Com a aplicação deste método, pretende-se obter o máximo de fragmentação possível e em simultâneo o controlo das projeções dos detritos e poeiras, tendo em vista a segurança dos trabalhadores e edificações adjacentes;
- Deve ser elaborado e aprovado pelo coordenador de segurança, um plano de emergência.

Os aspetos negativos a serem considerados, por este método incluem: [7]

- Efeito de vibrações nas propriedades adjacentes, na estabilidade estrutural dos serviços subterrâneos e acima do solo;
- Danos a propriedades adjacentes, devido a detritos que possam ser projetados durante o colapso da estrutura;
- Poeiras e partículas suspensas no ar;
- Grau de detritos dispersos no local da demolição.

Os explosivos podem ser empregues em quatro mecanismos diferentes, nomeadamente o mecanismo tipo telescópio, derrube, implosão e colapso sequencial. Estes devem ser selecionados em função do trabalho pretendido, da estrutura a demolir e dos condicionalismos locais.

3.4.1.1 Tipo telescópio

Este mecanismo é empregue em estruturas ocas com uma altura elevada, em que a fragmentação da estrutura não é influenciada pelo impacto do peso próprio com o solo durante a queda. A demolição pode ser provocada, em simultâneo ou não, em vários troços em altura da estrutura, acabando esta por ruir numa área semelhante àquela que ocupava. O nome de “telescópio” é originado pela queda, pois assemelha-se ao fechar este objeto. É usualmente aplicado em torres de refrigeração das centrais termoelétricas ou chaminés de alvenaria ou betão. [23]

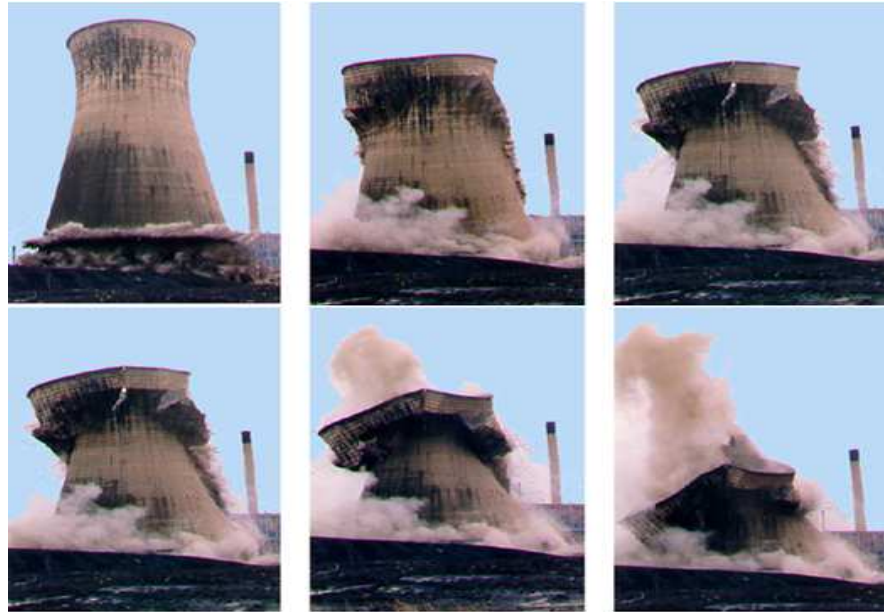


Figura 3.9: Demolição com o uso de explosivos pelo método telescópico [21]

3.4.1.2 Tipo derrube

Este mecanismo aplica-se a estruturas em que a relação entre a altura e a dimensão em planta é elevada. Consiste em realizar um corte na base, através de cargas explosivas, que provocam o colapso da estrutura sobre uma área previamente definida, e assim facilitar, a partir do solo, o acesso das máquinas à mesma. Permite, quando cuidadosamente planeada, uma grande precisão do local da queda. A queda da estrutura assemelha-se ao corte de uma árvore. É utilizado para demolir edifícios, chaminés, depósitos elevados, *bunkers* e estruturas de aço como, postes de eletricidade de alta tensão. [21]



Figura 3.10: Demolição com uso de explosivos pelo método de derrube [47]

3.4.1.3 Tipo implosão

É o mecanismo mais utilizado com o uso controlado de explosivos e aplica-se a estruturas de grandes dimensões. A estrutura do edifício sob a ação de cargas explosivas entra em colapso, através da descontinuidade dos elementos estruturais e do seu peso próprio, fragmentando a estrutura durante a queda e o impacto com o solo. [11]

Quando se pretende utilizar o método de implosão da estrutura, é necessário elaborar um levantamento das condições existentes no local e estudar com rigor e objetividade as condições de estabilidade do edifício, com especial incidência, nas dimensões e localização dos elementos estruturais, capacidades de carga, tipo de fundações e restantes elementos construtivos (coberturas, divisórias, tetos falsos, infraestruturas, etc. [11]



Figura 3.11: Demolição pelo método de implosão no Bairro do Aleixo [48]

3.4.1.4 Tipo colapso sequencial

Este mecanismo é normalmente empregue em edifícios adjacentes ou com grande desenvolvimento em comprimento. O colapso provocado na estrutura assemelha-se à queda de peças de um jogo de dominó, em que o derrube da primeira peça vai provocar a queda sequencial das restantes. O colapso sequencial é iniciado por qualquer um dos mecanismos básicos com uso de explosivos, normalmente a implosão. A queda da estrutura é provocada pelas cargas explosivas, mas o processo é continuado pelo impacto da estrutura inicialmente derrubada. Poder-se-ão também empregar explosivos no percurso do colapso sequencial, procurando assim facilitar o processo. [21]

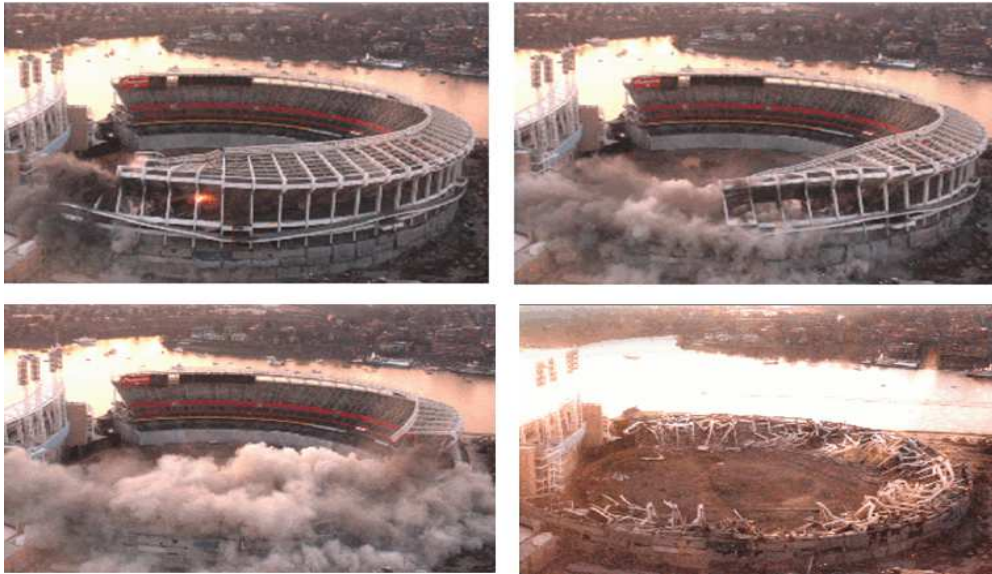


Figura 3.12: Demolição com o uso de explosivos pelo método de colapso sequencial [47]

3.4.2 Micro-explosão

Pretende-se aplicar a micro-explosão para criar pontos fracos em elementos que posteriormente serão demolidos com recurso a outros métodos. São utilizadas menores quantidades de explosivos em relação aos outros mecanismos de demolição com explosivos e de forma mais controlada. Neste mecanismo, são perfurados orifícios de pequeno diâmetro na superfície do betão, os cartuchos são colocados nos orifícios e a explosão é iniciada com um mecanismo de disparo. O nível da explosão deve ser o suficiente para fragmentar o betão. [24]

Esta técnica pode tornar-se lenta e complexa, devido à escolha da posição dos orifícios nos elementos e conhecimento deste e das armaduras existentes, a sua execução não é completamente controlada. Para além de produzir ruídos, vibrações no terreno e projeção de fragmentos devido à elevada dimensão dos elementos de betão. [24]



Figura 3.13: Demolição com o uso de explosivos pelo método de micro-explosão [21]

3.5 Demolição por processos térmicos

A demolição por processos térmicos pode ser utilizada por três equipamentos diferentes consoante os elementos a serem demolidos, sendo os equipamentos a lança térmica, o maçarico e o laser. São utilizados normalmente como métodos complementares durante a demolição de uma estrutura e devem ser selecionados apenas em casos em que não exista nenhum risco de incêndio ou explosão, localizado em áreas longe de líquidos ou gases combustíveis e materiais inflamáveis. [24]

É um método silencioso, mas possui custos elevados, que podem ser compensados pelo facto de em áreas populacionais, o trabalho de demolição poder ser executado em determinados períodos onde é proibido o ruído. É mais utilizado no corte de elementos metálicos. [22]

3.5.1 Uso da lança térmica

Este processo utiliza uma agulheta, na qual se adapta, por um lado um dispositivo para alimentação com oxigénio, e por outro, um tubo de aço de maior ou menor comprimento que aloja no seu interior varetas de aço, produzindo uma reação de combustão, que vai provocar cortes no material a demolir. Durante a utilização deste método o operador deve manter uma distância considerável do elemento a cortar (a mais de um metro),

precauendo-se de riscos de acidentes e lesões derivado à elevada temperatura produzida e projeção de fragmentos incandescentes do material a demolir, podendo ser reforçada a proteção da projeção dos fragmentos com um painel metálico. A lança térmica pode ser utilizada em quase todos os tipos de materiais, aço, betão, betão armado, pedra e elementos metálicos. [24] [26]

O corte de betão armado por utilização da lança térmica envolve trabalhos com temperaturas entre 2.000 - 4.000°C. O calor extremamente elevado requer medidas especiais de precaução e cuidados durante a execução. A lança térmica em cortes de betão armado não deve ser aplicada à exceção dos seguintes critérios:

- O projeto demonstra que não há outra alternativa viável;
- Previsão de medidas de proteção adequadas para isolar a operação e para evitar que qualquer potencial incêndio se propague;
- Previsão de medidas de proteção adequadas para evitar lesões nos trabalhadores, ou a terceiros provocadas pelo fogo e pelo betão fundido.



Figura 3.14: Demolição com o uso de lança térmica [49]

3.5.2 Por uso do maçarico

O maçarico é um equipamento que pertence ao grupo dos oxicorte. O método de corte consiste na combinação de dois gases, oxigénio e o acetileno ou gás propano, em que a

mistura dos dois gases e a conseqüente combustão provocam facilmente corte em elementos metálicos. O maçarico é utilizado em trabalhos de soldadura, e também no corte de armaduras e chapas metálicas. [24] [26]



Figura 3.15: Demolição com uso de maçarico [49]

3.5.3 Por uso de laser

O método de corte consiste no uso de um gás, normalmente o dióxido de carbono, para provocar reações exotérmicas, originando grande quantidade de energia que permite cortar o elemento a demolir. Na demolição, é utilizado para o corte de elementos de betão e metal. [26]



Figura 3.16: Demolição com o uso de laser [10]

3.6 Demolição por processos abrasivos

Este método é utilizado na demolição quando se pretende cortar parte de uma estrutura com grande precisão e sem colocar em risco a estabilidade e integridade dos elementos a serem mantidos ou então para separação de elementos estruturais, ou seja, a separação sequencial de vigas e pilares, lajes, escadas, e posterior remoção com guias móveis ou elevatórias. Também pode ser utilizado para separar o betão armado, desagregar o betão das armaduras, através do seu desgaste com aplicação da pressão de água. [24]

Tem como vantagens o facto de produzir baixa vibração e intensidade de ruído, para além de não levantar poeiras e não projetar fragmentos. Devido ao seu elevado custo, é empregue, na maioria das vezes, em trabalhos de remodelação e reabilitação de estruturas. Este método pode ser utilizado na demolição como complemento de outros, como por exemplo, a demolição manual. [22] [24]

Nos processos abrasivos são utilizados equipamentos como disco de diamante ou carborundo e caroteadora. Também podem ser realizados por jato de água e jato de água e areia.

3.6.1 Uso do corte diamantado e carborundo

O disco diamantado é constituído por grãos de diamante industrial retidos numa matriz geralmente metálica, as partículas arrancam cada uma, um pouco de betão. O disco carborundo recorre a grãos de carborundo, carboneto de silício, fixos a um ligante de baquelite, ligado por várias camadas de *nylon*. [10]

O tamanho do disco é variável, consoante a parte da estrutura a cortar. Tem como vantagens, facilidade de corte de betão, elevado rendimento, fácil manipulação, secção de

corte muito lisa, grande precisão de trabalho obtido e sem riscos de fissuração. Em contrapartida exige bastante experiência profissional, para controlo da ferramenta, a espessura do corte é limitada pela dimensão do disco, o custo é elevado e produz algum ruído e poeira. [10]

A caroteadora contém um cilindro metálico oco com uma coroa diamantada na sua extremidade exterior, que provoca um movimento de rotação no elemento a cortar. A execução de furos tangentes delimita o bloco de betão, posteriormente removido. Este equipamento pode ser utilizado em superfícies horizontais, verticais e curvas. [10]



Figura 3.17: Demolição por processos abrasivos, à esquerda com a utilização de um disco de corte e à direita com a utilização de uma caroteadora [46]

3.6.2 Uso do jato de água (hidrodemolição)

Este método consiste em utilizar jatos de água a alta pressão, que vão desgastar a superfície de betão, provocando a desagregação dos inertes, até ficar apenas a armadura. É um método eficiente, com um rendimento muito superior a qualquer um dos métodos tradicionais, é uma demolição mais seletiva, sem causar vibrações nem danos secundários na estrutura, em que a espessura de betão a remover é controlada pelo fluxo de água bombeada a alta pressão e pelo movimento do jacto. No entanto é complicado o corte de elementos de betão armado, sendo necessário implementar outro método para o corte das

armaduras, para além das fendas existentes nos elementos a demolir poderem diminuir o rendimento do processo. [24] [26]

No entanto é necessário ter em conta algumas medidas de segurança durante a execução deste processo, como as áreas atrás do elemento estrutural a ser demolido devem estar protegidas para evitar danos para os trabalhadores e as propriedades adjacentes durante a hidrodemolição. Necessita de operários especializados no manuseamento deste tipo de equipamentos.



Figura 3.18: Demolição com o uso de jato de água [50]

3.6.3 Uso do jato de água com areia

O jacto de água com areia é um sistema com as mesmas características que a hidrodemolição, mas é composto por um depósito de material abrasivo, normalmente areia quartzosa com água que permite aumentar significativamente o poder abrasivo do processo anterior. Alguns dos aspetos que melhoram o rendimento desta técnica são o diâmetro e a velocidade do jato. Possui a capacidade de cortar elementos com armadura. [24]

No entanto é um processo mais perigoso que a hidrodemolição, devido ao facto de o material abrasivo utilizado ser poluente, colocando em causa a saúde e segurança dos trabalhadores que o manuseiam. Devem ser fornecidas medidas de precaução, de acordo com as recomendações do fabricante para limitar a utilização dos compostos abrasivos.

Todos os trabalhadores no local devem usar proteções de segurança e vestuário adequado.

Tal como o processo anterior só deve ser aplicado por operários especializados. [24]



Figura 3.19: Demolição com uso de jato de água com areia [50]

3.7 Demolição por processos elétricos

As demolições por processos elétricos são pouco utilizadas atualmente, devido às suas limitações e inconvenientes. Podem ser realizadas por aquecimento das armaduras, eletrofratura, aquecimento induzido de um material ferromagnético, uso do arco voltaico e micro-ondas.

3.7.1 Aquecimento das armaduras

Este método baseia-se na passagem de corrente elétrica às armaduras, através da ligação por soldadura a um sistema de baixa tensão, comportando-se como resistências elétricas. A diferença de temperatura entre o betão, estando este à temperatura normal, e as armaduras, provoca a perda de aderência entre betão e os varões de aço, dando origem a fissuras no elemento, com a ajuda da desidratação do betão e da expansão entre os inertes. É limitado pelos diâmetros dos varões e risco de curto-circuito, tornando o processo dispendioso. [24]

3.7.2 Electrofratura

É um método em que se pretende fragilizar os elementos de betão por dilatação, através de um sistema elétrico em que o elemento é submetido a uma corrente de alta frequência. Os elétrodos são fixos a uma tenaz montada numa braçadeira, tornando-a condutora, sendo este processo seguido de perdas dielétricas no seu interior. Após a aplicação do circuito elétrico ao elemento de betão é mais fácil e rápido efetuar a sua demolição com recurso a equipamentos mecânicos. O processo de passagem da corrente de alta tensão é enviada durante 2 a 3 minutos, enquanto o elemento é fortemente comprimido por macacos hidráulicos, provocando o seu desmantelamento. [24]

3.7.3 Aquecimento induzido de um material ferromagnético

Este método utiliza a força expansiva de um material ferromagnético, produzida pelo seu aquecimento, através de corrente elétrica de alta frequência, proveniente de uma bobina. O material ferromagnético é comprimido e introduzido no furo previamente realizado no elemento de betão. As forças de expansão provocadas pelo aquecimento do material ferromagnético vão provocar a fragmentação do betão. [26]



Figura 3.20: Aquecimento induzido de um material ferromagnético [26]

3.7.4 Uso do arco voltaico

Este processo consiste na introdução de uma descarga gerada entre dois eletrodos de carbono, envolvendo o elemento a demolir. Após ultrapassar o isolamento dielétrico do betão, consegue atingir temperaturas no interior do elemento de betão superiores a 8000 °C, provocando a sua fusão e, conseqüente a desfragmentação do elemento. [26]

Esta técnica torna-se vantajosa por não produzir ruídos, vibrações ou poeiras, e ser bastante eficiente no corte de superfícies irregulares. Apresenta algumas desvantagens, tais como, danos no betão que não se pretende demolir, para além de ser um método lento e dispendioso, produz fumos, riscos de eletrocussão e o equipamento não está disponível comercialmente. [24]

3.7.5 Micro-ondas

É um método utilizado na remoção de camadas de maciços de betão superficialmente degradadas, utiliza ondas eletromagnéticas de hiper-frequências. Este método consiste em aquecer o betão, projetando ondas eletromagnéticas sobre o elemento, que vão provocar microfissuras. O betão superficial é removido por esfoliação, devido à aplicação de elevadas temperaturas no interior da peça, retirando água no seu interior, provocando a sua desfragmentação e separação dos inertes. [24]

Esta técnica apresenta algumas vantagens, tais como, rapidez, ausência de ruídos, fumos, vibrações e poeiras. Porém, não corta armaduras, o que obriga à necessidade de as cortar por outros processos e a sua aplicação possui um elevado custo associado. [24]



Figura 3.21: Equipamento que produz micro-ondas [26]

3.8 Demolição química

É um processo de demolição pouco utilizado devido à sua morosidade e baixo rendimento, em comparação com outros métodos, sendo muitas vezes utilizado em projetos de investigação. A técnica consiste na degradação de elementos de betão através de reações químicas quando se encontra em contacto com determinadas substâncias. [24]

A demolição química pode ser realizada por ataque químico, por ataque eletroquímico, por expansão de gás e por expansão química.

3.8.1 Ataque químico

Este método é utilizado para danificar o betão com ácidos, tendo em conta que o betão é um material alcalino. No entanto, não existe nenhum produto químico suficientemente eficaz para vencer a baixa permeabilidade das argamassas de betão e a fraca capacidade de dispersão da solução ácida na matriz de argamassa. [24]

3.8.2 Ataque eletroquímico

Consiste em banhar a superfície de betão com uma solução salina corrosiva, por exemplo cloreto de sódio e potássio, aplicando uma corrente elétrica contínua às armaduras,

acelerando assim o processo de corrosão das armaduras, que funcionam como um ânodo. Após a realização do sistema, passado cerca de 3 horas, a camada de corrosão produzida nas armaduras provoca o aumento do volume do aço, o que leva à separação e falta de aderência do betão, dando origem a fissuras e ao desmantelamento do elemento. [24]

Este método é silencioso, completamente isento de vibrações e consome pouca energia. Em contrapartida, apresenta alguns riscos e inconvenientes na sua utilização tais como, necessidade de cortar as armaduras por outros meios, processo muito lento, riscos de eletrocussão e possibilidade de propagação indesejada de corrente elétrica, através das armaduras, para toda a estrutura. [24]

3.8.3 Por expansão

É um método utilizado para demolições parciais, como corte de elementos de betão e de blocos de pedra de grandes dimensões. Recorre à elevada força de expansão de determinados componentes introduzidos no interior dos elementos a demolir, através de pequenos furos, que aplicam elevadas tensões internas de tração levando-os à fratura e fragmentação. [24]

Apesar de serem métodos dispendiosos financeiramente, apresentam alguma eficiência, na medida em que a rutura pode ser efetuada em situações relativamente controladas e livres de poeiras. O corte dos elementos não é rigoroso mas, ao contrário do uso de dinamite e de equipamentos mecânicos, obtêm-se fragmentos de elementos de pequenas dimensões, de acordo com a distribuição das substâncias nos furos efetuados. [24]

3.8.3.1 Expansão de gás

Consiste na realização de um furo no elemento de betão a fissurar, onde posteriormente será colocado um gás, normalmente constituído por dióxido de carbono e por fim vedado

por uma bucha. Com o aumento de pressão transmitido pelo gás no interior do orifício, o betão perde resistência e acaba por fendilhar provocando a fragmentação do elemento. É um processo lento, pouco eficiente em betão armado e não existe muito controlo da demolição.

