

1 2 9 0



UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Gabriela Ranna Theodorio da Silva

**CONTRIBUTO PARA UMA GESTÃO
SUSTENTÁVEL DOS MATERIAIS E
COMPONENTES RESULTANTES DE
DEMOLIÇÃO E DESMONTAGEM DE
EDIFÍCIOS ANTIGOS**

**Tese no âmbito do Doutoramento em Engenharia Civil,
Construções, orientada pela Professora Doutora Maria Isabel
Morais Torres e pelo Professor Doutor José António Raimundo
Mendes da Silva e apresentada ao Departamento de Engenharia
Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de
Coimbra.**

Agosto de 2022

Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Civil
Universidade de Coimbra

Contributo para uma Gestão Sustentável dos Materiais e Componentes Resultantes de Demolição e Desmontagem de Edifícios Antigos

Gabriela Ranna Theodorio da Silva

Tese no âmbito do Doutoramento em Engenharia Civil, Construções, orientada pela Professora Doutora Maria Isabel Morais Torres e pelo Professor Doutor José António Raimundo Mendes da Silva e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.

Agosto de 2022

1 2  9 0

UNIVERSIDADE D
COIMBRA

Agradecimentos

Esta tese é resultado do esforço combinado de muitas pessoas às quais eu gostaria de oferecer os meus mais sinceros agradecimentos. Em primeiro lugar, gostaria de agradecer aos meus orientadores, a Professora Doutora Maria Isabel Morais Torres e o Professor Doutor José António Raimundo Mendes da Silva pelo apoio incondicional sem o qual este trabalho não seria possível. Seus esforços combinados, seus conselhos experientes, sensibilidade e carinho foram fundamentais para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho. Agradeço ainda pela disponibilidade e gentileza durante todo o percurso. Muito obrigada, queridos Professores!

Muito obrigada à Arquiteta Vanessa Pires de Almeida pela disponibilidade e disposição em ajudar na leitura e correção deste trabalho.

Um sincero agradecimento à Sra. Bruna Vaz Gonçalves e o Sr. Flávio Toste da Câmara Municipal de Angra do Heroísmo pela disponibilidade e o acesso às plantas técnicas e também ao Sr. Fernando Jorge Gomes Alves pela imensa simpatia e disponibilidade em acompanhar a visita técnica pelo Mercado Duque de Bragança.

Agradeço aos professores, amigos e colegas do curso de Doutoramento em Engenharia Civil e do curso de Mestrado em Reabilitação de Edifícios da Universidade de Coimbra com os quais tive o prazer de partilhar uma breve, mas frutífera, experiência.

Meus mais sinceros agradecimentos ao meu marido Daniel, que esteve junto nesta e em muitas outras jornadas ao longo dos anos, e que continuamente oferece apoio incondicional, estímulo, carinho, conselho, amizade e amor. Este trabalho é tão meu quanto dele, pois sem seu apoio este trabalho não seria possível.

Ao meu irmão Raphael pelo amor, carinho, apoio e estímulo para jamais desistir deste objetivo e pelas palavras de incentivo todas as vezes que estive assolada pela dúvida.

À minha família e à família do meu marido pelos gestos de afeto e acolhimento.

Agradeço à Universidade de Coimbra pela oportunidade e apoio durante os anos e agradeço a todas as pessoas das áreas de apoio que ajudaram a navegar os meandros institucionais.

Agradeço aos meus gestores e colegas de trabalho pela compreensão e disponibilidade para apoiar o desenvolvimento desta tese.

Por fim, meus sinceros agradecimentos também a todas as muitas pessoas que apoiaram direta ou indiretamente o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

Os edifícios antigos, construídos predominantemente até a década de 50 do século passado e sem a utilização de estruturas de betão armado, compõem uma parte importante do parque edificado português, não só pela quantidade (cerca de 15% dos edifícios portugueses), como pelos seus valores intrínsecos associados, principalmente com a história e cultura. Tais valores estão associados aos edifícios em si e aos elementos e materiais que os compõem, e são perdidos quando são demolidos e seus componentes conduzidos para aterro.

A desconstrução é o processo através do qual os edifícios são desfeitos sistematicamente, muitas vezes de forma manual ou com uso de ferramentas básicas, a fim de preservar os máximos valores intrínsecos dos materiais recuperados. A adoção desta forma de finalização da vida útil de um edifício cria postos de trabalho, diminui a necessidade da extração e fabrico de novos materiais de construção, cria um novo fluxo económico através da revenda dos materiais recuperados e diminui os resíduos conduzidos para aterro, ou seja, alinha-se aos princípios de sustentabilidade ambiental, viabilidade económica e justiça social.

Este trabalho tem por objetivo contribuir para a conservação dos valores intrínsecos dos edifícios antigos por meio da proposição de uma metodologia de avaliação não só da sua capacidade de desconstrução, como das alternativas para reuso dos materiais e componentes resultantes da adoção de tal estratégia como alternativa para o fim de vida das construções.

A metodologia proposta foi aplicada de forma expedita a 4 edifícios, dentre os quais foi selecionado o Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia para aplicação aprofundada. A aplicação da metodologia proposta aos casos de estudo expeditos e ao caso de estudo aprofundado mostrou que é possível identificar a capacidade de desconstrução de edifícios antigos por meio da análise da integração dos sistemas prediais, o que determina não só o tipo de desconstrução – se estrutural ou não-estrutural – mas também estimula que edifícios com capacidade de recuperação sejam prioritariamente reabilitados. Além disto, foi avaliada a capacidade de recuperação de elementos e materiais e indicados os tratamentos para manutenção ou elevação dos valores intrínsecos, assim como foram propostas uma estratégia de rastreamento dos componentes recuperados por meio do uso de passaportes materiais acessíveis por QR Code e uma estratégia para disponibilização dos materiais recuperados por meio de uma plataforma online de troca e venda.

Palavras-chave: Gestão sustentável; Economia circular; Desmontagem; Edifícios antigos.

Abstract

The old buildings, built predominantly until the 50s of the last century and without the use of reinforced concrete structures, make up an important part of the Portuguese building stock, not only for their quantity (about 15% of Portuguese buildings), but also for their intrinsic values associated with Portuguese history and culture. Such values are attached to the buildings themselves and to the elements and materials that compose them and are lost when the buildings are demolished, and their components discarded in landfills.

Deconstruction is the process through which buildings are systematically dismantled, often manually or using basic tools, in order to preserve the maximum intrinsic values of the recovered materials. Adopting this form of building decommissioning creates jobs, reduces the need to extract and manufacture new building materials, creates a new economic flow through the resale of recovered materials and reduces waste going to landfill, in other words, it aligns with the principles of environmental sustainability, economic viability and social justice.

This work aims to contribute to the conservation of the intrinsic values of old buildings by proposing a methodology for evaluating not only their deconstruction capacity, but also the alternatives for reusing materials and components resulting from the adoption of deconstruction as an alternative for building decommissioning.

A summarized version of the proposed methodology was applied to 4 buildings, among which the Dr. Manuel Tápia Children's Sanatorium was selected for in-depth application. The application of the proposed methodology to quick case studies and in-depth case study showed that it is possible to identify the deconstruction capacity of old buildings through the analysis of the integration of building systems, which determines not only the type of deconstruction - if structural or non-structural – but it also encourages buildings to be primarily rehabilitated. In addition, the ability to recover elements and materials was evaluated and treatments were indicated to maintain or increase intrinsic values, as well as a strategy for tracking recovered components through the use of material passports accessible by QR Codes and a strategy for making the recovered materials available through an online exchange and sale platform.

Keywords: Sustainable management; Circular economy; Disassembly; Old buildings.

Índice

1.	INTRODUÇÃO	3
1.1.	Enquadramento Geral e Motivação	3
1.2.	Objetivos.....	6
1.2.1.	Enquadramento.....	6
1.2.2.	Método de Abordagem e Plano de Pesquisa.....	7
1.2.3.	Metodologia de Pesquisa.....	7
1.3.	Estrutura da Tese	8
2.	PARQUE EDIFICADO E EDIFÍCIOS ANTIGOS	11
2.1.	Enquadramento.....	11
2.2.	Edifícios Antigos	12
2.3.	Herança Cultural.....	13
2.4.	Parque Edificado em Portugal	14
2.5.	Arquitetura Vernacular no Parque Edificado Português	15
2.6.	Reabilitação do Parque Edificado Português	18
2.7.	Reabilitação de Edifícios Antigos.....	19
2.8.	Compatibilidade de Materiais e Técnicas Originais.....	23
2.9.	Vida Útil dos Edifícios.....	23
2.10.	Ciclo de Vida dos Edifícios.....	25
2.11.	Hierarquia de Valorização dos Materiais	28
2.12.	Gestão de Resíduos de Construção e Demolição – RCD	31
2.13.	Recuperação de RCD	32
2.13.1.	Considerações Iniciais.....	32

2.13.2.	Energia Incorporada nos Materiais	34
2.13.3.	Valor histórico e social.....	36
2.13.4.	Valor económico	37
2.14.	Economia Circular.....	40
2.14.1.	Considerações Iniciais.....	40
2.14.2.	Mineração Urbana	42
2.14.3.	Mercado de Troca de Materiais	43
2.15.	Legislação Europeia e Portuguesa.....	47
2.15.1.	Considerações Iniciais.....	47
2.15.2.	Legislação Europeia sobre Sustentabilidade na Construção Civil.....	47
2.15.3.	Legislação Portuguesa sobre Sustentabilidade na Construção Civil.....	48
2.16.	Nota Final	51
3.	DESCONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS.....	55
3.1.	Enquadramento.....	55
3.2.	Definições de Desconstrução	56
3.3.	Principais Partes Envolvidas na Desconstrução	57
3.4.	Aspetos Económicos da Desconstrução	60
3.5.	Aplicabilidade da Desconstrução a Diferentes Tipos de Edifícios	62
3.6.	Técnicas de Desconstrução.....	64
3.7.	Viabilidade e Diferentes Fases de Aplicação dos Critérios de desconstrução	67
3.7.1.	Considerações Iniciais.....	67
3.7.2.	Fase de Planeamento	68
3.7.3.	Fase de Construção e Uso do Edifício	75
3.7.4.	Fase de Fim de Vida do Edifício	75
3.8.	Vantagens na Adoção da Desconstrução	82
3.8.1.	Considerações Iniciais.....	82
3.8.2.	Revalorização dos Materiais Recuperados	84
3.8.3.	Recuperação de Energia Incorporada aos Materiais	87
3.8.4.	Preservação dos Valores Históricos e Sociais	88