3.8.3.2 Expansão química

O processo consiste na mistura de substâncias químicas, como por exemplo cal viva ou cimento expansivo com água. Essa mistura é introduzida nos vários furos efetuados no elemento a demolir, os diâmetros dos furos não devem ser muito estreitos nem muito largos. A substância química introduzida causa o endurecimento e expansão, esse efeito é provocado por hidratação, desenvolvendo um aumento de pressão e volume constante, aplicando uma elevada força de tração ao elemento até à sua rotura. [24]



Figura 3.22: Demolição com uso de expansão química [27]

4. RESÍDUOS DE CONSTRUÇÃO E DEMOLIÇÃO

4.1 Introdução

A indústria da construção é um dos maiores consumidores de recursos naturais, tendo por isso grande responsabilidade na delapidação desses recursos e, por conseguinte, na degradação do meio ambiente. Os resíduos resultantes da indústria da construção constituem uma parte significativa do total de resíduos produzidos sendo, por isso, importante o seu estudo. A melhor maneira de lidar com estes resíduos é em primeiro lugar evitá-los, depois deve-se tentar reciclar a maior quantidade possível. A incineração e a deposição dos resíduos em aterros devem ser a última opção a ter em conta. [35]

A separação dos resíduos de demolição pode ser feita de diversas formas, sendo a desconstrução a mais eficiente delas. Parte-se do pressuposto de que qualquer elemento da edificação pode ser separado de outro, sendo que, a taxa de separação dos materiais é bastante elevada. Por outro lado, uma extensa desconstrução proporciona elevados custos com mão-de-obra e dependendo do valor das taxas de aterros e dos custos de reciclagem, estes gastos podem ser mais elevados que a economia realizada, com uma demolição tradicional, é necessário verificar a viabilidade económica dos processos de desconstrução. [32]

Mais frequente que a desconstrução é a separação manual dos materiais depois da demolição. Sobre esta forma de separação deve-se mencionar que não é tão precisa quanto à obtida através da desconstrução, no entanto, por ter menor duração e custos, torna-se bastante atrativa. Para alguns elementos como tubulações de água e cabos, localizados dentro das alvenarias ou pisos, a sua aquisição pela separação manual é mais fácil que pela desconstrução, devido ao cuidado a ter em conta, nos materiais a que estão ligados. [32]

Para minimizar os impactos ambientais da indústria da construção, são propostos os seguintes princípios: [32]

- Minimizar o consumo de recursos: através de um melhor planeamento e projeto a fim de otimizar a utilização de materiais e minimizar a produção de resíduos;
- Maximizar a reutilização de recursos: reutilizar componentes que ainda possam desempenhar a função para a qual foram produzidos, ou mesmo serem utilizados em outra função;
- Usar recursos renováveis e recicláveis: optar por materiais recicláveis ou cujas fontes de matéria-prima sejam renováveis;
- Proteger o meio ambiente: evitar o uso de materiais cuja extração de matéria-prima cause danos ambientais, aproveitar os recursos naturais para iluminação e ventilação, etc.;
- Criar um ambiente saudável e não tóxico: evitar utilização de materiais que podem causar danos tanto ao meio ambiente quanto aos utilizadores;
- Procurar a qualidade na criação do ambiente construído: projetar utilizando técnicas que permitam uma construção mais económica, menos poluente e exerça um impacto menos agressivo no meio ambiente.

Para que os materiais reciclados possam estar disponíveis no mercado para sua reutilização, é necessário que os mesmos se comparem aos materiais novos, podendo competir com os mesmos em igualdade de condições. Para que isto se torne possível existem inúmeras instruções e regulamentações determinando padrões de qualidade para os materiais reciclados. A maior parte destas normas está voltada para o uso dos materiais reciclados em obras de vias de comunicação, utilizados em pavimentos, mas recentemente têm vindo a surgir novas aplicações, como por exemplo, o uso de agregados reciclados em

betão. É claro que aplicações mais sofisticadas, como no caso do betão, requerem informações mais detalhadas e precisas sobre as características físicas dos materiais e padrões rígidos para a composição e produção dos mesmos. [32]

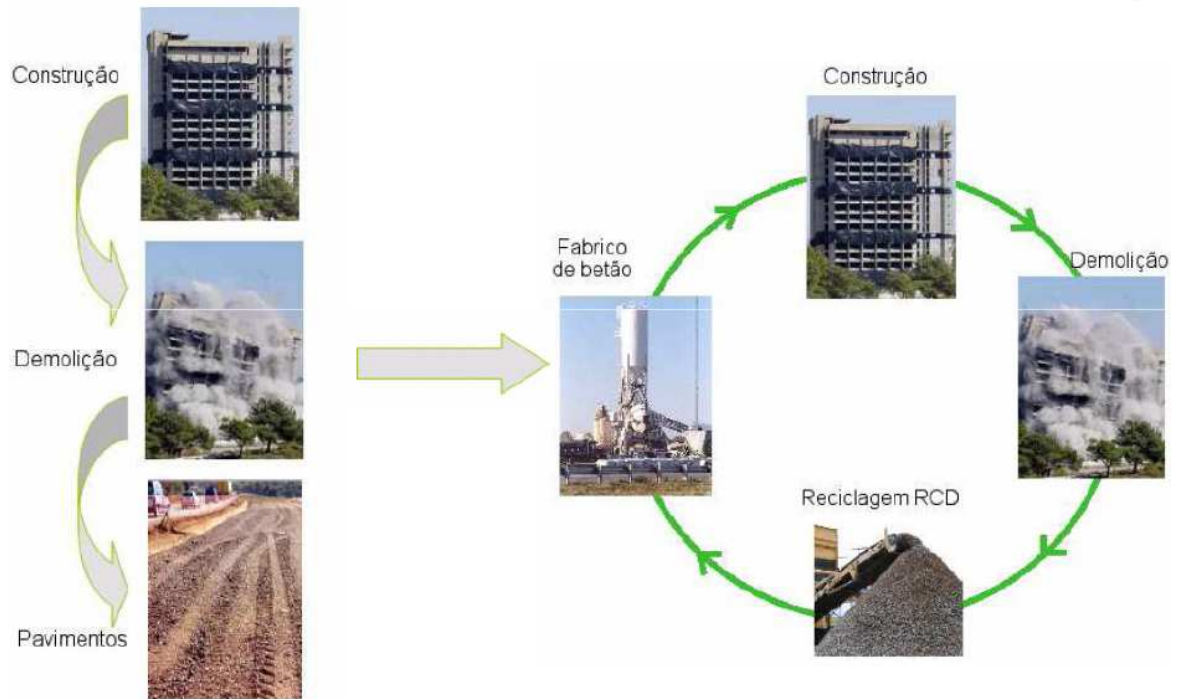


Figura 4.1: Ciclo de vida do betão [51]

4.2 Enquadramento legal

Em Portugal existe regulamentação para os RCD, onde são definidos os tipos de resíduos e a sua perigosidade, como também a forma como deve ser realizada a gestão de resíduos e o plano de gestão RCD. Atualmente, a legislação mais importante para o estudo de RCD inclui o Decreto-lei nº46/2008 de 12 de Março, o Decreto-lei nº178/2006 de 5 de Setembro, Decreto-lei nº73/2011 de 17 de Junho, a Portaria nº209/2004 de 3 de Março e a Portaria nº417/2008 de 11 de Junho.

4.2.1 Decreto-lei nº46/2008, 12 de Março

Tem como objetivo específico estabelecer o regime de gestão de resíduos resultantes das obras de construção e demolição de edifícios ou de derrocadas, obriga que nas empreitadas e concessões de obras públicas, o projeto de execução seja acompanhado de um plano de prevenção e gestão de RCD. Compreende e valoriza a sua prevenção, reutilização e as suas operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação deste tipo de resíduos. [20]

4.2.2 Decreto-lei nº178/2006, 5 de Setembro

Este decreto-lei, veio destacar a importância dos RCD na problemática geral da gestão dos resíduos, aplica-se às operações de gestão de resíduos, compreendendo toda e qualquer operação de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação de resíduos, bem como às operações de descontaminação de solos e à monitorização dos locais de deposição após o encerramento das respetivas instalações. [37]

4.2.3 Decreto-lei nº73/2011, 17 de Junho

Este decreto-lei procede a alteração do decreto-lei nº178/2006 de 5 de setembro e estabelece o regime geral aplicável à prevenção, produção e gestão de resíduos. É aplicável às operações de gestão de resíduos destinados a prevenir ou reduzir a produção de resíduos, o seu carácter nocivo e os impactes adversos decorrentes da sua produção e gestão, bem como a diminuição dos impactes associados à utilização dos recursos, de forma a melhorar a eficiência da sua utilização e a proteção do ambiente e da saúde humana. [36]

4.2.4 Portaria nº209/2004, 3 de Março

Esta portaria aprova a LER – Lista Europeia de Resíduos (Anexo I), a lista de características de perigo atribuíveis aos resíduos (Anexo II), e enumera as operações de eliminação de valorização de Resíduos (Anexo III).

4.2.5 Portaria nº417/2008, 11 de Junho

A portaria nº417/2008 de 11 de Junho estabelece os modelos de guias de acompanhamento de resíduos específicos para os RCD, vem também estabelecer um enquadramento legal mais claro a este tipo de resíduos e contribui para uma aplicação mais eficaz da lei.

4.3 Caraterização dos resíduos de construção e demolição

De acordo com o decreto-lei nº73/2011 de 17 de junho, “*um resíduo é qualquer substância ou objeto de que o detentor se desfaz ou tem a intenção ou a obrigação de se desfazer*”, pode ser proveniente de obras de construção, reconstrução, ampliação, alteração, conservação e demolição e da derrocada de edificações. [36]

Os RCD possuem características bastante peculiares por serem produzidos num sector onde há uma gama muito elevada de diferentes técnicas e metodologias de produção e cujo controle da qualidade do processo produtivo é recente, quando existe. As características como composição e quantidade produzida dependem diretamente do estágio de desenvolvimento da indústria local de construção, como qualidade da mão-de-obra, técnicas construtivas empregadas e adoção de programas de qualidade. [39]

4.3.1 Resíduos de construção

A formação de resíduos durante a fase de construção é derivada das perdas dos processos construtivos. Parte das perdas permanecem incorporadas nas construções, na forma de componentes, cujas dimensões finais são superiores às projetadas. Este é o caso de argamassas de revestimento, betões, etc. [38]

4.3.2 Resíduos de remodelação, reabilitação e renovação

A formação de resíduos na fase de manutenção está associada a vários fatores como por exemplo a correção de defeitos (patologias), as reformas ou de modernização do edifício ou de partes do mesmo, que normalmente exigem demolições parciais, o descarte de componentes que estejam degradados e atingiram o final da vida útil e por isso necessitam ser substituídos. [38]

4.3.3 Resíduos de demolição

A formação e redução dos resíduos causados pela demolição de edifícios resultam não só do prolongamento da vida útil dos edifícios e dos seus componentes, que por um lado, depende do projeto e dos materiais aplicados, mas também da existência de incentivos, para que os proprietários realizem modernizações ou manutenções no edifício. [38]

4.4 Classificação dos resíduos de construção e demolição

As formas mais usuais para aproveitamento de resíduos, muitas vezes, são realizadas baseando-se em aspetos qualitativos, como textura, forma, granulometria, cor, capacidade de aglutinar, sem qualquer tipo de investigação que pudesse dar por fundamento, características que fossem justificativas para avaliar o comportamento ao longo do tempo.

[40]



Figura 4.2: Exemplo de separação de resíduos de demolição [41]

4.4.1 Resíduos inertes

De acordo com o decreto-lei n° 178/2006 de 5 de Setembro, um resíduo inerte *“é um resíduo que não sofre transformações físicas, químicas ou biológicas importantes e, em consequência, não pode ser solúvel nem inflamável, nem ter qualquer outro tipo de reação física ou química, e não pode ser biodegradável, nem afetar negativamente outras substâncias com as quais entre em contacto de forma susceptível de aumentar a poluição do ambiente ou prejudicar a saúde humana, e cujas lixiviabilidade total, conteúdo poluente e ecotoxicidade do lixiviado são insignificantes e, em especial, não põem em perigo a qualidade das águas superficiais e ou subterrâneas”*. [37]

4.4.2 Resíduos não inertes

Os resíduos não inertes são todos aqueles que não apresentem características de perigosidade para a saúde pública ou para o meio ambiente, e que se encontram mencionados na Lista Europeia de Resíduos (LER), ao contrário dos resíduos inertes, estes podem sofrer transformações físicas, químicas e biológicas.

4.4.3 Resíduos perigosos

Segundo o decreto-lei nº73/2011 de 17 de junho, “*os resíduos perigosos são os resíduos que apresentam uma ou mais das características de perigosidade para a saúde ou para o ambiente, constantes do anexo III do presente decreto-lei, do qual faz parte integrante*”.

[36]

4.5 Gestão de resíduos de construção e demolição

A otimização da reciclagem anda de mãos dadas com a indústria de demolição e têm-se tornado muito hábeis com a utilização das mais recentes tecnologias de reciclagem para minimizar o desperdício de resíduos em aterros. Os empreiteiros responsáveis pela demolição e respetivos clientes devem procurar minimizar o desperdício de materiais destinados para o aterro e assegurar, sempre que possível, a recuperação de todos os resíduos inertes, para o retorno onde não representem um risco significativo para os trabalhadores de demolição. [9]

A quantidade de resíduos da construção e a sua eventual reutilização ou reciclagem, depende fundamentalmente do tipo de materiais e técnicas de construção utilizadas, para além, da organização da empresa de construção, das especificações de projeto e da qualificação da mão-de-obra. [35]

É importante destacar que, contido no montante de resíduos produzidos pela construção civil encontra-se uma grande quantidade de materiais e componentes em plenas condições de serem reutilizados. A reutilização permite não só reduzir o volume final de resíduos produzidos, mas também evitar a extração de recursos naturais para a produção de novos materiais e componentes. [32]

Podem-se identificar pelo menos os seguintes pontos essenciais a concretizar uma boa gestão dos resíduos de construção e demolição, sendo estes:

- Responsabilização do produtor de RCD pela sua adequada gestão;
- Estimativa da quantidade de RCD que serão produzidos numa obra, na fase de projeto;
- Generalização do processo de demolição seletiva;
- Separação/segregação dos resíduos, preferencialmente em obra;
- Não misturar resíduos perigosos com não-perigosos, o manuseamento dos resíduos perigosos e de extrema importância sendo necessária a máxima atenção, cuidado e o seu correto encaminhamento;
- Elaboração de normas técnicas para os materiais reciclados;
- Plano de prevenção e gestão de RCD;
- Aceitação, e mesmo preferência, por parte dos construtores, para os materiais reciclados;
- Idem, para materiais facilmente recicláveis.

Os novos sistemas de gestão de resíduos são, do ponto de vista de organização mais sofisticados, mas também mais eficientes. O preço do tratamento de resíduos deixa de ser o simples somatório de variáveis de custo (recolha, transporte, triagem, e deposição final), para se tornar um verdadeiro elemento da gestão.[4]

Uma vez que o destino final dos materiais sobrantes é diferenciado, com taxas de deposição também diferenciadas e algumas bastante elevadas. O sistema cria, ao mesmo tempo, incentivos à prevenção e reciclagem, as empresas têm todo o interesse em minimizar as quantidades de resíduos perigosos, ou misturados, que têm que ser levados para aterros especiais ou para incineradoras, cujos preços são muito elevados. [4]

4.5.1 Princípio da hierarquia de resíduos

A política e a legislação em matéria de resíduos devem respeitar a seguinte ordem de prioridades no que se refere às opções de prevenção e gestão de resíduos, de acordo com o decreto-lei n°73/2011 de 17 de Junho.



Figura 4.3: Hierarquia de gestão de resíduos de demolição e construção

4.5.1.1 Prevenção e redução

De acordo com o decreto-lei n°73/2011 de 17 de Junho, a prevenção é a adoção de medidas antes de uma substância, material ou produto assumir a natureza de resíduo, destinadas a reduzir: [36]

- A quantidade de resíduos produzidos, designadamente através da reutilização de produtos ou do prolongamento do tempo de vida dos produtos;
- Os impactes adversos no ambiente e na saúde humana resultantes dos resíduos produzidos;
- O teor de substâncias nocivas presentes nos materiais e nos produtos.

É necessário minimizar e prevenir, sempre que possível, a produção de resíduos, apesar das possibilidades de prevenção de resíduos serem muito limitadas nos locais de construção e demolição, deve constar no contrato entre o dono da obra e a empresa de construção uma obrigação de prevenção de resíduos. Trata-se de um acordo voluntário que vai influenciar a boa vontade dos participantes.

Em obra, as empresas de construção podem contribuir, ativamente, para a prevenção de resíduos aplicando as seguintes medidas: [17]

- Evitar embalagens para os materiais resistentes às intempéries;
- Utilização de embalagens reutilizáveis;
- Utilização de sistemas de devolução de materiais e produtos químicos por utilizar;
- Armazenamento adequado, na obra, de materiais e produtos de construção sensíveis às condições climáticas;
- Evitar excedentes através do consumo total e otimizador de pacotes de materiais.

4.5.1.2 Preparação para a reutilização

De acordo com o decreto-lei nº73/2011 de 17 de Junho “*a reutilização é qualquer operação mediante a qual produtos ou componentes que não sejam resíduos são utilizados novamente para o mesmo fim para que foram concebidos*”. [36]

4.5.1.3 Reciclagem

De acordo com o decreto-lei nº73/2011 de 17 de Junho “*a reciclagem é qualquer operação de valorização, incluindo o reprocessamento de materiais orgânicos, 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, mas que não inclui a*

valorização energética nem o reprocessamento em materiais que devam ser utilizados como combustível ou em operações de enchimento”. [36]

4.5.1.4 Outros tipos de valorização

Segundo o decreto-lei nº73/2011 de 17 de Junho “*a valorização é qualquer operação, nomeadamente as constantes no anexo II do presente decreto-lei, cujo resultado principal seja a transformação dos resíduos de modo a servirem um fim útil, substituindo outros materiais que, caso contrário, teriam sido utilizados para um fim específico ou a preparação dos resíduos para esse fim na instalação ou conjunto da economia*”. [36]

4.5.1.5 Eliminação

Segundo o decreto-lei nº73/2011 de 17 de Junho “*a eliminação é qualquer operação que não seja de valorização, nomeadamente as incluídas no anexo I do presente decreto-lei, ainda que se verifique como consequência secundária a recuperação de substâncias ou de energia*”. [36]

4.5.2 Classificação de resíduos segundo o destino final

A seleção dos materiais deve-se basear no seu potencial de reutilização e reciclagem. Depois do material completar o seu ciclo de vida inicial, possui um determinado potencial de reutilização e reciclagem que é função da sua capacidade de vir a ser utilizado novamente como recurso. O conhecimento da potencialidade de reutilização e reciclagem de um material é bastante importante na gestão racional dos recursos e produtos de um edifício que apresenta como objetivos a redução do impacto das construções sobre o meio natural, e sempre que possível procura renovar, restaurar e melhorar o meio ambiente. [35]

A maior parte dos materiais de construção podem ser reciclados, a quantidade de soluções é na realidade muito maior e todos os dias surgem novas soluções, devido às investigações que se vão desenvolvendo neste domínio. Algumas das soluções para reciclagem e reutilização são: [35]

- Os metais são recicláveis se for possível separá-los por tipo. Os elementos de construção em aço e em alumínio possuem um elevado potencial de reciclagem;
- A maior parte dos plásticos pode ser granulado e reciclado na produção dos novos produtos de plástico. No entanto, as taxas atuais de reciclagem são bastantes baixas devido principalmente à elevada variedade de plásticos e à dificuldade que existe em os separar;
- Os produtos de vidro podem ser reciclados se devidamente separados e não contaminados. O vidro da construção deve ser separado do vidro proveniente do lixo doméstico. Atualmente a reciclagem do vidro existente nos resíduos de construção é pouco praticada. O vidro pode ser diretamente reutilizado ou reciclado, por exemplo, como agregado, para execução de betão;
- Os produtos de madeira podem ser facilmente reutilizados se estiverem em bom estado de conservação: portas e janelas podem facilmente ser reutilizadas noutras construções, como também os elementos estruturais de madeira, se estes estiverem ligados de modo a que sejam facilmente desmontados;
- O betão e os produtos cerâmicos, como tijolos e telhas, são exemplos de materiais cuja recuperação e reutilização é difícil. Os elementos de betão, tal como os produtos cerâmicos, depois de britados podem ser reciclados em agregados para o fabrico de betão, ou podem ser utilizados na execução de caixas de pavimento em pisos térreos ou nas bases de estradas.

4.5.2.1 Resíduos reutilizáveis

São todos aqueles resíduos que podem ser novamente utilizados dentro do seu ciclo de produção sem que tenham qualquer tipo de alteração para tal. Estes resíduos podem ser reutilizados diretamente no local da obra ou em outras obras.

4.5.2.2 Resíduos recicláveis

São aqueles cuja sua reutilização já não é possível, mas que, de acordo com as suas características têm elevado valor para serem reciclados.

4.5.2.3 Resíduos para aterro

São resíduos que, devido às características ou por se encontrarem contaminados, não podem ser reutilizados nem reciclados.

4.6 Importância da separação ou triagem de RCD

A reciclagem é difícil quando os materiais estão misturados, quando existem materiais compósitos ou quando poluentes como hidrocarbonetos ou amianto estão presentes. Para obter materiais com composição ideal para serem enviados para os centros de triagem, as técnicas de reciclagem disponíveis, assim como a localização dos centros de triagem devem ser consideradas durante o planeamento. Estudos de caso mostram que a reutilização direta de elementos podem alcançar altas taxas quando a desconstrução é bem planeada. [32]

Segundo o decreto-lei nº73/2011 de 17 de Junho “*a triagem é o ato de separação de resíduos mediante processos manuais ou mecânicos, sem alteração das suas características, com vista ao seu tratamento*”. [36]

Um centro de triagem ou estação de transferência pode-se definir como o local onde são recebidos os materiais a granel, provenientes da recolha dos resíduos, e se procede à separação minuciosa e criteriosa dos diferentes tipos: plásticos, metais, vidro, papel, cartão, inertes e têxtil, com o objetivo de os preparar para serem transportados para, outro local de tratamento, reciclagem ou destino final. [4]

A capacidade de reciclagem de um modo geral pode ser conseguida principalmente no local onde se procede à desconstrução do edificado, com todo o material sendo classificado mecanicamente ou à mão e colocado em pilhas separadas para a remoção de mercados identificados. Esta medida é geralmente conhecida como "fonte de separação". A alternativa é comumente conhecida como separação de "misturados", isto é, onde todos os materiais são transportados para um local exterior aquele onde ocorre a desconstrução, para serem separados nos depósitos de processamento e posteriormente a sua reciclagem. [9]

Método de reciclagem	Vantagens	Desvantagens
Separação na origem	<p>Taxas de reciclagem mais elevadas;</p> <p>Menores custos de reciclagem; receitas pagas para alguns materiais;</p> <p>Um local de trabalho mais limpo é um local seguro</p>	<p>Vários recipientes no local de trabalho;</p> <p>Os trabalhadores devem separar os materiais para reciclagem;</p> <p>Logística mais complexa;</p> <p>Mercados múltiplos, mais informação para administrar</p>
Centros de triagem	<p>Apenas um ou dois recipientes “in situ”;</p> <p>Não há necessidade de trabalhadores para separar os materiais para reciclagem;</p> <p>Logística mais fácil;</p> <p>Um mercado; menos informação para gerir</p>	<p>Custos de reciclagem mais elevados</p>

Quadro 4.1: Vantagens e desvantagens da separação na origem versus centros de triagem [9]

O processo de triagem mais completo comporta normalmente 5 fases, sendo estas as seguintes: [21]

- Pré-triagem - consiste em retirar os resíduos de maiores dimensões e os resíduos indesejados para o processo que se segue;
- Crivagem – permite a uniformização da granulometria dos resíduos, utilizando peneiras, normalmente do tipo rotativo e com uma malha de 20 mm;
- Triagem por ventilação - é aplicada uma corrente de ar aos resíduos para que os elementos mais pequenos e leves sejam soprados para um compartimento apropriado;
- Triagem manual - vários operadores, trabalham ao longo de um tapete horizontal, retiram manualmente os vários produtos a recuperar, por exemplo, madeira, papel, plástico, etc.;

- Triagem magnética - os elementos metálicos são retirados por ação magnética.