3.8.5.	Criação de Empregos.....	89
3.8.6.	Redução na Geração de Resíduos de Construção Civil.....	89
3.8.7.	Menores Impactes Negativos no Meio-Ambiente	90
3.9.	Constrangimentos para a Desconstrução	91
3.9.1.	Considerações Iniciais.....	91
3.9.2.	Constrangimentos Legais	91
3.9.3.	Constrangimentos Económicos	92
3.9.4.	Constrangimentos Técnicos	94
3.9.5.	Constrangimentos Temporais	96
3.10.	Exemplos de Adoção da Desconstrução no Mundo	96
3.11.	Nota Final	99
4.	METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DESCONSTRUÇÃO E RECUPERAÇÃO MATERIAL PARA EDIFÍCIOS ANTIGOS.....	105
4.1.	Enquadramento.....	105
4.2.	Fundamentação da Metodologia	108
4.2.1.	Considerações Iniciais.....	108
4.2.2.	Avaliação da Capacidade de Desconstrução de Edifícios.....	111
4.2.3.	Avaliação da Capacidade de Recuperação de Elementos e Materiais.....	114
4.2.4.	Rastreamento de Elementos e Materiais Recuperados	116
4.2.5.	Reintrodução dos Materiais Recuperados no Ciclo Produtivo	121
4.3.	Apresentação da metodologia	122
4.3.1.	Considerações Iniciais.....	122
4.3.2.	Primeira Fase: Avaliação da Capacidade de Desconstrução de Edifícios.....	124
4.3.3.	Segunda Fase: Avaliação da Capacidade de Recuperação de Elementos e Materiais	131
4.3.4.	Terceira Fase: Rastreamento de Elementos e Materiais Recuperados	135
4.3.5.	Quarta Fase: Reintrodução dos Materiais Recuperados no Ciclo Produtivo.....	140
4.4.	Exemplos de Aplicação da Metodologia	144
4.4.1.	Considerações Iniciais.....	144
4.4.2.	Apresentação dos Casos de Estudo.....	144
4.4.3.	Aplicação da Metodologia aos Casos de Estudo.....	153

4.4.4.	Conclusões Sobre a Aplicação da Metodologia aos Casos de estudo	176
4.5.	Nota Final	177
5.	CASO DE ESTUDO	181
5.1.	Enquadramento.....	181
5.2.	Descrição do Caso de Estudo	181
5.3.	Aplicação da Metodologia Proposta ao Caso de Estudo - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia	190
5.3.1.	Primeira Fase: Avaliação da Capacidade de Desconstrução de Edifícios.....	190
5.3.2.	Segunda Fase: Avaliação da Capacidade de Recuperação de Elementos e Materiais	195
5.3.3.	Terceira Fase: Rastreamento de Elementos e Materiais Recuperados	197
5.3.4.	Quarta Fase: Reintrodução dos Materiais Recuperados no Ciclo Produtivo.....	204
5.4.	Análise da Aplicação da Metodologia ao Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.....	206
6.	ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS	211
6.1.	Análise Geral.....	211
6.1.1.	Discussão Sobre os Resultados	213
6.1.2.	Análise SWOT.....	215
6.2.	Respostas às Perguntas de Pesquisa	217
6.3.	Outros Resultados Esperados.....	219
7.	CONCLUSÕES	223
7.1.	Considerações Finais	223
7.2.	Trabalhos Futuros	225
	Bibliografia	227
	Anexo A	A.1
	Anexo B	B.1

Índice de Figuras

Figura 1.1	Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável – ONU. Fonte: ONU (2015).	5
Figura 2.1	Parque edificado português por ano de construção. Fonte: INE (2021).	15
Figura 2.2	Estrutura da Gaiola Pombalina. Fonte: Lopes e Bento (2005).	17
Figura 2.3	Parede de edifício Pombalino. Fonte: ECOCASA (2018).	17
Figura 2.4	Relevância do tipo de obra de reabilitação nos anos de 2014 e 2019. Fonte: INE (2020).	19
Figura 2.5	Edifício localizado na Avenida da Liberdade, Lisboa. Fonte: Google Maps (sem data).	22
Figura 2.6	Edifício localizado na Avenida da Liberdade, Lisboa – 2018.	22
Figura 2.7	Hierarquia de tratamento de resíduos. Fonte: Van Dijk et al. (2014).	29
Figura 2.8	Entradas de energia nas diferentes fases de vida de um edifício. Fonte: Crowther (1999a).	35
Figura 2.9	Cubo House, Austrália. Fonte: Ucer et al. (2018).	37
Figura 2.10	Conceitos relacionados com a economia circular. Fonte: Cossu e Williams (2015).	40
Figura 3.1	Sistema, material e uso final segundo o design para a desconstrução. Fonte: Macozoma (2001).	73
Figura 4.1	Estrutura da Metodologia de Avaliação da Capacidade de Desconstrução e Recuperação Material para Edifícios Antigos.	107
Figura 4.2	Abordagem de avaliação da desconstrução em diferentes níveis.	108
Figura 4.3	Abordagem da capacidade de reuso, reciclagem ou descarte em diferentes níveis.	109
Figura 4.4	Informações para o passaporte material de um edifício, em fase de uso e operação. Fonte: Heinrich and Lang (2019).	119
Figura 4.5	Árvore de informação dos passaportes materiais (exemplo com 2 sistemas, 4 elementos e 8 materiais).	120
Figura 4.6	Cenários para a reutilização de materiais. Fonte: Crowther (2000).	121
Figura 4.7	Estrutura simplificada da Metodologia de Avaliação da Capacidade de Desconstrução e Recuperação Material para Edifícios Antigos.	122
Figura 4.8	Estrutura da metodologia: atividade 01.	124
Figura 4.9	Estrutura da metodologia: atividade 02.	125

Figura 4.10	Ábaco para definição das classes de desconstrução.	127
Figura 4.11	Estrutura da metodologia: atividade 03.	127
Figura 4.12	Avaliação da capacidade de desconstrução do edifício.	130
Figura 4.13	Estrutura da metodologia: atividade 04.	131
Figura 4.14	Estrutura da metodologia: atividade 05.	132
Figura 4.15	Estrutura da metodologia: atividade 06.	132
Figura 4.16	Percentagens dos destinos dos componentes recuperados por desconstrução.	134
Figura 4.17	Fluxo e informações das fases 1 e 2 da metodologia.	135
Figura 4.18	Estrutura da metodologia: atividade 07.	136
Figura 4.19	Estrutura da metodologia: atividade 08.	136
Figura 4.20	Estrutura da metodologia: atividade 09.	137
Figura 4.21	Rastreamento de informações de elementos e materiais recuperados.	139
Figura 4.22	Estrutura da metodologia: atividade 10.	140
Figura 4.23	Estrutura da metodologia: atividade 11.	141
Figura 4.24	Estrutura da metodologia: atividade 12.	141
Figura 4.25	Reintrodução dos Materiais Recuperados no Ciclo Produtivo.	142
Figura 4.26	Fluxo e informações das fases 3 e 4 da metodologia.	142
Figura 4.27	Modelo de Avaliação da Capacidade de Desconstrução e Recuperação Material para Edifícios Antigos.	143
Figura 4.28	Fachada da Casa das Bocas remodelada: Fonte: Município de Viseu (2022).	145
Figura 4.29	Classes de desconstrução dos casos de estudo.	155
Figura 4.30	Ferramenta de preenchimento do passaporte material - página 1.	168
Figura 4.31	Ferramenta de preenchimento do passaporte material - página 2.	169
Figura 4.32	Ferramenta de preenchimento do passaporte material - página 3.	170
Figura 4.33	QR Codes para passaportes materiais dos casos de estudo.	171
Figura 4.34	Exemplo de página inicial do Banco de Reúso de Materiais de Construção.	172
Figura 4.35	Exemplo de página de produto do Banco de Reúso de Materiais de Construção.	173
Figura 5.1	Entrada principal do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.	182
Figura 5.2	Esquema da planta do rés-do-chão do edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia. Fonte: SIPA (2018); Confort (2019).	184

Figura 5.3	Esquema da planta do primeiro piso do edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia. Fonte: SIPA (2018); Confort (2019).	184
Figura 5.4	Esquema da planta do segundo piso do edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia. Fonte: SIPA (2018); Confort (2019).	185
Figura 5.5	Classes de desconstrução - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.	193

Índice de Tabelas

Tabela 2.1	Vida útil dos sistemas de um edifício. Fonte: Macozoma (2001).	25
Tabela 2.2	Fronteiras dos sistemas de análise de ciclo de vida. Fonte: ECS (2011).	26
Tabela 2.3	Ciclo de vida do Túmulo ao Berço.	27
Tabela 2.4	Comparação Entre as Escadas de Valorização Material. Adaptado de: Macozoma (2001); Hendriks e Te Dorsthorst (2001); Van Dijk et al. (2014).	30
Tabela 2.5	Relação entre material ou componente recuperado de desconstruções e seu destino preferencial. Fonte: USACE (2005).	38
Tabela 2.6	Relação entre o material recuperado em desconstruções e seus usos mais difundidos. Fontes: USACE (2005); Gayakwad e Patil (2012).	39
Tabela 2.7	Plataformas internacionais de comércio de materiais de segunda-mão. Fonte: Shooshtarian et al. (2020).	44
Tabela 2.8	Determinação da qualidade do material recuperado. Fonte: NAHB (1997); Kilbert e Languell (2000); Macozoma (2001).	45
Tabela 2.9	Mercado de trocas de RCD: facilitação e barreiras. Fonte: Caldera et al. (2019).	46
Tabela 3.1	Características favoráveis e desfavoráveis à desconstrução. Fonte: Webster (2006).	63
Tabela 3.2	Materiais recuperáveis nas demolições estruturais e não-estruturais. Fonte: PATH (2001).	64
Tabela 3.3	Princípios da desmontabilidade e design para a desconstrução. Fonte: Durmisevic e Brouwer (2002) e Crowther (2009).	69
Tabela 3.4	Cinco grupos de princípios de design para a desconstrução. Fonte: Macozoma (2002).	73
Tabela 3.5	Classificação da viabilidade da desconstrução. Fonte: NAHB (1999).	76
Tabela 3.6	Comparação entre demolição tradicional e desconstrução. Fonte: Storey et al. (2003a).	77
Tabela 3.7	Ordem da desconstrução. Fonte: NAHB (1997), Sherman (1998), CEPA (2001), Macozoma (2001) e Chini e Bruening (2003).	81
Tabela 3.8	Exemplo de cronograma de execução de trabalhos e desmontagem. Fonte: Kilbert e Languell (2000).	82
Tabela 3.9	Destinos do material recuperado. Fonte: NAHB (1997) e Sherman (1998).	85