Os materiais podem também ser britados “*in situ*” ou transportados para uma central fixa. As unidades móveis de britagem podem produzir 60 a 70 toneladas/hora de agregados a partir de RCD, compostos maioritariamente por betão, com granulometria extensa 0/56 mm, após a separação dos metais. A britagem dos resíduos é executada por equipamentos correntes de britagem e normalmente tem capacidade de produção superior à da linha de triagem, pelo que, é comum a britagem não trabalhar em contínuo com a triagem. [21]

5. GUIA PARA A DESCONSTRUÇÃO

5.1 Introdução

O presente guia é constituído por várias etapas, desde a escolha da empresa que vai fazer a desmontagem dos materiais até aos trabalhos de limpeza do local. Têm como objetivo desenvolver e definir um conjunto de metodologias, para as empresas que realizam os trabalhos de desconstrução, com a finalidade de orientar e criar um plano de atividades a seguir de acordo com a situação desejada.

Pretende-se também, dar atenção não só à fase de execução, mas também às fases antecedentes. Tais como as vistorias a serem efetuadas ao edifício, idade e estado em que se encontra, respetivos materiais de construção que o constitui e os que contêm riscos especiais. Também a segurança coletiva, individual e até do próprio edifício, o que deve ser utilizado neste tipo de trabalhos.

É igualmente pretendido aumentar o potencial da valorização de resíduos, visto que em Portugal, não se dá a devida importância onde são depositados. E assim sendo, dar uma continuidade aos resíduos obtidos da desconstrução para que possam ser reutilizados em novas construções ou até encaminhados para reciclagem ou aterro.

5.2 Escolha do empreiteiro

O primeiro passo a ser dado é a escolha do empreiteiro que irá ser responsável pela elaboração do projeto e execução dos trabalhos de desconstrução. Para tal é feito um concurso público ou privado e a empresa será eleita de acordo com as propostas efetuadas.

As obrigações do dono de obra perante o empreiteiro são: [7]

- Fornecer todas as descrições disponíveis do edifício ou estrutura a ser desconstruída, incluindo:
 - Os desenhos relevantes;
 - As pesquisas do edifício e dos materiais constituintes, incluindo, se for o caso, uma pesquisa do amianto;
 - Os planos correntes de serviços públicos subterrâneos e acima do solo;
 - O valor histórico do edifício ou estrutura;
 - O local das águas subterrâneas;
 - Localizar e notificar o empreiteiro de todas as substâncias perigosas conhecidas e condições perigosas relativas ao local de trabalho;
 - Relação do edifício com as propriedades vizinhas;
- Obter as aprovações necessárias, incluindo, as autorizações, a partir de autoridades territoriais. Notificar as autoridades competentes que controlam os serviços públicos antes de iniciar os trabalhos de desconstrução e assessorar o empreiteiro de condições, tais como horas de trabalho, limite de ruído etc.;
- Definir a extensão do trabalho com a maior precisão possível;
- Permitir o acesso adequado de modo a que uma inspeção completa do local possa ser realizada;
- Sempre que possível, fornecer e insistir em padrões documentados de desempenho de saúde e segurança para o empreiteiro cumprir;
- Obter um plano de desconstrução do empreiteiro;
- Notificar os proprietários adjacentes antes de a desconstrução começar e, se necessário, pedir autorização para a utilização do espaço adjacente;
- Sempre que necessário, inspecionar edifícios e registrar quaisquer defeitos existentes;

- Manter um certo grau de supervisão e coordenação de modo que os riscos significativos identificados não causem danos aos empreiteiros ou a terceiros;
- Monitorar o cumprimento pelo empreiteiro aos padrões ambientais, de saúde e de segurança aplicáveis.

Conforme referido anteriormente, é fundamental em fase pré-contratual informar os subempreiteiros sobre as obrigações que têm de assumir relativamente às condições de segurança a vigorar no estaleiro, incluindo toda a documentação que deve estar disponível para verificação antes da assinatura dos contratos e posteriormente incluída num dossier específico no estaleiro. [11]

5.2.1 Concurso ou adjudicação direta

Tal como todos os concursos é distribuído um programa do concurso, ou seja, um documento que contém a informação detalhada dos trabalhos que vão ser realizados, as medidas de segurança que vão ser impostas durante a desconstrução e uma avaliação aos resíduos gerados.

O dono de obra deve selecionar um empreiteiro com experiência necessária, conhecimento, prática e recursos para que as obras de desconstrução sejam concluídas de forma segura, sem danos ou prejuízos aos contratantes, e seus funcionários ou outros.

Qualquer contrato terá elementos básicos, incluindo, mas não limitados a: [8]

- Os valores e cronograma de pagamentos vinculados à percentagem de trabalho que foi concluída;
- O prazo para o início e o fim da desconstrução;
- Os materiais que serão recuperados pelo proprietário e o empreiteiro de desconstrução;

- Os limites físicos e o espaço envolvente da obra que o empreiteiro é responsável;
- As taxas que são ou legalmente impostas ou uma exigência do proprietário ou pelo governo, caso existam desvios nas metas a alcançar;
- Os termos de rescisão do contrato;
- Os termos de licenciamento, seguros e responsabilidades, se necessário;
- Os responsáveis pelo contrato.

5.2.2 Receção da proposta

Depois de ser feita uma análise ao caderno de encargos e dos trabalhos a serem realizados, cada empresa entrega a sua proposta. Esta deve incluir os respetivos planos de desconstrução e de prevenção de resíduos, o técnico responsável, a mão-de-obra e os prazos a cumprir, que serão avaliados em função da melhor proposta e no final será escolhido o empreiteiro a realizar o processo da desconstrução. Para finalizar o concurso é assinado o contrato.

Para além do projeto de desconstrução, o empreiteiro terá também de especificar e retificar o plano de saúde e segurança na fase de execução, de acordo com os métodos, equipamentos e técnicas escolhidas para a desconstrução e o estado em que o edifício se encontra.

O empreiteiro deve tomar todas as medidas possíveis para garantir a segurança dos trabalhadores durante os trabalhos, sendo estas: [7] [11]

- Garantir e fornecer os recursos necessários, incluindo a mão-de-obra, máquinas e equipamentos, a fim de concluir todas as atividades de desconstrução com segurança;

- Ter um método sistemático para identificar de forma eficaz todos os riscos, incluindo os riscos existentes e novos (de preferência antes que eles surjam) e implementar controlo efetivo para evitar danos nos seus trabalhadores e outros;
- Criar um plano de trabalho e selecionar o método ou métodos de desconstrução para evitar ferimentos ou perdas;
- Especificar e implementar o plano de segurança e saúde do local de trabalho, com base no método de desconstrução, incluindo os procedimentos de emergência. Sempre que necessário, os métodos e o plano de segurança e saúde podem precisar de ser alterados durante o decorrer dos trabalhos, para refletir o ambiente em obra e as condições de evolução;
- Prever e assegurar o uso correto de equipamentos de proteção individual e coletivo adequado para os seus trabalhadores;
- Informar os donos de obra e outras partes relevantes do método ou métodos de desconstrução selecionados e equipamentos a serem utilizados;
- Obter licenças de trabalho necessárias, tais como planos de gestão de tráfego, verificar se o edifício ou estrutura a ser desconstruído tem as autorizações de construção necessárias, e notificar o departamento de trabalho dos serviços pretendidos;
- Nomear uma pessoa experiente para supervisionar e controlar as obras em todos os momentos de forma eficaz e assegurar que os métodos de segurança no trabalho estão a ser utilizados em todos os momentos;
- Monitorar continuamente o trabalho de desconstrução do início ao fim, para garantir que as obras estão a ser realizadas, de acordo com a metodologia aprovada e o plano de segurança;

- Inspeccionar propriedades vizinhas sempre que necessário, e registrar as condições dos edifícios adjacentes;
- Erigir todos os painéis adequados, cercas e pórticos para a proteção do público e outras pessoas afetadas pela obra;
- Manter registos documentados do trabalho de desconstrução para que estejam disponíveis para inspeção.

Os trabalhadores são obrigados a tomar todas as medidas possíveis para garantir a sua segurança e a dos outros durante o trabalho, de acordo com as seguintes obrigações: [7]

- Obedecer todas as instruções legais e razoáveis do empregador;
- Observar todas as instruções de segurança e saúde do empregador;
- Vestir ou usar toda a roupa e equipamento de proteção individual, quando necessário, como instruído pelo empregador;
- Não trabalhar sob a influência de drogas e / ou álcool ou usar drogas e / ou álcool durante o horário de trabalho;
- Reportar todas as condições e situações perigosas ao empregador para a eventual retificação;
- Não usar qualquer equipamento que o trabalhador não tenha competências ou sem a devida formação.

Todos os empreiteiros devem garantir a formação e instrução dos seus trabalhadores, é relevante para todos os tipos de tarefas e deveres. Todos os empregadores devem realizar uma análise das necessidades de formação com base nas necessidades da organização (atuais e futuras), experiência corrente dos trabalhadores, formação e suas tarefas e deveres. A formação pode ser fornecida pelo empregador, desde que este seja competente,

ou por empresas com formação especializadas (como primeiros socorros no local de trabalho, sistemas anti-queda e treinamento em espaços confinados). [7]

Os supervisores devem assegurar o bom funcionamento, seguro e eficiente durante os trabalhos de desconstrução. Para fazer isso corretamente, devem ter a experiência adequada e formação em procedimentos de uma desconstrução segura. O empreiteiro deve assegurar que os supervisores têm um detalhado conhecimento das precauções e procedimentos descritos no plano de desconstrução. Com este conhecimento e experiência pessoal, eles devem assumir as seguintes responsabilidades: [7]

- Implementar todo o processo de desconstrução planejada, executar a desconstrução e operação final de limpeza;
- Quaisquer alterações ou mudanças necessárias para a metodologia ou plano de segurança e saúde deve ser discutido com o responsável;
- Assegurar que sejam tomadas todas as medidas necessárias para reduzir ao nível mais baixo possível, a concentração de poeira e outros contaminantes do ar;
- Garantir que as fibras e materiais perigosos são removidos de acordo com as normas e diretivas, não contaminando as áreas adjacentes, e garantir que todos os trabalhadores sob sua supervisão são adequadamente treinados de acordo com as boas práticas de trabalho;
- Assegurar as pessoas que realizam tarefas especiais, como trabalhos a altas temperaturas, trabalhos em altura, entrada em espaços confinados, trabalhos de levantamento, manipulação de substâncias perigosas e transporte tenham sido treinados adequadamente e são competentes, e que estejam sob a direta supervisão de uma pessoa devidamente treinada e habilitada;

- Ter conhecimento para determinar a planta correta e equipamento para executar os trabalhos de desconstrução de uma forma segura e certificar que os equipamentos de proteção individual são utilizados e mantidos em boas condições;
- Garantir que a desconstrução é mantida em boas condições de limpeza e salubridade. Assegurar que os resíduos são depositados de uma forma rápida e adequada;
- Garantir que todas as pessoas empregadas pelo empreiteiro são incentivadas a participar, identificar e relatar quaisquer novos perigos que possam surgir durante o trabalho de desconstrução;
- Sempre que forem encontrados novos materiais perigosos, escrever a sua identificação no local específico e no plano de gestão de resíduos, e informar sobre a segurança e preenchimento de um relatório sobre o incidente.

Para se garantir uma recolha seletiva eficaz de resíduos é necessário definir-se claramente as responsabilidades. Por isso, é necessário nomear responsáveis pelo menos para as seguintes atividades, sendo estas: [7]

- Preparação de formações e informações específicas sobre os materiais. Prestar informação sobre medidas de recolha seletiva e de reciclagem a todos os intervenientes sobre o enchimento adequado dos contentores de resíduos;
- Supervisionamento da recolha seletiva das frações de resíduos. Incluir e garantir medidas apropriadas em caso de falhas na separação, prestar informação sobre problemas com a recolha seletiva de resíduos em reuniões de obra;
- Aviso atempado para empresas de recolha e de transporte para a necessidade de esvaziar e trocar contentores, o desenvolvimento de um balanço mensal de resíduos da obra, incluindo quotas de reciclagem e custos de tratamento, o

supervisionamento da documentação de gestão de resíduos, de maneira a garantir a devida utilização dos métodos de tratamento de resíduos planeados;

- Fiscalização da recolha e do tratamento de resíduos e o apoio contínuo ao projeto para uma contínua gestão de resíduos otimizada.

5.3 Verificações antes da desconstrução

Dentro das medidas preparatórias, para a elaboração e desenvolvimento do plano de desconstrução é necessário efetuar uma visita ao local para verificação do estado do edifício a ser desconstruído. O edifício deve ser analisado e observado por técnicos competentes, como também as condições em que se encontram os edifícios vizinhos, deve ser ainda elaborado uma lista dos materiais que contêm riscos especiais e só após essa análise e que é feito uma avaliação à estrutura.

É importante solicitar as peças desenhadas e escritas das edificações, quando existirem, para se definirem as características em que se encontra o edifício atualmente, em termos de arquitetura, estrutura e restantes especialidades, de forma a possibilitar uma intervenção eficaz, com base numa gestão integrada, dos sistemas de segurança, de qualidade e de ambiente. [11]

Recolher todas as informações disponíveis, junto dos promotores de construção de organismos oficiais e outros intervenientes envolvidos. Inspeccionar o local da obra, as condições existentes, com especial relevo, na aferição das características dos edifícios, os processos construtivos, os sistemas e materiais aplicados, as condições de estabilidade e as alterações introduzidas, ao longo dos anos. [11]

5.3.1 Inspeção do local

Uma desconstrução deve ser iniciada com uma visita ao local para examinar o edifício, que consiste no levantamento visual do edifício (dentro e fora), para estimar o tipo de materiais e da condição geral da estrutura e o que a rodeia. Para além da localização dos serviços públicos que serão desativados antes dos trabalhos de desconstrução começarem. Também é útil observar as condições básicas, tais como danos causados por incêndios, inundações, podridão, e possíveis perigos biológicos, tais como restos de animais. [8]

Em suma, o objetivo da visita ao local é ter o conhecimento real do estado atual do edifício, especialmente os elementos que garantem a sua resistência e estabilidade, para determinação dos métodos e técnicas de desmontagem e demolição mais adequados. [9]

Além disso, o reconhecimento da estrutura não deve ser limitado apenas à fase anterior. Antes de iniciar o trabalho de desconstrução, deve-se estender a fase de reconhecimento durante todo o processo, tendo em conta o estado atual. Verifica-se a qualquer momento, se pode continuar com uma desconstrução suficientemente segura, ou se um elemento estrutural, ou mesmo de todo o edifício, mostra sinais de ruína iminente. Nestas condições a melhor opção poderá ser derruba-lo. [9]

Como também, a inspeção técnica é importante para se tomar conhecimento “in situ” das condições existentes, em especial dos condicionalismos locais e das necessidades de correção, face aos riscos existentes e às medidas de prevenção a implementar, em termos de proteções coletivas e individuais. [11]

5.3.1.1 Caraterização do edifício

Para a caraterização é necessário ter como base um conjunto de informação sobre o edifício em estudo e o que o rodeia, tal como a idade da construção, as suas características,

o seu estado de conservação, os condicionalismos locais (acessos, infraestruturas, linhas de água, vias, escolas, hospitais, etc.) e a existência de edifícios confinantes, com levantamento das suas características e estado de conservação. [11]

O empreiteiro de desconstrução deve verificar o local da obra, o edifício, o seu conteúdo e o estado em que se encontra, onde poderá encontrar as situações mais perigosas. Estas incluem: [7]

- Materiais que contêm amianto, PCB e outras substâncias tóxicas (incluindo o chumbo, pesticidas, tratamento de madeira, produtos químicos);
- Substâncias perigosas e inflamáveis, linhas de energia elétrica, cabos e transformadores, linhas de fornecimento de gás, o alarme e sistemas de bombeiros, incluindo água, cabos de telefone e elétricos, extintores de incêndio e outros recipientes de gás comprimido;
- Riscos biológicos, incluindo matéria em decomposição (restos de alimentos ou animais e outras matérias que podem representar um risco para a saúde dos trabalhadores e outros);
- Esgotos e linhas de abastecimento de águas pluviais, tanques subterrâneos, poços, fossas, caves ou outros espaços vazios;
- Telecomunicações;
- Elementos estruturais inseguros, incluindo pisos, telhados, entre outros;
- Vias de acesso e condições de tráfego.

O dono de obra deve fornecer ao empreiteiro uma prova escrita da condição atual do edifício ou estrutura. O empreiteiro tem a obrigação de confirmar a existência dessas condições. Se o empreiteiro determinar que a estrutura aparenta risco de perigo, deve ser verificado com as autoridades responsáveis, que podem informar sobre o tipo de

construção e a causa dos danos ou fraqueza. As condições que justificam preocupação podem incluir perigos ambientais que teriam danificado a estrutura, tal como terremotos, furações ou qualquer outro ato da natureza, estruturas ou edifícios inclinados, pilares ou vigas com fendas, inclinação ou qualquer dano a comprometer a integridade estrutural. [7]

Durante a desconstrução, o estado de tensão que se encontra sobre os elementos de construção do edifício passa por mudanças significativas mais rápidas do que na construção. Essas mudanças têm origem na acumulação de sobrecargas em determinadas partes da cobertura, elementos que não constam no projeto do edifício, que foram executados durante a utilização do edifício, e que provocam aumento de sobrecargas, como também, em desmontagens de elementos, que aparentemente, não pertencem à parte estrutural do edifício, mas na verdade transmitem cargas. Estas situações e anomalias estruturais que em conjunto se manifestam nas edificações a serem desconstruídas, é recomendado desmontar, os elementos que possam causar a queda descontrolada do edifício, antes do início do seu processo de desconstrução. [9]

5.3.1.2 Edifícios adjacentes

O empreiteiro deve verificar a relação e as condições dos edifícios vizinhos. Nenhuma parte do processo de desconstrução pode afetar adversamente a integridade estrutural de qualquer outro edifício. O acesso às propriedades adjacentes deverá ser acordado com os proprietários e ser mantido durante todo o processo de desconstrução. O nível de proteção não deve ser menor do que o conferido aos locais públicos.

É necessário ter atenção em zonas urbanas, onde existem grandes condicionalismos em termos de espaço e de acessos. Há a necessidade de proteger os edifícios confinantes e as zonas públicas, de poeiras e de eventuais projeções de materiais, com recurso a jatos de água e estruturas protegidas com redes, lonas ou outros elementos rígidos, em função das

características da desconstrução e dos edifícios ou elementos a proteger. Os condicionalismos locais são em geral uma constante, sobretudo em zonas de malha urbana densa, o edifício a desconstruir está limitado por diversos edifícios confinantes e pela via pública. [11]

5.3.1.3 Valor histórico dos edifícios

Se um edifício está numa parte mais antiga da cidade, ou aparenta ter mais de 50 anos, pode ter uma supervisão na preservação histórica pelo município local, de acordo com as suas características e arquitetura. O departamento de planeamento municipal ou organização de preservação histórica deve ser contactado para pesquisar qualquer edifício histórico ou designações distritais e autorizar a demolição ou os processos de desconstrução associados a edifícios históricos. [8]

O proprietário do edifício ou dono de obra deve fornecer ao empreiteiro de desconstrução provas escritas do valor histórico do edifício. Isso não elimina as obrigações do empreiteiro de confirmar se tais condições do edifício existem. Dessas condições podem surgir perigos, como substâncias perigosas, PCB, chumbo, amianto, substâncias radioativas, entre outras. Todas as substâncias perigosas devem ser removidas antes do início da desconstrução. [7]

5.3.1.4 Serviços públicos

A desconexão de todos os serviços públicos deve ocorrer antes de qualquer trabalho começar. Isso inclui a eletricidade, gás natural, água, esgoto, telefone e cabo. É necessário verificar com os serviços públicos locais, para determinar as ligações a desativar e ter o trabalho concluído antes do processo da desconstrução. Muitas vezes, a conclusão da desconexão dos serviços públicos está incluído no processo de aprovação da autorização da desconstrução.

Solicitar os cadastros às concessionárias, que tenham infraestruturas instaladas, nas imediações das zonas a desconstruir e confirmar as suas localizações, dimensões, estados de conservação e possibilidades de corte, de desvio ou de proteção, durante os trabalhos de desconstrução, de forma a evitar riscos associados aos trabalhos, nas zonas adjacentes. [11]

Devem ser aplicadas as seguintes regras para desconectar, com segurança, os serviços públicos em obra: [8]

- Todos os sistemas elétricos, gás, água, telefone, esgoto, cabo e outras linhas de serviços devem ser desligados, fechados, ou de outra forma controlados, dentro ou fora do edifício antes do trabalho de desconstrução ser iniciado;
- Em cada caso, qualquer empresa de serviços públicos que está envolvida deve ser notificada com a devida antecedência;
- Se for necessário manter algum destes serviços, água ou outras utilidades durante a desconstrução, as linhas devem ser temporariamente realocadas conforme necessário e protegidas;
- A localização de todas as fontes de alta tensão também devem estar sinalizadas, uma vez que podem provocar graves acidentes ou até morte;
- Todos os trabalhadores devem ser informados sobre a localização de qualquer serviço público existente ou realocado;
- Com o auxílio do responsável, bombear a fossa, se estiver situado no local do edifício e deixar o antigo local da fossa com a localização marcada;
- Chamar a inspeção de edifício para aprovar e autorizar o fecho do sistema da fossa;
- Cortar a tubulação de esgoto rente ao degrau e preencher o fim do tubo de esgoto com betão ou chamar a empresa responsável por esses serviços para tapar a linha de esgoto, no final, deixar o tubo com a sua localização marcada para evitar danos acidentais;

- Chamar a inspeção do edifício para aprovar e autorizar o fecho para ligação do esgoto.