Tabela 3.10	Estratégias para recuperação material. Fonte: Crowther (1999a, 1999b, 2000, 2005), Schultmann (2000), Macozoma (2001), Chini e Balachandran (2002) e Guy e Ciarimboli (2008).	86
Tabela 4.1	Metodologia de avaliação da capacidade de recuperação e desconstrução em 4 fases.	108
Tabela 4.2	Diferentes níveis de detalhamento de inventário de material.	115
Tabela 4.3	Informações que devem constar do passaporte material. Fonte: Almused (2021).	117
Tabela 4.4	Nível de integração de edifícios.	125
Tabela 4.5	Componentes de desconstrução não-estrutural e estrutural.	126
Tabela 4.6	Índice de desconstrução.	129
Tabela 4.7	Exemplo de inventários materiais para 3 cenários diferentes no mesmo edifício.	131
Tabela 4.8	Avaliação prévia para desconstrução – Percentagens de destino – Exemplo.	133
Tabela 4.9	Organização das informações no passaporte material.	137
Tabela 4.10	Detalhamento da Casa das Bocas.	147
Tabela 4.11	Detalhamento da Casa Carlos Reis.	149
Tabela 4.12	Detalhamento do Mercado de Angra do Heroísmo.	151
Tabela 4.13	Nível de integração dos casos de estudo.	153
Tabela 4.14	Sistemas intervencionáveis e seus destinos previstos para cada caso de estudo.	153
Tabela 4.15	Identificação prévia de componentes e índice de desconstrução dos casos de estudo.	156
Tabela 4.16	Inventário material dos casos de estudo.	157
Tabela 4.17	Processamento dos componentes dos casos de estudo.	159
Tabela 4.18	Percentagens de destinos dos componentes dos casos de estudo.	160
Tabela 4.19	Escolha do cenário de intervenção por caso de estudo.	162
Tabela 4.20	Necessidade de processamento para materiais recuperados por caso de estudo.	165
Tabela 4.21	Exemplos de certificação de componentes para cada caso de estudo.	167
Tabela 4.22	Linha temporal de componentes recuperados para os casos de estudo.	175
Tabela 4.23	Comparação entre resultados planeados e executados para os casos de estudo.	176
Tabela 5.1	Caracterização Histórica e Documental.	183
Tabela 5.2	Dimensões e usos dos compartimentos do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.	185

Tabela 5.3	Percentagem de área ocupada por diferentes tipos de usos.	187
Tabela 5.4	Relação dos sistemas e elementos construtivos e materiais constituintes, por piso.	187
Tabela 5.5	Detalhamento do Edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.	189
Tabela 5.6	Sistemas intervencionáveis e seus destinos possíveis - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.	192
Tabela 5.7	Identificação prévia de componentes e índices de desconstrução - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.	193
Tabela 5.8	Inventário de elementos e materiais do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.	196
Tabela 5.9	Componentes certificáveis – (UE) N.º 305/2011 - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.	198
Tabela 5.10	QR Codes dos Passaportes Materiais dos componentes do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.	202
Tabela 5.11	Valores de hipotéticos de revenda de componente recuperados - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.	205
Tabela 6.1	Perguntas da análise SWOT. Fonte: Sabbaghi e Vaidyanathan (2004).	216
Tabela 6.2	Análise SWOT da metodologia proposta neste trabalho.	216
Tabela A.1	Inventário Material. Adaptado de CEPA (2001).	A.2
Tabela B.1	Ficha de levantamento - Etapa de Planeamento.	B.2

Lista de Abreviaturas, Siglas e Acrónimos

APA	Agência Portuguesa do Ambiente
AR	Assembleia da República
ATHENA	<i>Athena Sustainable Materials Institute</i> – Instituto de Materiais Sustentáveis Atena
BAMB	<i>Buildings as Material Banks</i> – Edifícios como Bancos de Materiais
BEES	<i>Building for Environmental and Economic Sustainability</i> – Edifícios para Sustentabilidade Ambiental e Económica
BfO	<i>Building System for Reuse</i> – Sistema de Construção para Reutilização
BIM	Building Information System – Sistema de Informação de Construção
BMRA	<i>Building Material Reuse Association</i> – Associação de Reúso de Materiais de Construção
BRE	<i>UK Building Research Establishment</i> – Estabelecimento de Pesquisas de Construção do Reino Unido
C01	Caso de Estudo 01 – Casa das Bocas
C02	Caso de Estudo 02 – Casa Carlos Reis
C03	Caso de Estudo 03 – Mercado de Angra do Heroísmo
CE	Comissão Europeia
CEMA	Comissão Europeia de Meio Ambiente
CEN	Comité Europeu de Normalização
CENELEC	Comité Europeu de Normalização Electrotécnica
CEPA	<i>California Environmental Protection Agency</i> – Agência de Proteção Ambiental da Califórnia
CLD	Custo líquido de Desconstrução
CLDT	Custo líquido de Demolição Tradicional
D-DAS	<i>Disassembly and Deconstruction Analytics System</i> – Sistema de análise de desmontagem e desconstrução
DFIU	<i>Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung</i> – Instituto Franco-Alemão de Pesquisa Ambiental
DGPC	Direção-Geral do Património Cultural
EC	<i>European Commission</i> – Comissão Europeia