Deve-se ter um cuidado especial quanto à construção de vedações ou pórticos, para garantir que as suas fundações não entram em contacto com os serviços públicos que ainda estão em uso. Criar medidas para a segurança de peões e veículos que passam no local e os caminhos devem ser mantidos em condições de segurança. [11]

Além das infraestruturas habituais e visíveis (gás, eletricidade, etc.), reguladas através de contratos de abastecimento, há a necessidade de verificar se existem ligações antigas ou clandestinas, que em geral, não são facilmente detetáveis na fase de visita ao local e que durante os processos de desconstrução ou das novas construções, poderão criar situações inesperadas de alto risco. [11]

5.3.2 Substâncias perigosas

As condições de segurança no trabalho desenvolvido em estaleiros temporários ou móveis são frequentemente fracas e defeituosas e estão na origem de um número preocupante de acidentes de trabalho graves e mortais. O uso de substâncias perigosas constitui um dos principais riscos e está presente na generalidade dos trabalhos de desconstrução de edifícios e de outros no domínio de engenharia civil. [11]

Segundo Pacheco Torgal e Said Jalali as construções dos nossos antepassados eram feitas de materiais naturais, as construções correntes podem conter milhares de combinações de químicos e metais pesados, que libertam para o ar interior elevadas quantidades de produtos químicos, quer mesmo contaminado a água potável. [12]

Quando não é possível a eliminação ou substituição das substâncias perigosas deve-se proceder à seguinte hierarquia de controlo, que começa por: [11]

1. Estudar os processos e controles de trabalho e utilização de equipamentos e materiais adequados para reduzir a libertação de substâncias perigosas, por exemplo, confinando o processo de emissão a um espaço fechado ou providenciando ventilação por extração localizada;
2. Impor medidas de proteção coletiva na fonte do risco, como ventilação, e medidas de organização adequadas, como a redução ao mínimo do tempo e intensidade de exposição e do número de trabalhadores expostos;
3. Impor medidas de proteção individual, incluindo equipamento de proteção individual, sempre que a exposição não possa ser evitada de outro modo.

É importante coordenar com o empreiteiro as atividades que concerne à remoção do material contaminado, evitando danificar os materiais recuperáveis. É fundamental planejar essas atividades, e notificar em caso de atrasos ou imprevistos, de acordo com a gestão de tempo do cronograma geral do projeto.

Após o início das atividades de desconstrução, é obrigatório interromper todos os trabalhos, quando forem detetadas substâncias perigosas não previstas, com destaque para produtos ou materiais que contenham amianto, de forma a recomencem os sistemas de remoção adequados, com cumprimento rigoroso das normas e legislação em vigor. [11]

Os tópicos seguintes destacam algumas das substâncias perigosas mais relevantes que podem ser encontradas em desconstruções, entre estas encontra-se o amianto e o chumbo. Esta dissertação é também destinada a ser um guia geral para abordar estas preocupações, que dizem respeito à desconstrução e foram concebidas para a criação, manipulação, armazenamento, transporte e eliminação de materiais perigosos.

Todos os materiais perigosos identificados, em especial os que contêm amianto devem ser removidos antes do início dos trabalhos de desconstrução. Obter informação e formação de

todas as normas de saúde e segurança para o manuseamento de amianto e a eliminação e manipulação de materiais à base de chumbo, se estão contidos no edifício, entre outros.

5.3.2.1 Amianto

O amianto ou asbesto é a forma fibrosa de diversos minerais naturais, extraído fundamentalmente de rochas compostas de silicatos hidratados de magnésio, cujas propriedades de isolamento térmico, de incombustibilidade, de resistência mecânica, durabilidade e flexibilidade, conjugadas com o seu baixo custo e facilidade em ser tecido, justificaram a sua utilização nos diversos sectores, nomeadamente nas atividades de construção de edifícios, em sistemas de aquecimento, na proteção dos navios contra o fogo ou o calor, em placas, em telhas e ladrilhos, no reforço do revestimento de estradas e materiais plásticos, em juntas, em calços de travões e vestuário de proteção contra o calor, entre outros. [11]

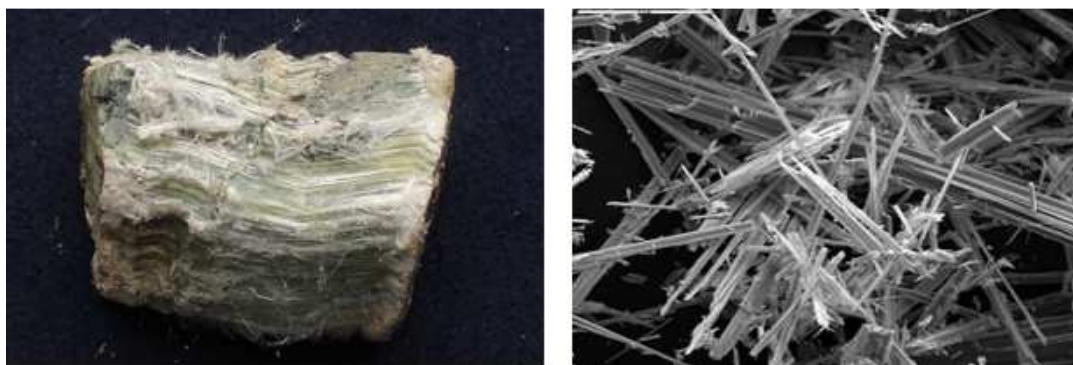


Figura 5.1: Imagem do mineral amianto branco à esquerda e à direita as fibras de amianto [52]

Em Abril de 2006, entraram em vigor as proibições da extração de fibras de amianto e da fabricação, tratamento de produtos que contenham amianto e a sua utilização. Esta proibição vem no seguimento da Diretiva 2003/18/CE, no qual define os riscos para a saúde, quando há exposição dos trabalhadores. A Diretiva 83/477/CEE relativa à proteção dos trabalhadores contra o amianto, com a última redação que lhe foi dada pela Diretiva 2003/18/CE, exige que a exposição do trabalhador seja mantida a um nível inferior a 0,1

fibras/cm³, para todos os tipos de amianto e deve ser reduzida ao mínimo, para valores inferiores aos valores-limite. [11] [12]

A exposição ao amianto manifesta-se através da via cutânea, da via digestiva e da via inalatória. No entanto, a inalação de fibras de amianto é a que representa mais riscos para a saúde e é certamente, a maior responsável pelos efeitos negativos ao nível da saúde. A inalação de fibras de amianto (muito pequenas e invisíveis a olho nu) pode potenciar as seguintes doenças: [11]

- Asbestose, uma lesão do tecido pulmonar;
- Cancro do pulmão;
- Mesotelioma, um cancro da pleura (a membrana dupla lubrificada e lisa que reveste os pulmões) ou do peritoneu (a membrana dupla lisa que forra o interior da cavidade abdominal).

Existe uma grande variedade de materiais de construção que contêm fibras de amianto devido ao seu bom desempenho como isolamento e boa resistência. É caracterizado pelo seu estado friável e não friável. Alguns dos materiais que se encontram no estado friável são revestimentos à pistola, materiais de enchimento, paredes, painéis e tetos falso, aqueles que se encontram num estado não friável são o fibrocimento, produtos betuminosos, tintas de amianto, plásticos reforçados e proteção de cabos elétricos. [12]

O empregador utiliza todos os meios disponíveis para que, no local de trabalho, a exposição dos trabalhadores a poeiras de amianto ou de materiais que contenham amianto seja reduzida ao mínimo e, em qualquer caso, não seja superior ao valor limite de exposição. [11]

O empregador deve utilizar as seguintes medidas de prevenção: [11]

- Redução ao mínimo possível do número de trabalhadores expostos ou suscetíveis de estarem expostos a poeiras de amianto ou de materiais que contêm amianto;
- Processos de trabalho que não produzem poeiras de amianto ou, se isso for impossível, que evitem a libertação de poeiras de amianto na atmosfera, nomeadamente por confinamento, exaustão localizada ou via húmida;
- Limpeza e manutenção regulares e eficazes das instalações e equipamentos que sirvam para o tratamento do amianto;
- Transporte e armazenagem em embalagens fechadas e apropriadas, de materiais que libertam poeiras de amianto ou que contêm amianto.

O empregador assegura que os resíduos, com exceção dos resultantes da atividade mineira, sejam recolhidos e removidos do local de trabalho com a maior brevidade possível, em embalagens fechadas apropriadas, rotuladas com a menção “Contém Amianto”, de acordo com a legislação aplicável sobre classificação, embalagem e rotulagem de substâncias e preparações perigosas. Estes resíduos são tratados de acordo com a legislação aplicável aos resíduos perigosos. [11]



Figura 5.2: Fita de sinalização à esquerda e à direita um exemplo de como devem ser embalados e identificados os materiais que contêm amianto [53]

O empregador deve certificar que subsiste a formação específica e adequada dos trabalhadores expostos ou suscetíveis de estarem expostos a poeiras de amianto ou de materiais que contenham amianto, sem encargos para os mesmos. A formação referida

anteriormente deve ser facilmente compreensível e permitir a aquisição dos conhecimentos e competências necessários em matéria de prevenção e de segurança, nomeadamente: [11]

- Respeitante a propriedades do amianto e seus efeitos sobre a saúde, incluindo o efeito sinérgico do tabagismo;
- Os tipos de produtos ou materiais suscetíveis de conterem amianto;
- Operações que podem provocar exposição a poeiras de amianto ou de materiais que contêm amianto e a importância das medidas de prevenção na minimização da exposição;
- As práticas profissionais seguras, controlos e equipamentos de proteção;
- A função do equipamento de proteção das vias respiratórias, escolha, utilização correta e limitações do mesmo;
- Os procedimentos de emergência e de vigilância médica;
- A eliminação dos resíduos.



Figura 5.3: Equipamento de proteção individual para o amianto [54]

É obrigatório o uso de aparelhos de proteção respiratória individual dotados de filtros de alta eficiência ou aparelhos respiratórios, equipamentos de proteção individual, designadamente fatos descartáveis ou reutilizáveis, botas e luvas laváveis.

5.3.2.2 Chumbo

O chumbo, símbolo Pb, é um metal cinzento, azulado brilhante, mole, dúctil, maleável, trabalhável a frio, razoável condutor de calor e eletricidade e possui condutibilidade térmica. A alta ductilidade e maleabilidade do metal favorece o uso em forma de chapas pela facilidade de ser trabalhado, a sua flexibilidade permite a utilização na forma de tubo.

[13]



Figura 5.4: À esquerda imagem do mineral de chumbo e à direita tubos de chumbo [55]

A intoxicação por chumbo pode acontecer quando as pessoas são expostas a grandes ou pequenas quantidades de concentração de chumbo durante certo tempo. O metal fica acumulado no corpo e pode causar lesões temporárias ou permanentes. De acordo com a Diretiva 98/83/CE de 25 de Dezembro de 2003, o valor máximo de teor de chumbo permitido na água é de 25 $\mu\text{g}/\text{l}$, sendo que este valor será alterado pelo Decreto-Lei n°243/2001 de 5 de Setembro, que implica uma redução do limite máximo do teor de chumbo na água para 10 $\mu\text{g}/\text{l}$, depois de 25 de Dezembro de 2013. [11] [12]

Segundo Russo, a inalação ou a ingestão dos vapores ou poeiras podem causar alterações no sistema hematopoiético (ex. leucemia), renal, neurológico e reprodutivo. A intoxicação crónica por chumbo pode provocar consequências sobre o desenvolvimento físico, intelectual e psico-motor das crianças, e dores abdominais, perturbações neurológicas, anemia e hipertensão arterial nos adultos. Daí que o seu uso não seja aconselhado, devido

à possibilidade de se dissolver na água que circula nas tubagens. Porém, o aparecimento deste material continua a ser bastante frequente em edifícios antigos. [14]

Alguns dos materiais que contêm chumbo combinado com outras substâncias são baterias, compostos químicos, explosivos, vidro (cristal) e produtos metálicos. Foi essencialmente utilizado nas canalizações de modo a prevenir a corrosão, na pintura de pontes através de tintas à base de chumbo, vernizes e decapantes (removedores químicos) com óleo e solventes. [11]

Reconhece-se que a desconstrução é um processo menos destrutivo do que a demolição mecânica, mas por outro lado tem potencial para uma maior exposição dos trabalhadores. Devido à exposição limitada e rotatividade dos trabalhadores, nos trabalhos de remoção de tintas à base de chumbo, garantindo a proteção dos trabalhadores, o empregador deve de assegurar as seguintes medidas: [8]

- Todos os operários que trabalham com material contaminado, como amianto e tintas à base de chumbo, recebem formação e treinamento de conscientização;
- Todas as janelas e portas exteriores são abertas ou removidas para permitir a ventilação e evitar a acumulação e concentração de partículas do material chumbo durante as atividades de desconstrução;
- São fornecidos a todos os trabalhadores num ambiente com poeiras ou vapores de chumbo, respiradores pessoais e vestuário de proteção certificados e contentores de descontaminação para mudá-los ao terminar o turno de trabalho e antes de deixar o emprego local;
- É utilizado um vácuo em todo o interior do edifício para remover toda a matéria de poeiras e partículas na máxima extensão possível;

- Análise da qualidade do ar interior é completada usando dispositivos de amostragem de ar aprovados, para determinar a quantidade de chumbo no ambiente de trabalho;
- Após análise da qualidade do ar, caso os níveis de concentração de chumbo manifestos sejam inferiores aos limites regulamentares, os respiradores e roupas de proteção individual serão removidos;
- Em todos os casos, os trabalhadores serão rodados de ambientes com chumbo em um ciclo curto e de forma regular;
- É proibido fumar no interior da estrutura e perto de quaisquer materiais recuperados. Os trabalhadores são obrigados a lavar as mãos antes das pausas para o almoço e para lanche;
- Não é permitido lixar, cortar, esfolar, as superfícies com tinta a base de chumbo.

5.3.2.3 Sílica

A sílica é um dos minerais mais comuns, presente no vidro, granito, na areia da praia e silicone. Tem duas formas de apresentação cristalina e não cristalina, sendo a primeira a mais perigosa para a saúde. A forma mais comum da sílica é o quartzo que se encontra na areia, gravilha, barro, granito e outras formas de rocha. [11]



Figura 5.5: Imagem de areia de sílica [56]

Alguns dos riscos para a saúde dos trabalhadores associados à exposição a longo prazo de sílica cristalina no ar, podem causar incapacidade na respiração, ou até, uma doença pulmonar fatal chamada silicose. Quando o pó é inalado profundamente nos pulmões, as partículas microscópicas de sílica podem causar cicatrizes no tecido do pulmão, o que restringe a capacidade de extrair o oxigênio do ar nos pulmões. Este dano é permanente, mas os sintomas da doença pode não aparecer durante alguns anos. Inicialmente causa fadiga e falta de ar, e se a exposição for contínua, pode levar a dores no peito, problemas cardíacos (dificuldade em respirar que pode sobrecarregar o coração), a insuficiência respiratória. A exposição à sílica cristalina pode também causar outras doenças, incluindo bronquite, asma, tuberculose e cancro de pulmão. [19]

Alguns dos materiais de construção que contêm sílica são tijolo, cimento, blocos de cimento, granito, grés, quartzito, ardósia, depósitos minerais, pedra, areia, escórias de enchimento, asfalto que contenha pedra. Estes materiais contêm quartzo e produzem pó de sílica ao serem cortados, furados ou partidos. [11]

Se os trabalhos de desconstrução criarem poeira de sílica, devem ser tomadas as devidas precauções. Tais precauções podem incluir: [7]

- A supressão de pó, quer pela, supressão de pó de sílica a partir da fonte, ou pela eliminação (substituição de produtos de sílica), ou por isolamento ((ventilação do local) para minimização (equipamento de proteção individual, supressão de água).
- Caso ocorra exposição, os procedimentos de emergência são no caso de inalação, remover a pessoa para um local com ar fresco, beber água para limpar a garganta e soprar o nariz para retirar a poeira. Se a tosse e irritação continuar, procurar ajuda médica imediatamente;

- Caso haja contato com a pele, é necessário lavar com água em abundância. Seguir as práticas de boa higiene e lavar com sabão neutro e água após cada exposição.

Antes dos trabalhos que envolvem potenciais riscos de exposição à sílica, os trabalhadores devem ter formação nas seguintes vertentes: [15]

- Riscos associados à exposição ao pó de sílica;
- Sinais e sintomas da doença de sílica;
- Procedimentos para um trabalho seguro, a serem seguidos (por exemplo, a instalação de gabinetes, eliminação de resíduos de sílica, descontaminação pessoal);
- O uso de respiradores e outros equipamentos de proteção individual (por exemplo, colocação de equipamento de proteção individual, e limpeza e manutenção de respiradores);
- Utilização de sistemas de controlo (por exemplo, humidificação e ventilação);
- Como utilizar os primeiros socorros (por exemplo, a localização e utilização de estações de lavagem dos olhos);
- Saber como e quando comunicar incidentes de exposição à sílica e informar quaisquer condições de insegurança ou atos ao supervisor.

5.3.2.4 Bifenilos policlorados

Os bifenilos policlorados usualmente conhecidos por PCB são uma mistura com mais de 200 substâncias químicas tóxicas produzidas pelo homem. Não são conhecidas as fontes naturais dos PCB. Estes são inodoros, oleosos e insípidos e aparecem mais frequentemente no estado líquido ou sólido de cor incolor ou amarelo claro. Alguns PCB podem existir como um vapor no ar.



Figura 5.6: À esquerda a imagem de PCB e à direita o contentor identificador onde devem ser colocados [57]

A exposição a baixos níveis de PCB por tempo prolongado pode trazer um elevado risco, originando problemas de saúde, como danos no fígado, na tiroide, no sistema reprodutivo e até alguns tipos de cancro.

Os trabalhadores de desconstrução podem ficar expostos a PCB, quando se desmonta transformadores elétricos e de reatores luz fluorescente ou quando se limpa derrames e despejos de fluidos de refrigeração ou isolamentos, também podem ser encontrados em tintas e outros componentes similares. A disposição correta de derrames, equipamento de proteção, isolamento de resíduos de PCB e material contaminado, deverá evitar que estes entrem em contacto com o meio ambiente em geral. Se ocorrer contaminação da pele, o líquido deve ser removido imediatamente e a pele lavada com água e sabão. [7]

Os Equipamento de proteção individual e roupas de proteção são necessários para o manuseio de PCB, estes incluem macacões descartáveis quimicamente impermeáveis, luvas de borracha nitrílica, óculos de segurança e botas de borracha.

5.3.2.5 Compostos orgânicos voláteis

Os compostos orgânicos voláteis ou COV são poluentes atmosféricos libertados por materiais de construção contendo solventes orgânicos como tintas, vernizes e colas. Além disso os COV contribuem para a formação de ozono troposférico, um gás que provoca

efeito de estufa. A redução da ventilação no interior das habitações (para minimizarem gastos energéticos) pode contribuir para o aumento do volume destes poluentes, podendo originar efeitos nefastos sobre a saúde. [12]

5.3.2.6 Cádmio

O Cádmio é um metal pesado usado como pigmento amarelo, laranja e vermelho do plástico. Trata-se de um elemento que ocorre naturalmente na crosta terrestre e é utilizado combinado com outros elementos, como por exemplo o oxigênio. A sua principal utilização é como elemento protetor de outros metais como o ferro, cobre, aço, etc. É também utilizado em pigmentos, tintas, vernizes, decapantes com óleo e solventes e também se encontra em lâmpadas fluorescentes. [11]



Figura 5.7: Imagem de cádmio em metal à esquerda e à direita pigmentos de cádmio [58]

A inalação de vapores tóxicos deste metal pode causar cancro dos brônquios e do pulmão, doenças do sistema nervoso e do sistema respiratório como a bronquite e pneumonite, entre outros. [11]

5.3.2.7 Formaldeído

O formol ou formaldeído é um composto líquido de tonalidade clara. Aparece nas tintas e corantes, adesivos, colas e resinas melamínicas, está também contido, em painéis de revestimento de paredes e gesso cartonado. Este contém riscos para a saúde, como alergias

cutâneas ou lesões pulmonares, devido à inalação de vapores tóxicos durante a sua aplicação, secagem e misturas dos componentes endurecedores, ou através do pó no corte dos painéis. [11]



Figura 5.8: Imagem de formaldeído e materiais que contem formaldeído [59]

Outro tipo de materiais que podem também conter formaldeído são as madeiras e as poeiras de determinadas madeiras, utilizadas em móveis, divisórias, pisos e paredes, libertadas através de vapores tóxicos. Como também nos materiais de isolamento, tais como a lã mineral, fibras minerais sintéticas e outros tipos de isolamento feitos de materiais porosos, podem ser prejudiciais para a saúde, através da inalação das fibras e vapores tóxicos. A sua inalação ou ingestão de gases (vapores de formaldeído) e o contacto direto com a pele podem causar doenças graves, tais como, alguns tipos de cancro, doenças da pele, do sistema nervoso e do sistema respiratório e dermatite de contacto. [11]

5.3.2.8 Materiais com substancias radioativas

A utilização de materiais com resíduos, possuindo algum tipo de contaminação radiológica, é reconhecida por vários autores como sendo algo que deve merecer preocupação em termos de perigosidade para a saúde pública, já que a exposição mesmo a baixas doses de radiação por longos períodos pode ainda assim resultar no desenvolvimento de cancro. [12]

A maioria dos materiais de construção não apresenta níveis de radiação preocupantes, o que já não sucede no entanto para alguns subprodutos utilizados no fabrico de betão,

como sejam o fosfogesso, as escórias de alto-forno e algumas cinzas volantes, podem também aparecer em detetores de fumo de tipo de ionização e em lâmpadas fluorescentes compactas. [12]

5.3.3 Inspeção estrutural

Um edifício a ser desconstruído, com muitos anos de existência, é comum que os elementos incorporados e, em particular a estrutura estejam danificados de alguma forma. A causa determinante da degradação do material tem origem em lesões de envelhecimento e operações relacionadas, que envolveram uma redução da resistência. Por isso não é fácil saber a resistência de todos os outros elementos. Por estas razões, é indispensável um exame preliminar do estado atual do edifício. [9]

Após serem feitas as vistorias às construções vizinhas, é elaborado um relatório da situação existente com registo, fotos e/ou vídeos. Contendo também os trabalhos de escoramento a realizar e atribuição das responsabilidades em caso de estragos. [10]

Antes de se iniciar os trabalhos de desconstrução, é necessário realizar uma inspeção estrutural, esta deverá ser realizada por uma pessoa competente, que detém a responsabilidade de guardar uma cópia. A inspeção tem como finalidade determinar a idade do edifício, tipo de materiais, técnicas de construção que foram usadas, características de construção da estrutura original, modificações que foram feitas na estrutura, estado atual de elementos estruturais do edifício que podem participar na estabilidade e resiliência do edifício, estado atual das instalações, e dos edifícios vizinhos. [8] [9]

Através da inspeção, é realizado uma atualização, caso seja necessário, ao plano de desconstrução, ou seja, retificar os processos de desconstrução da estrutura, equipamentos

utilizados, requisitos de mão-de-obra, bem como a proteção e segurança pública, como também a segurança de todos os trabalhadores no local de trabalho e do próprio edifício. [9]

Será também executado, após a inspeção estrutural um relatório, que contenha os cálculos de estabilidade estrutural e dimensionamento de suportes temporários. Quando estiver concluído é assinado pela pessoa competente, que irá supervisionar a própria desconstrução. O aspecto mais crítico da inspeção estrutural é a identificação de qualquer elemento que é parte da estrutura do edifício e como esses elementos estruturais serão removidos, de modo a não causar colapsos não planejados. O plano de desconstrução será também atualizado no decorrer dos trabalhos. [8]

Durante os trabalho de desconstrução deve-se ter em conta possíveis perigos, como incêndios, desmoronamentos e acidentes, determinar se qualquer tipo de produtos químicos perigosos, gases, explosivos, materiais inflamáveis, ou substâncias perigosas semelhantes que têm sido utilizados ou armazenados no local. O número necessário e o tipo de respiradores, sinais de alerta, redes de segurança, proteção especial para faces e olhos, protetores auriculares e outros dispositivos de proteção dos trabalhadores devem ser determinados durante a elaboração do relatório da inspeção estrutural. [9]

5.4 Documentação do projeto

A finalidade da desconstrução não é apenas a demolição do edifício nem termina quando este é derrubado. O projeto de desconstrução deve conter uma parte que não aparece nos novos projetos de construção, mas que define o trabalho a ser realizado no local para facilitar o processo de reciclagem e reutilização mais tarde. [9]

Como já foi dito anteriormente a realização do plano de desconstrução é da responsabilidade do empreiteiro e após ser realizado o relatório da inspeção estrutural, o plano será retificado de acordo com a situação corrente.

O projeto de desconstrução, onde são definidos as características do edifício a desconstruir, como espaços confinantes, trabalhadores e ferramentas a utilizar, metodologias e faseamentos de intervenção, sistemas de comunicação, sinalização, monitorização e de informação / formação. [11]

Um projeto de desconstrução deve ser desenvolvido tendo em consideração os seguintes elementos: [7] [11]

- Características e descrição dos processos construtivos dos edifícios a desconstruir, incluindo materiais de construção;
- Localização da estrutura ou edifício, incluindo a relação com estruturas / edificações adjacentes;
- Descrição do valor histórico do edifício;
- Localização dos serviços públicos no subsolo;
- Causas das derrocadas nos edifícios ou motivos da desconstrução;
- Análise de riscos e medidas de prevenção;
- Descrição de como os trabalhos serão efetuados com segurança. Tendo em consideração o seguro acesso dos trabalhadores, as plataformas e estruturas temporárias exigidas para o local de trabalho, definir as instalações e equipamentos a serem utilizados, as restrições implementadas pela Autoridade Territorial e / ou cliente;
- Sistema de informação, de formação e de comunicação;
- Condições especiais, tais como o horário de trabalho;

- Acessos ao local de trabalho;
- Substâncias perigosas presentes no interior do edifício, sua localização, tipo e método pretendido de remoção;
- Inspeção, observação e análise dos edifícios a desconstruir;
- Procedimentos, metodologias de intervenção, planeamento e relatórios necessários dos trabalhos;
- Gestão de resíduos;
- Quaisquer outras condições identificadas durante as verificações antes da desconstrução.

5.4.1 Plano de desconstrução

O plano de desconstrução deve ser elaborado e desenvolvido passo-a-passo sobre como o empreiteiro pretende desconstruir com segurança o edifício ou estrutura. Deve ser criado seguindo um planeamento cuidadoso de cada etapa da desconstrução, e por escrito. Uma cópia do plano de desconstrução deve ser fornecida ao dono de obra para sua informação.

É constituído por o projeto de execução técnico, o plano de segurança e saúde, o plano de prevenção e gestão de resíduos e o plano de organização do local. Após todos os elementos estarem reunidos é feito o licenciamento nas respetivas autoridades. Deve-se também definir as zonas de sinalização que apoiam as soluções construtivas, adequadas para a descrição dos andaimes e fixações em obra. Inclui o processo de pedido de desmantelamento e a descrição das soluções construtivas a aplicar em cada fase, incluindo proteções auxiliares e a localização prevista para as instalações de reciclagem moveis e operações de recolha de forma seletiva. [9]

Além disto, deve ainda definir-se os limites do âmbito da atuação de cada interveniente e das suas responsabilidades, bem como as medidas preventivas que se deverá implementar

para garantir a segurança de todo o processo. É indispensável que o plano de desconstrução apresente a avaliação dos volumes e das características dos resíduos que serão gerados, acompanhada de recomendações para facilitar a primeira seleção “in situ” e o processamento de materiais e elementos construtivos. Todas estas medidas têm como objetivo melhorar a viabilidade da valorização posterior dos resíduos. [16]

Conforme já foi referido anteriormente, este plano está sujeito a sofrer mudanças ou alterações no decorrer dos trabalhos, ao reconhecer quaisquer novas condições ou imprevistos que possam surgir. Tais mudanças ou alterações podem ser minimizadas se o empreiteiro de desconstrução tiver realizado uma verificação completa do edifício durante a sua inspeção.

5.4.1.1 Projeto de execução técnico

O projeto de execução técnico tem a função de definir o estado atual do edifício, este deve conter a memória descritiva, os termos de responsabilidade, as peças desenhadas, o caderno de encargos, o relatório de estabilidade da estrutura, onde deve constar os cálculos de estabilidade e o dimensionamento de suportes temporários, o mapa de quantidades e a estimativa orçamental, sobre os passos necessários para identificar as características construtivas principais, especialmente as da estrutura.

A memória descritiva deve incluir aspetos comuns a outras memórias descritivas em geral e também outras especificações dos objetivos e os meios próprios de desmantelamento. Estes conteúdos devem ser classificados em duas partes, a parte justificativa e a parte descritiva. [9]

A parte justificativa consiste em analisar a fase preliminar, que diz respeito às verificações antes da desconstrução e detetar as principais características do edifício. Estes aspetos têm

de ser o argumento técnico que justifica os métodos que serão aplicados e seguir as técnicas e medidas de segurança a serem adotadas pelas características específicas do edifício e seu estado atual. Além disso, deve ser justificado o conjunto de operações, os equipamentos e elementos de desconstrução que serão utilizados, em conformidade com as instalações de reciclagem existentes no local e externas e as possibilidades do processo económico. [9]

Por sua vez, na parte descritiva será explicado os métodos, as técnicas e o encadeamento das atividades da desconstrução, bem como a apresentação de mapas de volumes, as características dos resíduos que serão gerados e definição dos trabalhos prévios à reutilização e à reciclagem. Deverá ainda, ser levado em conta, as operações de recolha seletiva e triagem. Na memória descritiva, devem ser indicadas as instalações de reciclagem a montar no estaleiro, os destinos de encaminhamento dos resíduos não reutilizados ou reciclados “in situ”, os equipamentos que se prevê usar e as medidas de segurança a adotar. Deve também incluir-se a relação de normas e regulamentos em vigor e de que maneira serão cumpridos. [16]

As peças desenhadas de um plano de desconstrução devem definir de forma clara e suficiente o estado atual do edifício, através da representação de alçados, plantas e cortes, nas escalas de representação pertinentes, onde se deverá indicar as características da estrutura. As zonas de escoramento ao longo do edifício devem igualmente ser assinaladas em desenhos que representem as soluções construtivas das respetivas estruturas de suporte e as suas ligações à estrutura. [16]

O caderno de encargos deve conter as especificações técnicas gerais e particulares, que são estabelecidas para cada desconstrução. Tem como finalidade conciliar as exigências decorrentes da utilização de materiais e de segurança, de forma a definir as condições

técnicas gerais para o desenvolvimento dos processos e fases de planeamento da desconstrução, as condições técnicas particulares dos métodos de desconstrução e a ordem de execução dos trabalhos de desmontagem. Como também os elementos construtivos que serão recuperados para reutilização e os materiais de construção para reciclagem e as condições de segurança e as medidas de proteção dos trabalhadores. [9]

Por último, o projeto de execução técnico deve incluir um mapa de quantidades e estimativa orçamental. De forma geral, deve ser elaborado as medições, o mapa de quantidades e uma estimativa de custo. No orçamento de uma desconstrução deve-se estabelecer separadamente as operações de desmontagem e desmantelamento seletivo dos elementos construtivos e de demolição massiva do resto da construção (se for o caso). Os encargos com o tratamento e encaminhamento dos resíduos da desconstrução devem também ser contemplados no mapa de quantidades e no orçamento. [16]

O limite do pormenor da avaliação é determinado pelas necessidades contratuais. Em todo o caso, é necessário considerar um custo diferencial das alternativas possíveis, eventual utilização de materiais de construção que têm como destino final o aterro, pois a demolição e outros resíduos da construção civil devem prever o custo de operações de triagem ou colheita de materiais que devem ser reciclados. [9]

5.4.1.2 Plano de segurança e saúde

De acordo com o Decreto-Lei nº273/2003, 29 de Outubro, existe apenas um plano de segurança e saúde em cada obra, que é da responsabilidade do dono de obra, e deve ser elaborado em fase de projeto, deve incluir todas as atualizações e alterações que forem sendo feitas ao longo da execução da desconstrução, será implementado e especificado pela entidade executante na fase da obra, sendo desenvolvido pelo coordenador de segurança.

O plano de segurança e saúde deve ser elaborado com base nos procedimentos contidos no projeto de execução técnico, que deve incluir: [7]

- Análise de tarefas, identificação e registo de perigos esperados associados a cada fase de desconstrução pretendida;
- Formulação dos métodos de controlo adequados para evitar prejuízos, lesões ou danos;
- Localização de equipamentos de proteção individual e roupas que serão utilizadas;
- Procedimentos e autorizações de trabalhos especiais (espaço confinado, etc);
- Registos de formação e certificação de pessoal responsável pela desconstrução do edifício ou estrutura, incluindo a equipa de fiscalização;
- Procedimentos de emergência e planos de evacuação;
- Registo das substâncias perigosas, incluindo dados de segurança.

Ao longo da execução da desconstrução, este dossier deve também conter: [11]

- O PSS em fase de projeto entregue pelo dono de obra;
- O documento de notificação de entrega à entidade executante pelo dono de obra do PSS em fase de projeto;
- O documento de validação técnica pelo coordenador de segurança do desenvolvimento e especificação do PSS para a execução da desconstrução;
- Os documentos de validação técnica pelo coordenador de segurança das alterações e atualizações ao PSS para a execução da desconstrução que foram realizadas;
- O documento de aprovação pelo dono de obra do desenvolvimento e especificação do PSS para a execução da desconstrução.

5.4.1.3 Plano de prevenção e gestão de resíduos

A desconstrução é um processo de construção de desmontagem com a finalidade de recuperar o máximo de materiais para a sua maior e melhor reutilização. Como um subproduto da desconstrução, os materiais também podem ser recuperados para reciclagem, sendo a reutilização o resultado preferido.

Segundo o artigo nº5 do Decreto-Lei nº46/2008 de 12 de março, devem ser aplicadas metodologias e práticas em obra de modo a maximizar a valorização dos RCD. A desconstrução aparece como resposta ou solução na elaboração de projetos e a respetiva execução em obra de modo a privilegiar a adoção dessas metodologias e práticas que consistem em: [20]

- Minimizar a produção e a perigosidade dos RCD, através da reutilização de materiais e da utilização de materiais não suscetíveis de originar RCD, contendo substâncias perigosas;
- Maximizar a valorização de resíduos, por via da utilização de materiais reciclados e recicláveis;
- Favorecer os métodos construtivos que facilitem a demolição orientada para aplicação dos princípios da prevenção e redução e da hierarquia das operações de gestão de resíduos.

De acordo com o Decreto-Lei nº46/2008, 12 de Março, nas empreitadas e concessões de obras públicas, o projeto de execução é acompanhado de um plano de prevenção e gestão de resíduos de construção e demolição, que assegura o cumprimento dos princípios gerais de gestão de RCD. [20]

Um PPGR é um documento que estabelece desde o início até ao fim da obra, a estratégia para otimizar a reciclagem num local de desconstrução. Segundo o Decreto-Lei nº46/2008, 12 de Março, deve constar obrigatoriamente neste plano: [20]

- A caracterização sumária da obra a efetuar, com descrição dos métodos construtivos a utilizar tendo em vista princípios, metodologias e práticas referidas no presente decreto-lei;
- A metodologia para a incorporação de reciclados de RCD;
- A metodologia de prevenção de RCD, com identificação e estimativa dos materiais a reutilizar na própria obra ou em outros locais;
- A referência aos métodos de acondicionamento e triagem de RCD na obra ou em local afeto à mesma, devendo, caso a triagem não esteja prevista, ser apresentada fundamentação da sua impossibilidade;
- A estimativa dos RCD a produzir, da fração a reciclar ou a sujeitar a outras formas de valorização, bem como da quantidade a eliminar, com identificação do respetivo código da lista europeia de resíduos.

É conveniente à rotulagem dos contentores de resíduos, em várias linguagens, se necessário, para identificar alguns cuidados particulares a ter com cada resíduo. Nos locais de obra sem vedação ou perante projetos em edifícios que permanecem habitados, é necessário utilizar contentores fechados e vedação específica na zona onde estes se encontram. No entanto, é necessário garantir, que os contentores estejam sempre acessíveis aos trabalhadores durante todo o período de execução da obra. [17]

O plano de prevenção e gestão de resíduos também valoriza e incentiva a separação de materiais no local da obra e deve ter em consideração: [8]

- Todos os trabalhadores devem saber onde estão os contentores para, reutilização, reciclagem, depósito de materiais perigosos e depósito de resíduos de construção e demolição que existem no local e os meios para colocação e transporte;
- Compreender e preparar pontos específicos (contatos), mercados gerais (publicidade) e métodos (equipamentos, mão-de-obra, sub-contratos) para a remoção de todos os materiais em obra, considerar todos os materiais e o possível mercado para eles;
- Pré-venda de materiais “in situ” ou num local perto da obra, para ajudar a reduzir o risco de se comprometer com a desconstrução, para além de permitir poupar tempo e energia no processamento, transporte e armazenamento de materiais;
- O uso da madeira recuperada para fins estruturais envolve supervisão. Atualmente não existe um padrão estabelecido para a reclassificação de madeira recuperada ou certificação de um produto de madeira recuperado.

5.4.1.4 Plano de organização do local/ocupação da via pública

A localização do edifício a desconstruir pode ter muita importância. Em projetos nos centros de cidade, que têm normalmente elevada densidade habitacional, é provável que haja limitações acrescidas na utilização do espaço, podendo ser necessário tomar medidas especiais de segurança. Neste sentido, as infraestruturas existentes na periferia da obra, como por exemplo a largura das estradas circundantes, devem também ser estudadas para que se possa determinar se os veículos de recolha e transporte de resíduos, assim como o equipamento de desconstrução de maior porte, têm acesso à obra. A avaliação deste género de informação pode ser apoiada por plantas da cidade conjuntamente a um levantamento em obra. [16]

Deve também estar incluído no plano de desconstrução um plano de emergência e ocupação da via pública, elaborado pelo empreiteiro. Deve ser efetuado de acordo com as condições existentes e com os condicionalismos locais, que permita condições de acesso à obra e de apoios às vítimas e evacuação. [11]

Os aspetos essenciais na preparação da organização do estaleiro, que podem provocar fortes constrangimentos na ocupação da via pública são: [11]

- Identificação de áreas adjacentes ao edificado a intervir, suscetíveis de aproveitamento para implantação de meios de apoio à obra, mediante a obtenção atempada de licenças de ocupação de via pública;
- Seleção de equipamentos adequados aos trabalhos a executar e simultaneamente compatíveis com as limitações de espaço, para implantação ou posicionamento dos equipamentos e eventuais manobras dos mesmos. Equipamentos a utilizar:
 - Equipamentos elevatórios;
 - Tipos de vedação;
 - Sistemas de remoção de resíduos;
- Levantamento e identificação dos vários condicionalismos locais, que podem interferir nos trabalhos a desenvolver e que poderão ser afetados por esses mesmos trabalhos, tais como:
 - Infraestruturas subterrâneas;
 - Edifícios e estruturas confinantes;
 - Condições de acesso;
 - Tráfego pedonal e de viaturas.

Devido à falta de espaço, por vezes torna-se necessário a ocupação da via pública. Caso seja necessário, a ocupação da via pública, deve ser solicitado uma licença junto das

autoridades locais, com o intuito de proporcionar mais espaço no local de trabalho e segurança dos trabalhadores e terceiros.

5.4.2 Licenciamento

Tal como um projeto de demolição, para se proceder à desconstrução de um edifício ou estrutura é necessário efetuar o licenciamento nos serviços das Câmaras Municipais. O dono de obra deve apresentar nesta entidade, o projeto de desconstrução. O projeto de desconstrução, que deve incluir o plano de desconstrução, o plano de segurança e saúde, o plano de prevenção e gestão de resíduos, como também exige a apólice de seguro contra acidentes de trabalho, o alvará da empresa de desconstrução, o livro de obra e o termo de responsabilidade pela direção de obra.

5.5 Segurança na desconstrução

Antes de analisar o projeto de desconstrução, empreiteiro deve desenvolver o PSS da desconstrução. Para cada novo projeto, um PSS será criado para lidar com quaisquer requisitos adicionais para manter a segurança no local onde vai decorrer a obra de desconstrução.

Os elementos do PSS irão incluir a orientação do trabalhador, identificação de perigos e formação, as normas e diretivas para o uso de ferramentas, proteção respiratória, proteções contra quedas, entre outras. O PSS deverá também conter os procedimentos para lidar com situações de emergência, no local de trabalho, utilização de EPI, e os procedimentos para corrigir o comportamento inseguro. [8]

Os empreiteiros devem tomar todas as medidas possíveis para assegurar que a ação ou omissão de um funcionário, enquanto trabalho, não prejudique nenhuma outra pessoa,

incluindo os membros do público ou visitantes do local de trabalho. Alguns exemplos de medidas possíveis incluem: [7]

- Cercas nas imediações onde decorre a obra de desconstrução, para evitar a entrada no local por outras pessoas, e colocação de "Perigo" como sinalização nas cercas, em todos os pontos de entrada e instalar pórticos para proteger os peões;
- Utilizar um plano de gestão do tráfego, devidamente autorizado para o tráfego local, notificar as propriedades vizinhas e empresas do início dos trabalhos de desconstrução;
- Proteger os espaços vazios, por exemplo buracos, alçapões, etc. Recuperar danos causados pelas obras de desconstrução.



Figura 5.9: Sinalização de segurança no local de desconstrução [33]

5.5.1 Planeamento do processo de desconstrução

A segurança começa com o planeamento no sentido de tomar todas as medidas para evitar até mesmo os casos mais leves. É razoável esperar pequenas lesões ou acidentes, tais como pequenos cortes, arranhões, contusões, entre outros. Mas não é razoável esperar grandes quedas, choques elétricos, ou cortes e lesões de grande impacto. Um aspeto da desconstrução que a diferencia de demolição mais tradicional e mecanizada é o uso de mão-de-obra predominantemente.

O responsável deve estar sempre no local para avaliar qualquer potencial risco de perigo e ter a autoridade para tomar eventuais medidas corretivas. O edifício a ser desconstruído, o movimento de pessoas e materiais, bem como a utilização de ferramentas e equipamentos, todos os riscos são descritos durante a desconstrução. [8]

O planeamento depara-se com os primeiros riscos associados à desconstrução, que são identificados “in situ”, os perigos que o edifício pode propor em termos de materiais perigosos, dificuldades do trabalho em função dos diferentes climas, manuseamento das ferramentas, supervisão e formações obrigatórias para este tipo de trabalhos e por fim procede-se à limpeza do local.