ECOCASA	Projeto EcoCasa Portuguesa
ECOEFFECT	<i>Environmental Impact Assessment Methodology</i> – Metodologia de Avaliação de Impactos Ambientais
ECO-QUANTUM	<i>Eco Quantum – Environmental Life Cycle Assessment (LCA) Consultancy</i> – EcoQuantum – Consultoria de Análise de Ciclo de Vida Ambiental
ECS	<i>European Committee for Standardization</i> – Comitê Europeu de Padronização
ENCORD	<i>European Network of Construction Companies for Research and Development</i> – Rede Europeia de Empresas de Construção para Pesquisa e Desenvolvimento
EPIQR	<i>Energy Performance, Indoor Environmental Quality and Retrofit</i> – Performance Energética, Qualidade Ambiental Interior e Reabilitação
ETSI	<i>European Telecommunications Standards Institute</i> – Instituto Europeu de Normas de Telecomunicações
EU	<i>European Union</i> – União Europeia
EUA	Estados Unidos da América
EUROSTAT	<i>Statistical Office of the European Union</i> – Agência de Estatística da União Europeia
EWC	<i>European Waste Catalogue</i> – Catálogo Europeu de Resíduos
GREENCALC	<i>Dutch Green Building Council Sustainable Building Performance Assessment Method</i> – Método de Avaliação de Desempenho Sustentável de Edifícios do Conselho Holandês de Construção Sustentável
ICOMOS	<i>International Council on Monuments and Sites</i> – Conselho Internacional de Monumentos e Sítios
IMPIC	Instituto dos Mercados Públicos, do Imobiliário e da Construção
INE	Instituto Nacional de Estatística
INOVADOMUS	InovaDomus – Associação para o Desenvolvimento da Casa do Futuro
IPN	Instituto Pedro Nunes
IPQ	Instituto Português da Qualidade
IST	Instituto Superior Técnico
ELPRE	Estratégia de Longo Prazo de Renovação dos Edifícios
Est	Estrutural
EQUER	<i>Optimisation Énergétique et Environnementale dans le Secteur du Bâtiment</i> – Otimização Energética e Ambiental no Setor da Construção
LEED	<i>Leadership in Energy and Environmental Design</i> – Liderança em Energia e Design Ambiental
LEGEP	<i>Integrated Life-Cycle Analysis Tool</i> – Ferramenta para Análise intergrada de Ciclo de Vida
LNEC	Laboratório Nacional de Engenharia Civil

MAOT	Ministério do Ambiente, do Ordenamento e do Território
MAOTDR	Ministério do Ambiente, do Ordenamento, do Território E do Desenvolvimento Regional
MAOTE	Ministério do Ambiente, Ordenamento, do Território e Energia
MarketplaceHUB	Ferramenta de identificação de redes de trocas de resíduos no mundo inteiro
MC	Ministério da Cultura
ME	Ministério da Economia
MEPAT	Ministério do Equipamento, do Planeamento e da Administração do Território
MER HABITAT	<i>Méthodes d'Évaluation Rapide</i> – Métodos de Avaliação Rápida
MEXREB	Metodologia Exigencial de Reabilitação
MOR	Mercado Organizado De Resíduos
NAHB	<i>National Association of Home Builders</i> – Associação Nacional de Construtores Residenciais
N-Est	Não-Estrutural
NP	Norma Portuguesa
ONU	Organização das Nações Unidas
P1	Primeiro Pavimento
P2	Segundo Pavimento
PATH	<i>Partnership for Advanced Technology in Housing</i> – Parceria para Tecnologia Avançada em Habitação
PCM	Presidência do Conselho de Ministros
PDCA	<i>Plan, Do, Check, Act</i> – Planear, Executar, Verificar e Agir
PEC	Parlamento Europeu e do Conselho
PECU	Parlamento Europeu e do Conselho da União Europeia
RC	Rés do Chão
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RERU	Regime Excecional para Reabilitação Urbana
REVIT	Ferramenta de Modelação de Informação em 4 Dimensões da empresa AutoDesk
QR Codes	<i>Quick Response Code</i> – Código de Resposta Rápida
SIPA	Sistema de Informação para o Património Arquitetónico
SMARTWasteTM	Ferramentas para Avaliação dos Potenciais de Recuperação Material
SWOT	<i>Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats</i> – Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças.

TEST HABITATGE	<i>Test Habitatge</i> – Teste para Residências
UA	Universidade de Aveiro
UE	União Europeia
UNEP	<i>United Nations Environment Program</i> – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
UNESCO	<i>United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization</i> – Organização das Nações Unidas para a Educação, Ciência e Cultura
USACE	<i>United States Army Corps of Engineers</i> – Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos da América
Viseu Novo SRU	Sociedade de Reabilitação Urbana de Viseu

CAPÍTULO 1 - INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento Geral e Motivação

1.2. Objetivos

1.3. Estrutura da Tese

1. INTRODUÇÃO

1.1. Enquadramento Geral e Motivação

Segundo o Relatório do Programa Ambiental das Nações Unidas, em 2021 o sector da construção civil foi, alegadamente, responsável globalmente pelo consumo de até 36% de toda energia (UNEP, 2021). Além do consumo energético, o sector da construção civil consome também recursos naturais para a extração e fabrico de materiais de construção, que têm hoje mais impacto no meio ambiente do que os materiais de construção utilizados em edificações antigas (Rebitzer et al. 2003; Heinrich and Lang, 2019).

As atividades da indústria da construção civil em Portugal são representativas do ponto de vista social e económico. De acordo com dados do Instituto Nacional de Estatística – INE, de 2020 apresentados no Relatório de Estatísticas da Construção e Habitação de 2020 (IMPIC, 2020; INE, 2021b), o sector da construção foi responsável por mais de 57% do total da Formação Bruta de Capital Fixo. O relatório também apontou que cerca de 431,6 mil indivíduos estavam empregados no sector da construção civil, um aumento de 5,7% durante a Pandemia de Covid-19, o que significa 10,2% de todos os empregados no país.

Em 2018 o setor da Construção e de Atividades Imobiliárias foi responsável por 10,4% do Valor Acrescentado Bruto das empresas não financeiras (INE, 2021b). Portanto, o sector da construção civil exerce um grande impacto sobre a economia, a sociedade e o meio ambiente a nível mundial e, particularmente, em Portugal.

O parque edificado português, assim como o resto do mundo, está inserido num ciclo de vida de extração-uso-descarte, correspondentes às fases de “estágio de produção”, “uso” e “fim de vida”, conforme classificado pela EN 15978:2011 (ECS, 2011). No caso específico de Portugal, o parque edificado tem a particularidade de apresentar mais de 450 mil edifícios construídos antes de 1946, ou seja, antes da adoção do betão armado como técnica construtiva predominante (INE, 2021b). É importante destacar que o Censo de 2011 apontava para mais de 500 mil edifícios antigos (INE, 2011), ou seja, houve perda de cerca de 50 mil edifícios antigos entre os 10 anos dos dois censos. Mais de 50% destes edifícios antigos encontravam-se, de acordo com o Censo 2011, degradados ou em ruínas, ou seja, na fase de “fim de vida”.

Os edifícios antigos portugueses possuem em si valores culturais, históricos, urbanísticos, arquitetónicos, etnográficos, sociais, industriais, técnicos, científicos e artísticos (DGPC, 2021). Ao

chegarem à fase de “fim de vida” e ao serem demolidos, todos esses valores se perdem, inclusive os valores económicos e a energia incorporada nos materiais (Roussat et al., 2009). Para evitar a completa perda dos valores associados aos materiais componentes dos edifícios antigos, a estratégia proposta por este trabalho é a adoção da demolição seletiva ou desconstrução como regra para o seu fim de vida.

A “desconstrução”, “desmontagem” ou “demolição seletiva” é o processo através do qual os edifícios são desfeitos sistematicamente, muitas vezes de forma manual ou com uso de ferramentas básicas, a fim de preservar os máximos valores intrínsecos dos materiais recuperados (NAHB, 1997; Sherman, 1998; Crowther, 1999b e 2000; PATH, 2000; Kilbert et al., 2000). A adoção desta forma de finalização da vida útil de um edifício cria postos de trabalho, diminui a necessidade da extração e fabrico de novos materiais de construção, cria um fluxo económico através da revenda dos materiais recuperados e diminui os resíduos conduzidos para aterro (Storey et al., 2003a; Chini e Bruening, 2003; Thomson et al., 2011; BMRA, 2017). Ou seja, alinha-se aos princípios de sustentabilidade ambiental, viabilidade económica e justiça social, conforme proposto por John Elkington em 1997 como “tripé de base” da sustentabilidade (Elkington, 1998).

Segundo Coelho e Brito (2011a), Portugal apresenta condições para implementação de demolição seletiva. Edifícios construídos antes da década de 1950, com recurso a materiais antigos, apresentam condições ideais para desconstrução (NAHB, 1997; Sherman, 1998; Kilbert e Languell, 2000; CEPA, 2001; PATH, 2001; Guy, 2002). Entretanto é importante destacar que as condições locais influenciam diretamente custos de mão-de-obra, impostos governamentais e preços dos materiais recuperados no mercado, principalmente porque as técnicas construtivas variam de acordo com a região, país e até continente (CEPA, 2001; Macozoma, 2001).

A proposta deste trabalho de contribuir para a adoção da desconstrução como regra para o fim de vida útil dos edifícios antigos em Portugal relaciona-se diretamente com os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável da Organização das Nações Unidas, lançados pela ONU em 2015. Este trabalho propõe ações de viés social e económico através da criação de empregos e distribuição de rendas, sem discriminação de género; de sustentabilidade ambiental, através da diminuição dos impactes negativos do ciclo de vida das edificações, diminuição da necessidade de extração de matéria prima para materiais de construção, e diminuição da condução para aterros, que contaminam solos e águas, estímulo à viragem do paradigma atual para cidades mais resilientes e inclusivas; e por fim por estímulo à pesquisa académica, à busca de conhecimento e desenvolvimento de novas soluções e tecnologias.

A Figura 1.1 destaca os Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável da ONU com os quais este trabalho se relaciona.



Figura 1.1 - Objetivos para o Desenvolvimento Sustentável – ONU. Fonte: ONU (2015).

1.2. Objetivos

1.2.1. Enquadramento

O objetivo geral deste trabalho é contribuir para a gestão sustentável de edifícios, elementos e materiais resultantes de demolição e desmontagem de edifícios antigos por meio da proposta de uma metodologia técnica que avalie a desmontabilidade de edifícios e seus componentes e também a capacidade de extração de valor dos elementos e materiais recuperáveis. É também objetivo deste trabalho o estímulo aos usos mais nobres dos componentes recuperados por meios do estudo de alternativas para fortalecimento de um mercado de reuso. Deste modo, ao contribuir para uma mudança de paradigma do modelo económico atual de extração-uso-descarte, e estimular a adoção de um modelo económico circular, onde os componentes recuperados possam ser reintroduzidos em um novo ciclo produtivo, espera-se que o descarte de resíduos com perda de valores intrínsecos seja reduzido, a emissão de gás carbónico pela extração de matérias-primas seja moderada e o volume de materiais conduzidos para aterro seja diminuído.