É necessário disponibilizar todos os meios previstos, antes do início dos trabalhos de desconstrução, em especial, os equipamentos de proteção coletiva e individual e materiais e equipamentos previstos, de forma a serem evitadas situações inesperadas, de suspensão ou de espera, que poderão contribuir para diminuir as condições de segurança. O responsável deve certificar se todos os equipamentos a utilizar nos trabalhos de desconstrução, estão em boas condições de utilização e se são compatíveis e adequados com os trabalhos a executar. [11]

5.5.1.1 Edifício

Conforme referido anteriormente o primeiro aspeto da segurança preventiva é retirar todos os materiais com riscos especiais, contidos no edifício, identificados na inspeção do local. Os elementos de construção devem estar fisicamente estáveis e capaz de suportar o peso dos trabalhadores, e não apresentar perigo de colapso onde os trabalhadores possam estar presentes. Qualquer escoramento ou estabilização deve ser concluída antes da desconstrução e eventualmente efetuar pequenos ajustes necessários durante o processo. Nenhum trabalhador deve contribuir para a instabilidade do edifício, (por exemplo)

removendo paredes estruturais, quando os trabalhadores ainda se encontram apoiados um piso acima, não retirar os elementos estruturais verticais ou horizontais “antes do tempo”. [8]

Em termos gerais, um edifício afetado pelo fogo será mais fácil de desconstruir, devido aos danos e enfraquecimento de ambos os materiais e da estrutura do edifício. No entanto, o enfraquecimento e redução da capacidade da estrutura, atua como uma plataforma de carga instável para os trabalhadores e os equipamentos. [8]

5.5.1.2 Ambiente

O processo de desconstrução de um edifício não deve ser realizado durante determinadas condições meteorológicas que possam causar riscos imediatos aos trabalhadores. Como chuva ou em condições excessivamente húmidas, estas condições podem causar deslizamentos e choques elétricos. Condições extremamente quentes e falta de ventilação são fontes de exaustão, e os cuidados devem sempre ser tomados, garantindo o consumo adequado de água, existência de sombra quanto possível, e não sobrecarregar os trabalhadores a tal ponto que eles possam cometer erros graves. [8]

5.5.1.3 Ferramentas

As ferramentas a serem utilizadas devem ser adequadas às tarefas, estar em boas condições de funcionamento e serem utilizadas corretamente. As ferramentas elétricas devem ter isolamento adequado e também incluir sistemas de segurança, como devem existir sempre o kit de primeiros socorros, e extintores de incêndio. [8]

O equipamento só deverá ser operado por um trabalhador devidamente habilitado e com a devida informação dos riscos associados ao funcionamento do mesmo. O utilizador do equipamento deverá ler atempadamente o manual de instruções e assegurar a sua

completa compreensão antes de colocar em funcionamento o referido equipamento. Este só deverá operar o equipamento após ter pleno e perfeito conhecimento da disposição e do significado de todos os dispositivos de comando/controlado/segurança, bem como do funcionamento do mesmo. Em algumas das vezes a existência deste manual é lhe desconhecida, ou na maioria dos casos, este nem sequer existe. O manual de instruções deve, sempre que possível, encontrar-se disponível no local de trabalho do respetivo equipamento. [11]

Nunca operar os equipamentos sob o efeito de álcool, determinados medicamentos ou drogas. Em manobras difíceis ou com fraca visibilidade, utilizar um ajudante. Efetuar lubrificação, reparação ou manutenção somente com os equipamentos desligados. Utilizar os EPI adequados consoante o risco a que o operador se encontra exposto em função do equipamento em uso. [11]

5.5.1.4 Supervisão e formação

Antes do início dos trabalhos de desconstrução, deve-se possibilitar ações de informação e formação, a todos os intervenientes, tendo em vista a aquisição de conhecimentos objetivos e claros, em termos de procedimentos e de faseamento de trabalhos, de meios humanos e materiais, dos sistemas de comunicação, de proteções coletivas e individuais e das responsabilidades e limites de responsabilidade de cada um dos intervenientes. [11]

Um projeto de desconstrução seguro, exige que todos os presentes no local conheçam o PSS e saibam como realizar o trabalho. Também é necessário atribuir funções e responsabilidades de forma clara e para que cada trabalhador saiba as tarefas pelas quais é responsável, tais como a supervisão, segurança, assistência médica e primeiros socorros, gestão de materiais e saiba onde se informar e o que fazer em circunstâncias de riscos

especiais. A formação especializada pode ser necessária para proteção contra quedas e proteção respiratória, entre outros. [8]

As pessoas competentes que supervisionam o trabalho devem saber como identificar os perigos e como lidar com eles, a ordem e as técnicas para a desconstrução mais adequadas para cada tipo de trabalho, e como comunicar as tarefas aos trabalhadores. Deve ser assegurado a formação a novos trabalhadores ou por cada nova tarefa ou equipamento. A segurança é o resultado de comunicar aos trabalhadores e a comunicação entre trabalhadores. [8]

É obrigatório a formação e informação de todos os trabalhadores e certificar de que eles reconhecem essa formação por escrita. Toda a equipa no local de desconstrução necessita de ter uma constante atitude de otimismo, sobre qual a sua função e onde estão os trabalhadores em relação ao edifício, o terreno, os materiais, equipamentos, e uns aos outros. [8]

5.5.1.5 Limpeza do local

Um local de trabalho limpo melhora a segurança do local. É essencial que o acesso aos locais de trabalho se mantenha livre de obstáculos e limpo, nomeadamente de materiais e produtos que possam constituir obstáculos ou risco de queda de ferramentas ou materiais, água, extensões elétricas, materiais atravessados no meio do caminho, etc. [11]

Como todas as outras atividades na desconstrução, a remoção e evacuação de resíduos devem ser planeadas, de forma a corresponder ao ritmo dos trabalhos e, tomar especial atenção em intervenções em edifícios antigos, debilitados, de forma a não originar acumulações excessivas que possam diminuir a resistência dos pisos do edifício. [11]

A remoção dos resíduos deve ser realizada através de condutas (mangas, coletores) para contentores, cujo ritmo de descarga tem de ser coordenado com a evolução dos trabalhos. Em locais de zonas antigas ou ruas muito estreitas, pode acontecer que não exista espaço disponível para a colocação de contentores, o que implica a disponibilização de viaturas de tipo *dumper*, por exemplo, para receber os resíduos e transportá-los para as centrais de triagem. [11]

5.5.1.6 Equipamentos de proteção individual

Os EPI são obrigatórios em qualquer trabalho e para todos os trabalhadores. Dependendo do processo de trabalho, podem incluir o capacete de segurança, as luvas, os óculos de segurança, as botas de biqueira de aço, as calças compridas e a proteção auricular. Para além dos equipamentos base pode também ser necessário o uso de máscaras respiratórias, para proteção contra poeiras e materiais fibrosos malignos, como já foi dito anteriormente.



Figura 5.10: Sinalização dos EPI obrigatórios em obra [60]

O Capacete de segurança é obrigatório para qualquer trabalho onde os objetos ou detritos que se encontram por cima podem cair, ou mesmo alguém pode estar a transportar algum material pesado nas proximidades. Deve ser colocado quando se entra na zona de trabalho. As luvas de palma de couro fornecem alguma resistência ao impacto, ajudam a prevenir bolhas e cortes de objetos pontiagudos. Os óculos de segurança servem para prevenir impactos aos olhos de pequenos objetos projetados, poeira, detritos, fibras que podem cair, e projeção de detritos incandescentes ou fragmentos de materiais devido ao corte ou escarificação de metais ou alvenaria. [8]

É extremamente importante a utilização de óculos de segurança, sempre que utilizar ferramentas elétricas que possam causar detritos na atmosfera ou no caso de uma lâmina quebrar. As botas de biqueira de aço e de preferência também com solas de aço, oferecem proteção contra objetos que possam impactar o pé por cima ou lateralmente, e fornecer proteção como suporte para o tornozelo. As calças compridas fornecem uma camada de valor inestimável de proteção contra arestas cortantes ou pregos. E por último a proteção auricular é usada quando exige a utilização de ferramentas elétricas e trabalhos que provocam ruído superior ao permitido. [8]



Figura 5.11: Equipamentos de proteção individual, luvas, botas de biqueira de aço, óculos, capacete e protetor auricular [61]

As máscaras de filtrar partículas e as máscaras de proteção das vias respiratórias são um acessório importante para a saúde e segurança do trabalhador, sempre que exista

potenciais riscos respiratórios, tais como poeira, fibras e tintas à base de chumbo. Uma máscara de filtrar partículas serve apenas para proteção contra o pó e não é suficiente para a proteção contra poeiras de tinta à base de chumbo, a máscara respiratória deve manter-se devidamente ajustada, testada e com filtro adequado para trabalhar neste tipo de ambiente. [8]



Figura 5.12: Proteção respiratória, à esquerda máscara respiratória de filtrar partículas, à direita máscara respiratória [61]

O empregador é responsável por fornecer equipamento de proteção individual aos seus trabalhadores, e é da responsabilidade do trabalhador a utilização efetiva dos EPI obrigatórios que lhe são distribuídos. [11]

Ferramentas utilizadas	Riscos previsíveis	Medidas de prevenção
Retroescavadora Martelo pneumático Ferramentas manuais Plataformas Escadas Etc	Quedas em altura Quedas ao mesmo nível Esmagamento Ruído elevado Cortes Quedas de objetos Vibrações Soterramento Acumulação de resíduos Inalação de poeiras Projeção de partículas	Deve ser prevista e garantida uma correta planificação, sequência e métodos de trabalhos
		Os trabalhos só devem ser realizados com supervisão de um responsável
		Deve ser evitada a sobreposição dos postos de trabalho
		Todos os objetos que ofereçam risco de desprendimento na frente de trabalho devem ser eliminados, removidos ou estabilizados
		Deve ser proibida a circulação e outras atividades nas zonas de desconstrução que se devem encontrar bem delimitadas e sinalizadas
		Utilização de andaimes com adequadas condições de segurança
		Instalação do sistema de proteção coletiva contra quedas
		Utilização de cintos de tipo arnés de segurança quando necessário
		Examinar permanentemente a estabilidade das partes não desconstruídas ou das construções vizinhas
		Efetuar limpeza e remoção dos resíduos frequentemente
		Reduzir o desprendimento de pó procedendo a regras de controlo
		Usar sempre o equipamento de proteção individual adequado

Quadro 5.1: Risco e medidas de prevenção associados à desconstrução [18]

5.5.1.7 Equipamentos de proteção coletiva

A desconstrução de elementos em altura constitui uma atividade em que o risco de queda em altura está quase sempre presente, devido à dificuldade em garantir meios de proteção coletiva contra esse risco que acompanha a movimentação dos trabalhadores. [11]

É necessário criar sistemas de acessos alternativos, através de andaimes, torres, plataformas, meios mecânicos de elevação ou outros sistemas, que ofereçam condições de segurança. Visitar e inspecionar todos os elementos e compartimentos das edificações a desconstruir (coberturas, paredes, pavimentos, depósitos, caves, chaminés, etc.), para verificar se existem zonas instáveis ou debilitadas e eventualmente a necessidade de colocação de sistemas de escoramentos, que garantam que os trabalhos sejam executados, sem a ocorrência de situações inesperadas, que possam vir a comprometer as condições de segurança. [11]

A proteção contra quedas pode ser obtida de várias formas, tais como arnês de corpo individual, no caso de zonas de acesso controlado e monitoramento. Os cintos corporais individuais devem ser devidamente ancorados para serem eficazes.



Figura 5.13: Arnês de segurança [61]



Figura 5.14: Trabalhadores a utilizar o arnês de segurança ligados a uma corda como suporte [11]

O andaime é o equipamento de trabalho constituído por uma estrutura provisória, destinada a permitir a execução de trabalhos em altura. Montado a partir do solo ou de qualquer outra superfície contínua, resistente e estável, com uma ou mais plataformas de trabalho. Os componentes pré-fabricados dos andaimes devem ser acompanhados de documentação técnica de identificação do fabricante, data de fabrico e indicações relativas às características específicas que tenham sido consideradas, normalização adotada, certificados e instruções de montagem, utilização e desmontagem. [11]

A importância dos andaimes exteriores como medida de EPC contra a queda em altura nos trabalhos de desconstrução, implica planear a dimensão do andaime adequada a esse objetivo, que terá de exceder em altura cerca de um metro a base da bordadura da cobertura. Em coberturas inclinadas deve-se planear a montagem dos andaimes tendo em conta ainda a eventual utilização de elementos dos mesmos para ancoragem de linhas de vida de suporte de cintos de segurança de tipo arnês. Os andaimes podem ser constituídos em madeira, metal (aço, alumínio) ou mistos, podendo incorporar elementos de outros materiais, nomeadamente madeiras, plástico e fibras, de acordo com as respetivas normas.

[11]



Figura 5.15: Exemplos de andaimes em obras [11]

É também necessário a utilização como proteção e sinalização dos limites do edifício os guarda-corpos ou guarda-costas. Estes constituem um dispositivo de proteção coletiva que visa impedir a queda em altura, sendo compostos por elementos horizontais suportados em elementos verticais, formando um conjunto que deve garantir estabilidade, resistência e geometria adequadas. [11]



Figura 5.16: Exemplos de guarda-corpos na cobertura [11]

As redes de segurança têm naturalmente de ser adequadas ao risco que visam proteger, tendo em conta o tipo de queda provável em função do alcance e área a proteger. Estas redes têm como objetivo amparar uma queda em altura que não pode ser evitada, constituindo um meio de proteção eficaz desde que observem as normas específicas para a sua montagem e a validação de fatores indicados pelo fabricante e que têm evidentemente de ser respeitados. Existem vários tipos de redes consoante a altura do edifício e o local a serem aplicadas. [11]



Figura 5.17: Redes de proteção contra quedas em altura [62]

5.5.1.8 Riscos associados à desconstrução

Alguns dos aspetos mais gravosos para os trabalhadores em obras de desconstrução são esmagamento, queda em altura e electrocução. Nestas obras podem ainda ser atingidos por materiais de construção, ferramentas, entre outros. Ser atingido por materiais muitas vezes vem da falta de comunicação e coordenação entre os trabalhadores. [8]

É igualmente importante prevenir risco de queda de objetos, no interior do edificado e na zona de entrada, sobretudo nos casos em que haja trabalhos nos pisos superiores, demolições parciais, intervenções em paredes, soalhos e tetos, garantindo assim que a zona de acesso ao edificado, à zona de obra esteja livre de riscos e seja uma área segura. Deve evitar-se o uso de escadas auxiliares em certas situações como, próximos de áreas de circulação de pessoas e veículos, onde houver risco de queda de objetos, próximo de aberturas em pavimentos, vãos em paredes e junto de linhas e equipamentos elétricos desprotegidos. [11]



Figura 5.18: O mau posicionamento das escadas auxiliares, à esquerda a escada corre o risco de cair na vertical e à direita a escada encontra-se segura tanto na horizontal como na vertical [11]

O risco de esmagamento é resultante de dois tipos de situações diferentes, a primeira ocorre na movimentação de cargas constituídas por diversos materiais, acondicionados, extensores, madeiras, ferro e outras cargas. A segunda ao eventual colapso de estruturas em desconstrução, decorrente de incorreções nos sistemas de escoramento ou de erros de conceção e / ou de projeto. [11]

O risco de eletrocussão pode ser originado pela utilização incorreta de equipamentos elétricos, como a falta de manutenção e de conservação dos equipamentos, a não verificação prévia das condições de segurança e de funcionamento, a falta de formação adequada sobre a utilização dos equipamentos, o desrespeito por normas e dispositivos de segurança dos equipamentos, os cabos e acessórios em más condições de conservação e as deficientes condições da instalação elétrica do estaleiro. [11]

Os trabalhos de desconstrução de coberturas originam riscos resultantes de eventuais colapsos de elementos estruturais, por exemplo, elementos da cobertura, vigas muito fragilizadas e de revestimentos em muito mau estado (telhas). Estas situações podem originar riscos graves de queda em altura e mesmo de esmagamento e soterramento. Assim, em casos da existência de sinais de degradação estrutural, é essencial efetuar o escoramento que assegure a manutenção desses elementos estruturais durante a fase dos trabalhos em que a sua permanência se justifique. [11]

As zonas instáveis e outros elementos emergentes, por exemplo chaminés, não devem ficar desprotegidos, especialmente nas fases de interrupção dos trabalhos. Para evitar situações de colapso ou derrubamento, por ações resultantes dos próprios trabalhos de desconstrução, de impactos acidentais ou por ações de ventos, chuvas ou sismos, é necessário impedir que trabalhadores ou outros intervenientes, circulem ou permaneçam nas zonas a jusante dos trabalhos de desconstrução e que se cumpram os restantes procedimentos previstos, especialmente em relação às regras, faseamentos e sequências de desmonte, resultado das características dos edifícios, dos meios utilizados e do seu estado de conservação. [11]

5.5.1.9 Medidas preventivas

Com a utilização de gruas de vários tipos e outros equipamentos, a verificação documental dos aparelhos elevatórios e particularmente dos registos de manutenção, revisão e de fichas de registo de verificação, são o primeiro passo para adquirir níveis de segurança adequados na utilização desses equipamentos. A utilização da grua está associada ao risco de esmagamento, deve-se planear a trajetória da grua de forma a minimizar esse risco, procurando que na sua movimentação e deslocação de cargas não seja frequente a passagem sobre zonas de maior concentração de trabalhadores. Esta condicionante tem evidentemente de ser conjugada com a restante organização do estaleiro. [11]



Figura 5.19: Colocação estratégica da grua [11]

Algumas das regras de seguranças que devem ser seguidas em todos os trabalhos de desconstrução, são as seguintes: [8]

- Os trabalhadores devem estar atentos e concentrados no trabalho que estão a realizar;
- Não é permitido acumular aglomerações de resíduos em áreas de trabalho onde podem gerar perigos ou obstáculos para os trabalhadores;
- Nomear um responsável técnico de segurança no trabalho, que terá a responsabilidade global da segurança do trabalho;
- Cada pessoa no local de trabalho deve agir com responsabilidade;
- Compreender o processo de desconstrução e as suas metas;
- Estabilizar as seções debilitadas dos edifícios, e trabalhar de forma a manter as estruturas tão estáveis quanto possível através dos processos da desconstrução;
- Tomar cuidado na manipulação de vãos envidraçados, artigos longos, itens pesados e objetos com pregos ou salientes que ainda possam estar incorporados;
- Compreender como as componentes são conectadas, usando os melhores métodos e ferramentas para removê-las;
- Importância da limpeza de detritos e remoção de materiais em áreas onde eles podem criar situações de risco no chão, em outros locais e no final de cada fase da desconstrução;
- Criar pontos de apoio ao trabalhador em telhados, tais como, uso de cintos de segurança, arnês, andaimes, escadas, corrimões e guarda-corpos;
- Através de um sistema de duas pessoas para remoção e transporte de materiais, como blocos de madeira longos, por exemplo, podem ser apoiados em ambas as extremidades, para proteger os trabalhadores e materiais de movimentos bruscos.

5.5.1.10 Prevenção e proteção contra incêndios

Um planejamento de prevenção contra incêndios deve ser definido antes de iniciar um trabalho de desconstrução. Este deve descrever as atribuições dos trabalhadores-chave no caso de um incêndio e fornecer um plano de evacuação para os trabalhadores no local. O plano deve ter em consideração: [8]

- Todas as potenciais fontes de inflamação, que devem ser avaliadas e tomar medidas corretivas necessárias;
- Os cabos elétricos e equipamentos para fornecimento de luz, calor ou energia devem ser instalados por uma pessoa competente e inspecionados regularmente;
- O equipamento alimentado por um motor de combustão interna deve ser localizado, de modo que descarreguem bem longe de materiais combustíveis e longe de trabalhadores;
- Todos os equipamentos de combustão interna devem ser desligados antes de reabastecer;
- O combustível para equipamentos deve ser armazenado em um local seguro;
- Os equipamentos de combate a incêndios devem estar localizados perto de uma área de armazenamento de líquidos inflamáveis ou combustíveis;
- Só devem ser utilizados os recipientes aprovados e tanques portáteis para o armazenamento e manuseio de líquidos inflamáveis e combustíveis;
- Os dispositivos de aquecimento devem ser posicionados de forma que eles não sejam suscetíveis de derrubar e devem ser instalados de acordo com o seu perfil, incluindo o apuramento de material ou equipamento combustível;
- Proibido fumar perto das operações ou dos materiais perigosos;
- Ao armazenar detritos ou material combustível dentro de uma estrutura, o armazenamento não deve obstruir ou afetar adversamente os meios de saída;

- A localização adequada no local de trabalho deve ser designada e fornecida com planos de emergência, informações e equipamentos, conforme necessário;
- O acesso a equipamentos pesados de combate a incêndio no local de trabalho deve ser providenciado no início dos trabalhos e mantido até que o trabalho esteja concluído;
- Um amplo número de extintores portáteis totalmente carregados devem ser fornecidos durante toda a operação;
- Todos os equipamentos móveis com motor devem ser equipados com um extintor de incêndio aprovado.

5.5.2 Contenção de fachadas

Quando pelo menos um dos edifícios confinantes é constituído por estruturas antigas de alvenaria resistente, é importante proceder ao escoramento entre empenas, de forma a evitar danos ou colapsos nos edifícios adjacentes, na fase de licenciamento e na fase de construção dos novos edifícios. [11]

O processo de contenção de fachadas inicia-se com lançamento da estrutura de contenção pelo exterior, sendo constituído por treliças metálicas de perfis INP, que após concluído, permite o avanço dos trabalhos de desconstrução, com início na cobertura. A contenção de fachadas, com recurso a estruturas metálicas, tem como função evitar o derrubamento da fachada, para o interior ou exterior, durante o período de execução dos trabalhos de desconstrução e os períodos de espera. [11]



Figura 5.20: Exemplos de contenções de fachadas antigas [11]

A execução dos trabalhos de contenção de fachadas pelo exterior, impedem o derrubamento das paredes para a via pública. No entanto, à medida que a desconstrução for evoluindo, existe a necessidade de conter a fachada pelo interior, com recurso a elementos metálicos, colocados na horizontal, ligados à estrutura exterior através dos vãos de janelas ou de portas. A desconstrução e o sistema de contenção pelo interior vão evoluindo em simultâneo, de forma a serem criadas condições de estabilidade e de segurança, nas zonas de intervenção e no edifício em geral. [11]

5.6 Execução do processo

Todos os participantes no processo de desconstrução de um edifício devem observar as medidas de aplicação gerais, com a finalidade, de uma ação não danificar o edifício, tornando perigosa a ação de outro participante no processo. É uma medida prioritária desmontar o edifício na direção oposta da sua construção lógica, assim sendo, o processo tem de ser desenvolvido do piso cima para baixo, no sentido descendente e inicia-se com a desmontagem de equipamentos de instalações e desmontagem da cobertura e deve terminar com o pavimento do rés-do-chão ou as fundações. [9]

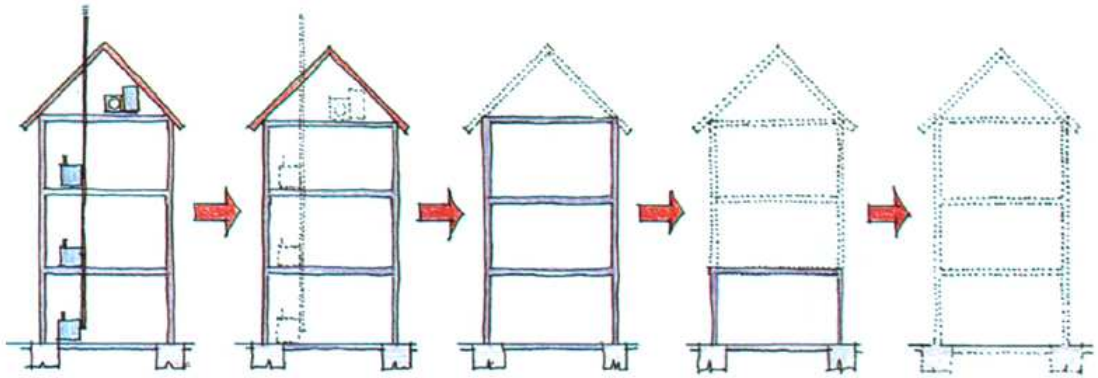


Figura 5.21: A desmontagem do edifício piso a piso, no sentido descendente, de modo a começar na cobertura e acabar nas fundações [9]

Outros dos critérios gerais a serem seguidos numa desconstrução são os seguintes: [9]

- Durante o desmantelamento dos elementos em consola deve evitar-se que esses elementos permaneçam em desequilíbrio, colocando um escoramento provisório de maneira que ao desmantelar esse elemento não ocorra a queda do mesmo;

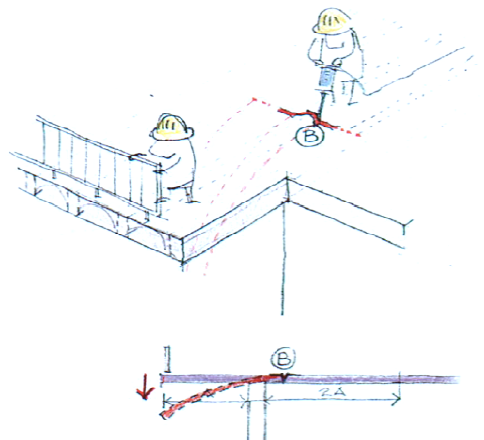


Figura 5.22: Escoramento obrigatório em elementos em consola [9]

- Antes de iniciar a desmontagem, deve-se reduzir tanto quanto possível, a carga suportada pelos elementos de construção. O processo de desconstrução deve seguir uma ordem que facilite e proporcione o alívio simétrico das lajes;

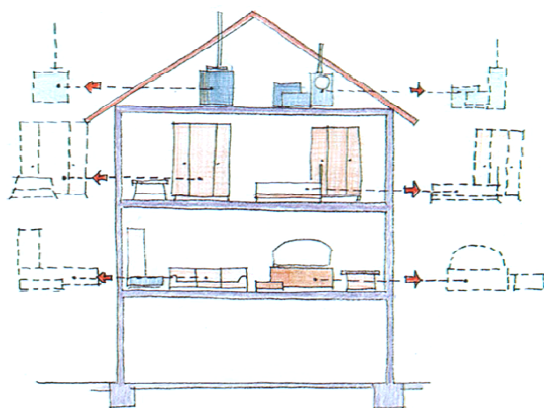


Figura 5.23: Os elementos soltos devem ser os primeiros a serem removidos de modo a não comprometer a estabilidade durante a desconstrução [9]

- É necessário o desmantelamento dos elementos construtivos compostos com diversos materiais, estes iniciam-se pelos materiais de revestimentos e termina nos de suporte;

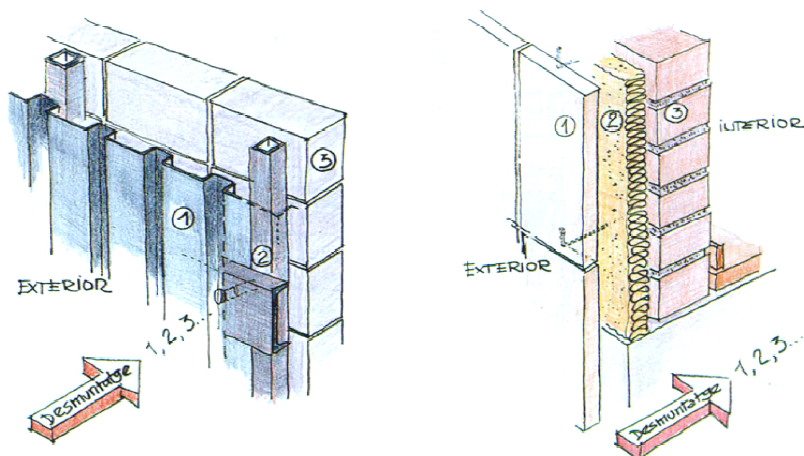


Figura 5.24: O desmantelamento dos elementos construtivos deve ser realizado no sentido inverso à sua construção, inicia-se pelo revestimento e acaba nos elementos de suporte [9]

- É preciso um apoio prévio antes do desmantelamento, para se remover os elementos que trabalham à flexão ou à compressão. Estes elementos devem estar escorados antes da sua desmontagem, para quando falte o elemento de construção de apoio, se mantenha a estabilidade e resistência do conjunto;

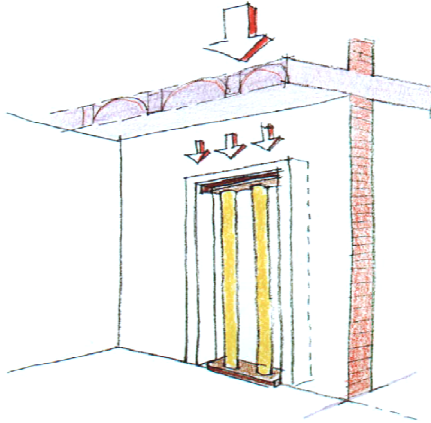


Figura 5.25: Colocar escoramento provisório durante a desmontagem dos elementos de modo a manter a estabilidade [9]

- É necessário descarregar previamente as componentes verticais dos arcos e das abóbadas e contrariar ou anular as componentes horizontais, deve proceder-se ao escoramento e iniciar o processo de desmantelamento no sentido descendente e de forma simétrica;

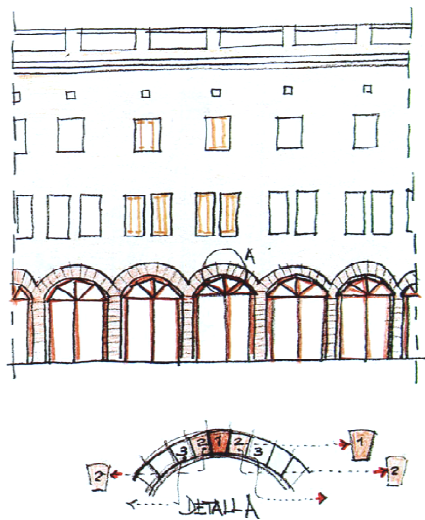


Figura 5.26: Os arcos e as abobadas são elementos estruturais, devem ser retirados pela ordem inversa à sua montagem para evitar o colapso [9]

- As estruturas isostáticas devem manter a estabilidade global, ou então introduzir os apoios necessários para garantir a segurança;

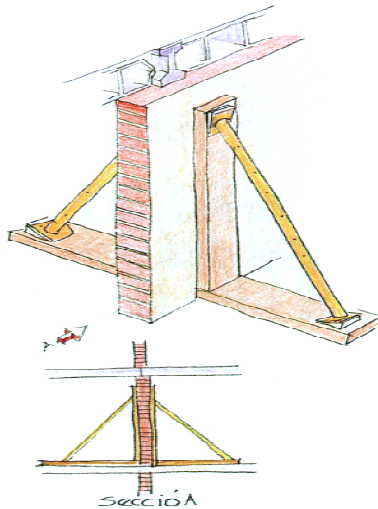


Figura 5.27 Os elementos estruturais verticais necessitam de escoramento provisório de modo a não colapsarem [9]

- Em estruturas hiperestéticas, o processo é ordenado de maneira a que se introduza deslocamentos, rotações ou deformações mínimas que não alterem o estado de tensão formado.

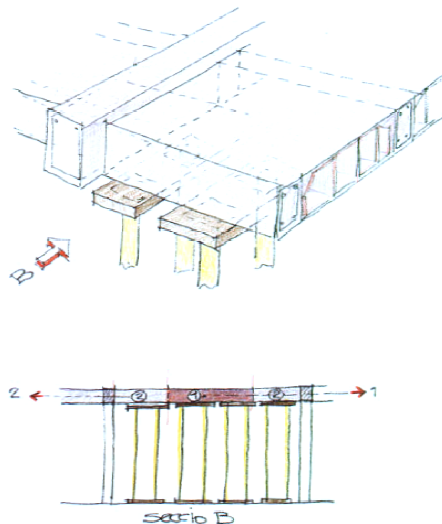


Figura 5.28: Colocação de escoramento provisório em pavimentos de modo a evitar o colapso [9]

5.6.1 Fases da desconstrução

Segundo Manual de *Desconstrucció* o processo de desconstrução é constituído por quatro fases, que serão analisados no final deste subcapítulo. A execução da desconstrução é

essencialmente um processo de demolição e desmontagem de elemento por elemento, para conseguir o objetivo principal, sendo este, recuperar o maior número possíveis de elementos de construção para a reutilização e reciclagem de materiais, de maneira que os trabalhos não afetem, a segurança dos procedimentos. Só devem ser iniciados os trabalhos de desconstrução, quando finalizarem os trabalhos prévios definidos inicialmente. [9]

As edificações devem ser desconstruídas de cima para baixo, piso a piso, com remoção em primeiro lugar, dos revestimentos e de outros elementos suportados e em segundo lugar, dos elementos de suporte e estruturais. [11]

Conforme referido, a primeira fase é quando se procede à desmontagem dos elementos arquitetónicos recuperáveis que não pertencem à estrutura do edifício e que não são suporte de outro elemento. Na segunda fase decorre a desmontagem de materiais e elementos recicláveis que, tal como no caso anterior, não têm função de suporte.

Na terceira fase inicia-se a desmontagem dos elementos arquitetónicos que pertencem à estrutura ou que são suporte de outros elementos, como apoio prévio. E por ultimo a desmontagem ou demolição da estrutura do edifício, com técnicas e métodos que facilitam a seleção de materiais “in situ” para posterior reciclagem mais fácil. [9]

5.6.2 Trabalhos de execução da desconstrução

Na desconstrução de um edifício ou estrutura deve ser levado em conta os seguintes princípios: [8]

- O uso de equipamentos de proteção individual e todas as ferramentas básicas;
- Conceito de “último colocado é o primeiro a ser retirado”;

- Conceito de “seleção da ferramenta”, escolher a ferramenta que mais se adequa ao tipo de trabalho ou tarefa a realizar, e que não seja aplicada força excessiva para tal;
- Conceito de “controlo do corpo e da posição de trabalho”;
- Acessos para os elementos de construção e passagens de entrada e saída, para os trabalhadores, equipamentos e resíduos;
- O uso de equipamentos de proteção coletiva para proteção contra quedas;
- Não sobrepôr as áreas de trabalho verticais e horizontais, com excesso de sobrecarga.

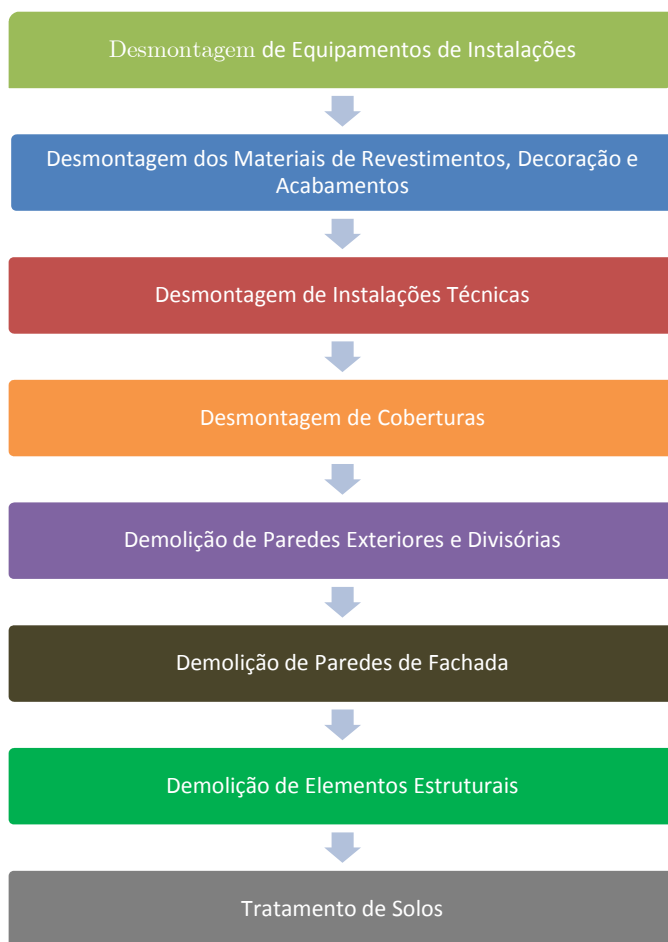


Figura 5.29: Fases da desconstrução

5.6.2.1 Desmontagem de equipamentos de instalações

Os equipamentos de instalações mais comum em edifícios a desconstruir são os elevadores, sistemas de aquecimento central, aparelhos de ar condicionado, antenas de TV, geradores, entre outros. Quando os serviços públicos forem desativados, conforme referido nas verificações antes da desconstrução, inicia-se então a desmontagem dos equipamentos de instalações ou eletromecânicos. [9]

A ordem de execução dos processos deve ser a inversa da ordem de instalação de modo a não afetar a estabilidade dos elementos de apoio existentes. Contudo se estiver planeado a reutilização de equipamentos de instalações ou eletromecânicos, o desmantelamento do equipamento deve ser realizado por pessoas especializadas. É necessário considerar também o desmantelamento de outros componentes de instalações domésticas que possam ser desmontados tais como os sanitários e mobiliário fixo da cozinha e lavanderia. [9]

5.6.2.2 Desmontagem dos materiais de revestimento, decoração e acabamentos

De um modo geral, deve ser desmantelado os itens de arquitetura, materiais de revestimento, decoração e acabamentos para serem reutilizados, que não têm nenhuma função resistente no edifício. O objetivo é removê-los antes do processo de desconstrução, pois pode afetar o seu aspeto ou durabilidade. Podem incluir vidros, portas, janelas, louças sanitárias, caleiras, algerozes, tubos de queda de águas pluviais, etc. [9]

No entanto, ao longo do ciclo de vida de ocupação dos edifícios, a drástica divisão de funções em relação ao definido em projeto, que se estabelece entre os elementos estruturais que fazem ou não parte da estrutura, não é tão rigoroso. Assim sendo, os materiais de revestimento ou elementos decorativos, especialmente aqueles que são de pedra, podem

estar sujeitos a cargas e, portanto, podendo integrar um certo equilíbrio de tensões do elemento construtivo. [9]

Embora nunca se deva começar por desmontar estes elementos, sem efetivamente comprovar que eles não estão a exercer esforços e não pertencem a nenhum elemento estrutural. Podem incluir, por exemplo, pedras britadas que completem a secção de um elemento resistente desde o pavimento ao teto e que podem integrar a secção resistente útil da laje, como também fachadas em pedra. [9]

Nos casos que se pretende recuperar os materiais para reutilização, é necessário executar os trabalhos piso por piso, quando o piso superior já foi desconstruído. Caso contrário, os pisos inferiores não conseguirão suportar a sobrecarga. Conforme referido anteriormente, deve ser verificado se a remoção do revestimento provoca perda de secção do elemento estrutural significativa, se assim for, deve ser colocado escoramento no elemento que recebe a carga. [9]

5.6.2.3 Desmontagem das instalações técnicas

Depois de terem sido retirados os elementos arquitetónicos reutilizáveis, inicia-se o processo de desmantelamento das condutas de drenagem e de abastecimento de água, bem como outras instalações que estão à vista e podem ser desmontadas facilmente, logo que não afete a estabilidade ou a resistência do elemento estrutural em contato. [9]

No caso de tubagem, se o processo de desmontagem “in situ” for complexo poderá afetar a segurança ao longo dos trabalhos de desmantelamento. A sua remoção deverá ser realizada depois de demolido o elemento a que está ligado. Assim, deve ser evitado a perda da secção da laje ou parede onde passa a conduta, que pode ser considerável, dependendo da

profundidade onde se encontra. Neste sentido, se durante o processo existir algum risco de perigo eminente, é necessário escorar a parte afetada. [9]

5.6.2.4 Desmontagem de coberturas

O processo de desmantelamento da cobertura deve ser iniciado com o desmantelamento dos elementos salientes, sendo estes, as chaminés, claraboias, condutas para ventilação e saída de fumos. Se não houver espaço livre suficiente em torno da chaminé a desmontagem deve ser realizada elemento por elemento e não por derrube ou tração do elemento completo. A desmontagem é feita a partir de uma plataforma, não deve ser permitido materiais ou partes dos elementos depositados no plano de cobertura ou em risco de queda. [9]

Sempre que se efetua a desmontagem de coberturas em planos inclinados, deve ser iniciado pela cumeeira e seguindo o sentido descendente, as saliências (beiral). O processo deve seguir uma forma simétrica para que não se provoque a queda de secções devido a desequilíbrios nas cargas. A desmontagem deve ser feita desde as camadas exteriores até às camadas interiores, ou seja, primeiro deve ser removido os materiais do revestimento exterior, em seguida o plano de apoio e para finalizar a estrutura da cobertura. [9]

Nas estruturas de telhados à base de asnas, se os barrotes e as madres atuarem como elementos de travamento, não se deve iniciar a desmontagem da asna sem a escorar primeiro. É necessário fixar um cabo de travamento no centro de gravidade para evitar a oscilação e queda repentina. Se as asnas forem reutilizadas, é necessário desmontar a asna inteira de maneira a não se alterar o seu estado de tensão para o qual foi projetado e eventualmente evitar que apareçam deformações que impeçam a sua reutilização. [9]

Na desconstrução de coberturas planas, se os materiais de isolamento que constituem a cobertura estão apoiados na laje ou nas vigas, a desconstrução deve ser realizada em conjunto. Caso contrário será realizada em separado, pela ordem inversa ao seu processo construtivo. [9]

5.6.2.5 Demolição de paredes interiores e divisórias

Na descrição do desmantelamento de materiais de revestimento, os elementos que não foram implicados na redução das cargas do edifício podem estar sujeitos a tensão de compressão. Desta forma deve-se sempre verificar, se os vãos e as paredes interiores do edifício, não estão submetidas a cargas verticais provocadas por transmissão do limite máximo de deformação excessiva pela laje. Se a laje se deforma e transfere cargas para as paredes interiores, esta deve ser escorada antes de ser desmantelada. [9]

Em edifícios de estruturas de betão armado, se as paredes divisórias não se encontram submetidas a cargas verticais, estas devem ser cortadas verticalmente de cima para baixo, de modo a facilitar a queda por derrube. Quando as paredes são feitas de alvenaria, e as vigas do edifício em madeira ou metal, é necessário removê-los pela ordem inversa à ordem em que foi construída. [9]

5.6.2.6 Demolição de paredes de fachadas

Se as paredes da fachada pertencerem à estrutura do edifício, deve-se desmantelar previamente todos os elementos de construção localizados acima da parede, tais como, laje da cobertura, asnas, entre outros. Se a parede tem apenas função de preenchimento, o desmantelamento deverá ser efetuado depois de ser retirada a laje de cobertura.

De um modo geral, o desmantelamento das madeiras das portas e caixilharias devem ser realizados à medida que a desmontagem da parede vai evoluindo. Se a parede de fachada é

resistente, é aconselhável escorar a abertura e instalar proteções, a fim de se evitar quedas acidentais dos trabalhadores. [9]

As paredes que não fazem parte da fachada da estrutura do edifício devem ser desconstruídas, piso por piso. Desta forma não deve existir paredes ao longo de um piso superior, sem apoio à laje, é necessário o escoramento antes do início da desmontagem. Em todos as paredes de fachada, seja qual for o sistema de desmantelamento a ser utilizado, deve existir um andaime de apoio no exterior da fachada. [9]

5.6.2.7 Demolição de elementos estruturais

Após todos os elementos referidos anteriormente serem retirados e o edifício resumir-se unicamente à parte estrutural, inicia-se o processo de demolição das lajes. Para tal é necessário retirar as vigas, paredes e os pilares que se apoiam na laje. Caso não seja possível a reutilização e reciclagem de elementos de construção estruturais, procede-se a demolição da estrutura. [9]

As lajes devem ser removidas quando já não existam elementos apoiados em si, tais como pilares, paredes, mobiliário fixo, etc. Antes da demolição deve-se no entanto escorar as situações em que permaneçam elementos encastrados e fechas excessivas. Quando as vigas são contínuas duas secções consecutivas é necessário ter em atenção na secção central da laje, que não deve ser cortada. E em que condições a laje da cobertura se encontra, em caso de deformação ou queda. As cargas suportadas pelos escoramentos a serem transmitidas pelos elementos estruturais que estavam em boas condições, não devem exceder a sua carga admissível. Os escoramentos devem ser executados de baixo para cima, no sentido oposto ao processo de desconstrução e inicia-se pelos vãos em consola. É necessário ter cuidado nas zonas junto a instalações sanitárias, canalizações e chaminés.

Deve-se ter em atenção durante a desconstrução das vigas, se a largura dos troços são compatíveis com a capacidade da grua. [9] [10]

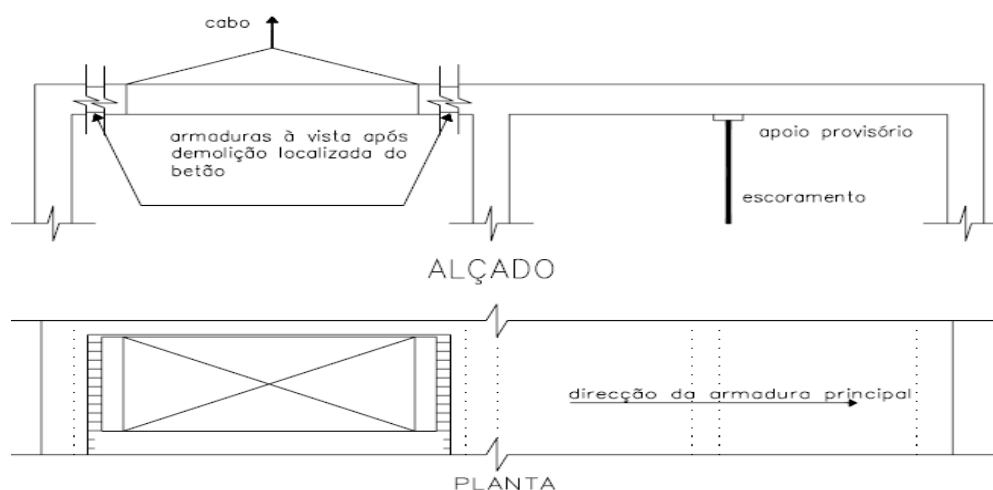


Figura 5.30: Exemplo de como pode ser retirada a viga, sempre com apoio provisório para evitar o colapso [10]

As lajes de betão armado podem ser desmontadas segundo os seguintes critérios. Quando a laje é reforçada em uma só direção, deve ser cortada em seções paralelas à armadura principal, se a armadura da laje tem duas direções, a direção dos cortes deve formar quadrados ou blocos que sejam compatíveis com a capacidade da grua, em geral, os cortes começam no centro do painel, que tem de ser escorado, evoluindo para a periferia em espiral. [9] [10]

Quando as lajes são constituídas por elementos lineares de betão pré-fabricado, em primeiro lugar deve ser observado a condição das extremidades dos suportes, para verificar se as vigas não estão degradadas, principalmente se forem constituídas por madeira. A degradação é provocada pela humidade ou o calor transmitido pelas lareiras, entre outros, a este respeito, é essencial verificar o estado de degradação da laje, mas em qualquer caso, o desmantelamento da laje tem de começar com o escoramento, ou a suspensão da viga e, em seguida, corta-se os extremos a partir do suporte. [9]

Nas lajes de vigotas pré-esforçadas, começa-se por demolir ou retirar os blocos de aligeiramento. Segue-se com a suspensão da vigota com cabos junto aos apoios e por fim o corte da vigota. [10]

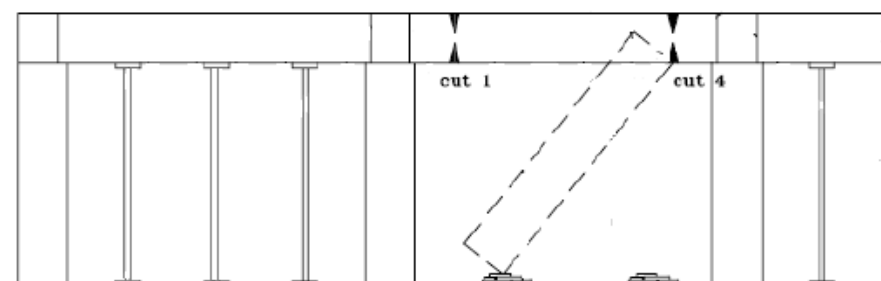


Figura 5.31: Exemplo de como pode ser retirado a laje [27]

Nas lajes de escada deve-se desmontar em primeiro os materiais dos degraus e enchimentos. Se a laje é composta por degraus em consola, não se deve desmantelar a parede onde estão encastrados, devem ser cortados os degraus nas secções em que é desmontada, depois de escorar os vários vãos. [9]

Após a demolição das lajes, vigas e todos os elementos estruturais que descarregam nos pilares ou paredes estruturais, deverá ser executado a demolição destes, cortando os pilares pela base. Se o pilar é de betão, devem-se cortar as armaduras de uma das faces e, por tração controlada fazê-lo cair sobre o pavimento. Por último, corta-se as armaduras da outra face. [9] [10]

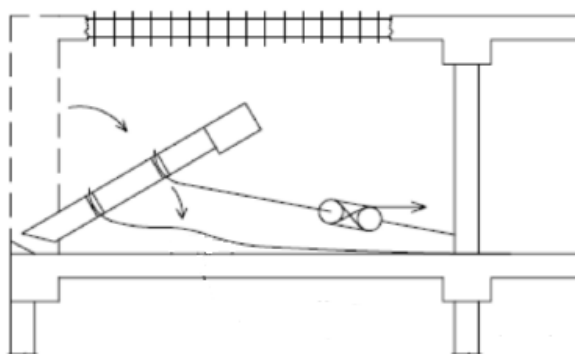


Figura 5.32: Exemplo de como pode ser retirado o pilar [27]

5.6.2.8 Tratamento dos solos

O tratamento dos solos deve ser realizado, quando o terreno de implantação do edifício tem estado em contacto prolongado com produtos perigosos, para neutralizá-lo, devem ser realizados tratamentos específicos. [9]

5.6.3 Desconstrução de estruturas de madeira

Para edifícios em estruturas de madeira é habitual utilizar-se dois tipos básicos de desconstrução que proporcionam o fornecimento de materiais recuperados, a desconstrução não-estrutural e a desconstrução estrutural. Em geral, a desconstrução não-estrutural pode ser realizada com recurso a algumas ferramentas, considerações típicas de segurança no local de trabalho, e em questão de horas ou dias. A desconstrução estrutural envolve uma gama de ferramentas, mecanização, considerações de segurança elevada, e um período de dias ou semanas. [6]

A desconstrução não-estrutural é geralmente considerada uma técnica de redução de resíduos na renovação, demolição e manutenção do edifício. O sucesso da desconstrução não estrutural é devido, em parte, à influência limitada das barreiras que afetam a desconstrução estrutural. Atividade da desconstrução não-estrutural é minimamente afetada por existência de materiais perigosos, restrições de tempo de projeto, e as políticas locais de habitação, como por exemplo licenças. As preocupações ambientais, tais como tintas à base de chumbo e materiais que contêm amianto são suscetíveis de ter um impacto maior sobre a desconstrução estrutural de que a desconstrução não-estrutural. [6]

Tipo de desconstrução	Definição	Características	Tipos de materiais reciclados
Não estrutural	Envolve a remoção de qualquer componente do edifício que não pertença ou cuja eliminação não está dependente da integridade estrutural do edifício, para reutilização ou reciclagem.	Normalmente os elementos podem ser recuperados de forma relativamente fácil e com poucas preocupações de segurança. No material não é usual a necessidade de apoio ou preparação para reciclar.	Pavimentação Eletrodomésticos Janelas / portas Acessórios de lareira ou chaminés.
Estrutural	Envolve a remoção de componentes do edifício, que são parte integrante ou que contribuem para a integridade estrutural, para reutilização/reciclagem.	Dissimulação de uma estrutura para reciclar os componentes estruturais do edifício, tais como vigas, pilares e tijolos. Os materiais são geralmente grandes produtos, que podem ser reutilizadas como materiais de construção ou reciclados em produtos de valor agregado, como cadeiras, mesas e revestimentos de superfície.	Revestimento sistemas de alvenaria/ sistema vigas madeira / vigas da cobertura.

Quadro 5.2: Descrição da desconstrução estrutural e não estrutural [6]

5.7 Otimização da reciclagem na desconstrução

É importante planear o sistema de remoção e separação dos resíduos, devido aos grandes condicionalismos que estes apresentam, em termos da ocupação de espaço no interior dos

edifícios para o exterior. O seu transporte para vazadouro autorizado, deve ser efetuado em condições de segurança e em cumprimento da legislação e diretrizes aplicáveis em termos ambientais (utilização de guias, contrato com vazadouro licenciado, etc.). [11]

O sistema a utilizar no que toca à remoção de resíduos, deve ser organizado, em função da primeira premissa, sendo esta a remoção dos resíduos da frente de trabalho para os pisos térreos, com meios adequados e como segunda premissa, a remoção para vazadouro licenciado. Os resíduos e os materiais resultantes das desconstruções devem ser selecionados e separados, de forma a potenciar a sua reutilização e/ou reciclagem e em simultâneo diminuir o seu volume, a enviar para vazadouros de receção generalizada. [11]

5.7.1 Remoção de materiais

Deve-se proceder à remoção e evacuação de resíduos em obra, com sistemas que não criem situações de risco, através de aberturas em pavimentos, de condutas ou de contentores, colocados estrategicamente nas zonas de desconstrução ou em estruturas de apoio, desde que existam condições de resistência e estejam garantidas as condições de estabilidade, nas zonas de atuação e no edifício em geral. [11]



Figura 5.33: Elementos de transporte de resíduos, à esquerda um contentor de depósito de resíduos e à direita uma conduta de descarga de resíduos [63]

É importante promover a reciclagem e reutilização de alguns materiais, provenientes dos trabalhos de desconstrução, com a sua separação e posterior encaminhamento para locais

de receção adequados. Apesar de em determinadas situações, ser difícil separar os diversos tipos de materiais e resíduos, deve-se tentar a sua separação, de forma a permitir a sua reciclagem ou reutilização, em novas construções e na fabricação de novos produtos e materiais. [11]

Todos os resíduos, materiais e produtos a transportar para vazadouro ou para centros de reciclagem, devem ser acompanhados de guias e devem ser descarregados em locais autorizados, para sua receção. Os resíduos devem ser transportados em recipientes ou contentores adequados e no caso, em que são transportados em camiões de caixa aberta, devem ser cobertos com redes ou lonas, para evitar a libertação de poeiras durante o trajeto, desde a obra até aos vazadouros autorizados. [11]

5.7.2 Reciclagem de resíduos

Começa a ser comum reciclar materiais e produtos provenientes das novas construções, reabilitações e das desconstruções. Com utilização de grupos móveis para trituração de materiais pétreos, reciclagem de betão armado, com separação do betão e aço, reciclagem de madeiras e outros materiais, que para além de diminuírem o volume de resíduos a remover, contribuem para a otimização do sistema de gestão de resíduos. Caso seja possível, as frações recicláveis não contaminadas com substâncias perigosas, são compactadas e colocadas em contentores distintos, consoante o seu tipo e características. [4] [11]



Figura 5.34: Máquinas móveis para trituração de resíduos em obra [64]

Na prática uma boa gestão “in situ”, não só impede a mistura da porção inerte com a porção não-inerte durante a desconstrução, como também facilita e permite a sua classificação e separação no local. Os métodos de desconstrução devem ser adotados, envolvendo a desmontagem e remoção de resíduos da mesma categoria, um de cada vez. O objetivo é o de facilitar a reciclagem de resíduos capazes de reutilização benéfica, minimizando assim a carga sobre aterros sanitários e as áreas de abastecimento público. [7]

5.7.3 Triagem e separação de resíduos

De acordo com o Decreto-lei n°46/2008, 12 de Março, artigo n°8, é definido a importância das operações de triagem e reciclagem de materiais como solução aos materiais que não podem ser diretamente reutilizados e evita a acumulação de resíduos em aterro. Sendo que os materiais que não sejam possíveis reutilizar e que constituam RCD são obrigatoriamente objeto de triagem em obra com vista ao seu encaminhamento, por fluxos e fileiras de materiais, para reciclagem ou outras formas de valorização, nos casos em que não possa ser efetuada a triagem na obra ou em local afeto à mesma, o respetivo produtor é responsável pelo seu encaminhamento para um operador de gestão licenciado para esse efeito. [20]

Grande parte dos RCD têm um elevado potencial de reciclagem, mas para tornar viável um sistema de recolha orientado para a reciclagem é necessário unir esforços das várias

partes envolvidas no processo e com responsabilidade de gestão, desde o local onde o resíduo é produzido (a obra) até ao destino final (o aterro), para que sejam implementadas as tecnologias e formas de organização adequados às características e quantidades de resíduos produzidos. Na gestão dos RCD os centros de triagem são um elemento essencial, pois garantem uma separação diretamente orientada à reciclagem. [4]



Figura 5.35: Tarefas de gestão de RCD do ponto de vista político-legal [4]

5.8 Trabalhos posteriores à desconstrução

O empreiteiro tem a tecnologia adequada, tanto para o trabalho de desconstrução, como para coordenar com outros trabalhadores envolvidos os processos e os trabalhos de limpeza, reciclagem ou reutilização. [9]

Concluídos os trabalhos de desconstrução, que incluem a remoção e separação dos resíduos até aos trabalhos de limpeza e preparação do espaço, tendo em atenção as seguintes situações: [11]

- É importante definir-se o espaço ocupado, antes dos trabalhos de desconstrução. Se será intervencionado de imediato, com uma nova construção ou se irá aguardar pelo desenvolvimento de novos projetos e respetivos licenciamentos. No caso de avanço imediato de novas construções, não é necessário impermeabilizar os pavimentos, para encaminhamentos de águas;

- No caso em que os terrenos não serão intervencionados após a desconstrução, é importante verificar as necessidades de impermeabilização. Em especial atenção as situações em que existem construções antigas em mau estado de conservação ou caves, de forma a evitar infiltrações e potenciais situações de danos ou colapsos;
- Vistoriar os edifícios confinantes e analisar as situações onde ocorreram danos (comparar com o relatório elaborado antes do início dos trabalhos de desconstrução), para se proceder de imediato à sua reparação, tendo em atenção as características dos edifícios e as necessidades de intervenção;
- Após os trabalhos de desconstrução, impermeabilizar as empenas dos edifícios confinantes, caso não tenham sido executadas, à medida que os trabalhos foram avançando;
- Vedar com tapumes toda a periferia do local do edifício, em especial, nas zonas confinantes como passeios e vias.

Depois de serem efetuados os trabalhos de limpeza, é realizado uma vistoria ao estado final da obra e comparar com o que estava definido no relatório da inspeção na zona de implantação da edificação a desconstruir. Conferir os impactos dos trabalhos de desconstrução, em todas as zonas adjacentes (edifícios confinantes, infraestruturas, entre outros), tendo em vista atuar de forma preventiva, em termos de utilizações futuras e atribuir as responsabilidades, no caso de se verificarem eventuais danos, é necessário retificar os estragos provocados pela operação de desconstrução. [11]

6. CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

Foram cumpridos os objetivos desta dissertação, tal como foram descritos no primeiro capítulo. Espera-se que com a elaboração deste guia, seja possível trazer mais conhecimento e informação sobre a desconstrução e como esta pode ser realizada. Sendo que alguns aspetos devem ser ajustados à realidade de cada situação. E procurar escolher o melhor modelo de gestão das fases de desconstrução, de modo a criar condições de segurança e bom ambiente de trabalho.

Durante a fase de pesquisa para a realização do guia de desconstrução, concluiu-se que os principais desafios na área de projetos de desconstrução, relacionados com a reutilização e reciclagem de RCD, e as barreiras impostas pelos mercados dos materiais, são:

- Conhecimento em toda a indústria e a necessidade de formação/informação, no sentido em, criar especificações em projeto para ajudar os gestores e engenheiros responsáveis por desconstruir a compreenderem as especificações de novos materiais, tais como os agregados reciclados, e materiais reutilizados, para aprender e incentivar a incorporá-las em projetos;
- A contaminação dos resíduos, a taxa de recuperação de material útil é prejudicada por contaminação cruzada com outros materiais, a contaminação por amianto é um problema significativo em resíduos provenientes da demolição e obras de renovação;
- As barreiras tecnológicas, devido à incapacidade para identificar mercados para o material como é apresentado, ou devido à falta de tecnologia e / ou equipamentos com capacidade para limpar ou separar materiais;
- Projetar para a desconstruir, uma prática que tem ganho destaque, oferece uma oportunidade para maior recuperação de recursos no final da vida de um edifício.

Respetivamente às perspetivas futuras exige a realização de mais estudos e mais formação sobre este assunto, tanto relativamente à desconstrução como também à gestão de resíduos. Promover a contínua procura de novas soluções para incentivar a desconstrução de edifícios e a criação de novos mercados para os materiais originados pelas obras de desconstrução e demolição.

Referências bibliográficas

1. Abdol R.C., Stuart F.B. 2003. Deconstruction and Material Reuse in the United States.
2. Silveira P. A. M. Utilidades e valorização de inertes reciclados provenientes de resíduos da construção, Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Lisboa.
3. Construction and demolition waste guide-recycling and re-use across the supply chain. 2011. Departmente of Sustainability.
4. Silva C. R., 2004. A Problemática dos Resíduos de Construção e Demolição: Custos e Benefícios da Triagem, Caderno Ceifa. Lisboa.
5. Junior B.B., Rabbani E.R.K., Lago E.M.G., Silva B.V., Freitas M.L.G. Aspectos de segurança do trabalho voltados para o processo de desconstrução: Estudo de caso na demolição de edificação de múltiplos pavimentos. Universidade de Pernambuco.
6. A report of the feasibility of deconstruction: an investigation of deconstruction activity in four cities. Janeiro 2011. PATH.
7. Ministry of Business, innovation & employment – Health and Safety, Guidelines for demolition, 2013. In: <http://www.business.govt.nz/healthandsafetygroup/information-guidance/all-guidance-items/best-practice-guidelines-for-demolition-in-new-zealand>.
8. Guy B., Gibeau E. M., 2003. A guide to Deconstruction. Florida.
9. Manual de desconstrucció, 1995. Catalunha.
10. Gomes J. F., Oliveira F. S., Técnicas de demolição, Instituto Superior Técnico.

11. Delgado J. M. M., Amaral J. G., 2012. Manual das Boas Práticas na Construção – Segurança e Saúde no Trabalho. Edições Gustave Eiffel.
12. Torgal F. P., Jalali S., 2010. A Sustentabilidade dos Materiais de Construção. Edição tecminho.
13. Teixeira J. A., Chumbo.
14. Russo C. M., 2009. Desconstrução de Sistemas Prediais de Água. Universidade de Aveiro. (Dissertação de Mestrado).
15. Developing a silica control plan. In: www.worksafebc.com/publications/health_and_safety/by_topic/assets/work/developing_a_silica_ECP_final
16. Optimização de sistemas de demolição – demolição seletiva. (Dissertação de Mestrado).
17. Projeto WAMBUCO - Manual Europeu de Resíduos da Construção e Demolição Volume III – Anexos.
18. Esteves A. C. P., 2010. Reabilitação versus Desconstrução em redes de abastecimento e distribuição de água. Universidade de Aveiro. (Dissertação de Mestrado).
19. Exposure control plan for cutting fibre cement board. In: www.worksafebc.com/publications/health_and_safety/by_topic/assets/work/ECP_fibre_cement_board.doc.
20. Decreto-lei nº46/2008, 12 de março, Diário da República.
21. Materiais de construção I – Desmontes e Demolições. Universidade Fernando Pessoa. Porto.
22. Capítulo I – Demolições.

23. Chambel N., Caixa M., Sequeira J., 2003. Técnicas de Demolição. Construlink Press.
24. Gomes G. M., 2010. Medidas Preventivas na Execução de Trabalhos de Demolição e Reabilitação de Edifícios Antigos – Técnicas e Equipamentos Demolição. Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro. (Dissertação de Mestrado).
25. Pauw C., Lauritze E. K.. Disaster Planning, Structural Assessment, Demolition and Recycling. E e FN Spon.
26. Costa M. A. S., 2009. Processos de Demolição de Estruturas, Universidade de Aveiro. (Dissertação para Mestrado).
27. Chuta Rao, A. A Project Report on Demolition of Structures.
28. Guy, B., Shell S., Design for Deconstruction and Materials Reuse.
29. Pedrosa C., Ramos P. Design para a desconstrução.
30. Santos A. L., Brito J., 2012. Desconstrução: um complemento à Reabilitação. Caparica.
31. Pinheiro M. D., 2006. Ambiente e Construção Sustentável.
32. Leal A. L. S. Uma Ferramenta na Busca pela Construção Sustentável.
33. Patterson M. L., 2001. Deconstruction Training Manual. Califórnia.
34. Couto A. B., Couto J. P., Teixeira J. C., 2006. Desconstrução-Uma ferramenta para a sustentabilidade da construção. Universidade do Minho.
35. Mateus R., Bragança L., 2006. Tecnologias construtivas para a sustentabilidade da construção. Ecopy Porto.
36. Decreto-Lei nº73/2011, de 17 de Junho, Diário da República.
37. Decreto-Lei nº178/2006, de 5 de Setembro, Diário da República.

38. Vanderley M. J., Vahan A. Seminário – Reciclagem de Resíduos da Construção. São Paulo.
39. Karpinski L. A., Guimarães J. C. B., 2009. Gestão diferenciada de resíduos da construção civil – Uma abordagem ambiental. Porto Alegre.
40. Rocha J. C., Cheriaf M. Coletânea Habitare Volume 4 - Utilização de Resíduos na Construção Habitacional.
41. Lima R.S., Lima R.R.R. Guia para a Elaboração de Projeto de Gerenciamento de Resíduos de Construção Civil. Temáticas do CREA-PR.
42. Demolição Profissional. Atlas Copco.
43. EPA, 2008. Lifecycle Construction Resource Guide. Estados Unidos.
44. YVY – Terraplanagem, Serviços de demolição mecânica. In: <http://www.servicosterraplanagem.com.br/demolicoes.html>
45. Guia da obra. In: <http://www.guiadaobra.net/forum/demolicao/duvida-sobre-bola-de-demolicao-wrecking-ball-t721.html>
46. Mecalux – Logismarket. In: <http://www.logismarket.pt/moviter/tesoura-pulverizadora/1122401152-928134779-p.html>
47. Lume e ar, 2010. In: <http://lumeear.blogspot.pt/2010/12/implosao.html>
48. msn noticias, 2013. In: <http://noticias.pt.msn.com/13-pisos-da-torre-4-do-bairro-do-aleixo-reduzidos-a-escombros-1>
49. all biz, 2013. In: <http://www.in.all.biz/pt/lanca-trmica-bgg1053192>
50. Hydro pumps, 2009. In: http://www.hydro-pumps.co.uk/index.php?/services/concrete_repairs/P1/
51. Gestão de Resíduos de Construção e Demolição.
52. Prevenção Laboral – El amianto. In: <http://prevenlaboral.blogspot.pt/2012/05/el-amianto.html>

53. Zampieri store, 2011. In: <http://www.zampieristore.it/stoccaggio-rifiuti-amianto/3539-nastro-per-imbali-amianto.html>
54. Sind' Ladrilhos – Trabalhadores estão no centro das discussões sobre o banimento do amianto. In: <http://sindladrilhos.com.br/brasil/trabalhadores-estao-no-centro-das-discussoes-sobre-banimento-do-amianto>
55. InfoEscola – Chumbo, 20013. In: <http://www.infoescola.com/elementos-quimicos/chumbo/>
56. Libyan Desert Glass. In: <http://www.pisces-press.com/C-Nav/ldg.htm>
57. Local Government Environmental Assistance Network – PCB. In: <http://www.lgean.org/toxics/pcbs.htm>
58. Kremer – Amarello de Cadmio nº4, 2013. In: <http://www.kremerpigmente.com/es/pigmentos/pigmentos-modernos/pigmentos-de-cadmio/amarillo-de-cadmio-n-4-21030.html>
59. Artmoveis. In: http://marcenariaartmoveis.com/_novo/materiaprima.php
60. Aman – Identificação, sinalização, proteção. In: http://www.aman.pt/-/-/mc_doc_pt_12111/
61. Portal Trabalho Seguro – Segurança, Meio Ambiente e Saúde, 2012. In: <http://portaltrabalhoseguro.blogspot.pt/2011/12/epi-equipamento-de-protecao-individual.html>
62. Revista Proteção – Redes de proteção protegem trabalhadores no caso de quedas. In: http://www.protecao.com.br/noticias/leia_na_edicao_do_mes/redes_de_protecao_protegem_trabalhadores_no_caso_de_quedas/J9jjAJjj

63. A Socorsul – Gestão global de Resíduos. In:
<http://www.asocorsul.pt/residuos.htm>
64. Komptech. In:
<http://www.quadrifoglio.net.br/produtos/trituracao/crambo-mobile>
65. Portaria nº209/2004, 3 de Março, Diário da República.
66. Portaria nº417/2008, 11 de Junho, Diário da República.
67. Waste Reduction and Recycling Resource Guide: Construction and Demolition. Mecklenburg County.
68. Developing a waste Management and Recovery.
69. Construction Waste Management Guide, 2005. Resource Venture.
70. Deconstruction Guide for Military Installations, 2003. Estados Unidos.