Este trabalho está limitado geograficamente a Portugal, com foco em edifícios antigos, construídos até a metade do século XX com técnicas antigas e que privilegiavam o uso de materiais anteriores ao uso de betão.

Portanto, apesar de ser difícil, porém tecnicamente possível a avaliação dos impactes que a extração, transporte e fabrico desses materiais causaram ao meio ambiente séculos atrás, este trabalho propõe uma visão sobre a fase atual dos edifícios antigos como o início de um novo ciclo de vida ecológico, onde os materiais desta fase final de vida dos edifícios antigos podem ser usados como “nutrientes” para a alimentação de ciclos de vida de outros edifícios, sejam eles novas construções ou reabilitações do edificado existente (Toxopeusa et al., 2015).

Com o objetivo de avaliar a capacidade de desmontabilidade, e também de extração de valores intrínsecos de componentes recuperáveis por meio de desmontagens e demolições de edifícios antigos, aliada à consolidação da economia circular, será proposta uma Metodologia de Pesquisa Qualitativa para identificar e caracterizar as barreiras, entender sua importância no contexto atual e propor soluções para ultrapassar tais barreiras.

Com a quantidade de informação obtida a partir das fontes bibliográficas consultadas surgiram algumas questões. Portanto, este trabalho pretende também responder às seguintes perguntas:

Pergunta principal: *É possível a adoção da desmontagem ou desconstrução como regra para o fim de vida útil de edifícios antigos em Portugal?*

- Como aplicar desmontagem ou desconstrução aos edifícios antigos Portugueses?

- Quais as vantagens da aplicação da desmontagem ou desconstrução aos edifícios antigos Portugueses?
- É possível o desenvolvimento de um modelo de negócio economicamente viável e socialmente justo que permita gestão sustentável dos materiais e componentes resultantes de demolição e desmontagem de edifícios antigos?

1.2.2. Método de Abordagem e Plano de Pesquisa

Para que os objetivos da pesquisa sejam atingidos e as perguntas de pesquisa respondidas, é necessário o planeamento do método de abordagem, que descreverá a metodologia para a obtenção das respostas.

O método de pesquisa adotado na Tese é a pesquisa qualitativa, que incluirá atividades de pesquisa bibliográfica, formulação teórica, formulação de ferramentas de extração de dados, escolha de objetos de pesquisa, realização de vistorias, etc.

1.2.3. Metodologia de Pesquisa

A pesquisa foi conduzida de forma estruturada, e contará com as seguintes fases:

- i. Abordagem teórica:
 - a. Estudo aprofundado dos conceitos de base: introdução ao problema de pesquisa: capacidade de desmontabilidade de edifícios antigos portugueses e pouca sustentabilidade na gestão de componentes resultantes de demolição e desmontagem de edifícios antigos;
 - b. Estudo aprofundado dos domínios de pesquisa: apresentação das perguntas de pesquisa e formulação teórica de meios para respondê-las.
- ii. Desenvolvimento da pesquisa:
 - a. Escolha de casos de estudo;
 - b. Desenvolvimento de protótipos de ferramentas para solução do problema de pesquisa: ferramentas para avaliação da desmontabilidade de edifícios antigos, ferramentas e estratégias para valorização dos componentes resultantes de desconstrução dos edifícios antigos;
 - c. Aplicação teste das ferramentas desenvolvidas aos casos de estudo selecionados;
 - d. Recolha de dados;
 - e. Avaliação dos resultados das ferramentas: Resposta à pergunta: As ferramentas foram eficazes para a recolha dos dados?
- iii. Apresentação dos resultados:
 - a. Validação dos dados e das ferramentas desenvolvidas;

- b. Discussões sobre as ferramentas: Resposta às seguintes perguntas: Quais as maiores fraquezas e forças das ferramentas? Onde elas podem ou não ser aplicadas? Como melhorar o desempenho das ferramentas para alcançar uma gestão mais sustentável de materiais e componentes de demolições e desmontagens dos edifícios antigos?

1.3. Estrutura da Tese

Esta Tese estrutura-se em sete partes.

O capítulo 1 aborda os conceitos iniciais, importantes para o entendimento do enquadramento geral do trabalho, assim como detalha aspetos do escopo, motivação e estrutura do trabalho.

O capítulo 2 diz respeito à revisão bibliográfica aprofundada de conceitos relacionados com o parque edificado e vida útil de edifícios antigos, o grupo de edifícios objeto deste estudo.

O capítulo 3 diz respeito à revisão bibliográfica aprofundada de conceitos relacionados com as diferentes técnicas e estudos sobre desconstrução de edifícios, particularmente os conceitos diretamente aplicáveis aos edifícios antigos.

O capítulo 4 apresenta a metodologia e conceitos de apoio à adoção da desconstrução como regra de fim de vida útil de edifícios antigos e também a aplicação expedita da metodologia a 3 edifícios: Casa das Bocas em Viseu, Casa Carlos Reis na Lousã e Mercado de Angra do Heroísmo na Ilha Terceira nos Açores.

O capítulo 5 detalha o caso de estudo aprofundado, o edifício Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia. Neste capítulo foi detalhada a aplicação da metodologia e apresentados os resultados obtidos.

O capítulo 6 apresenta a análise e discussão de resultados, uma análise SWOT da metodologia proposta, as respostas às perguntas de pesquisa.

O capítulo 7 apresenta as conclusões obtidas nas considerações finais e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2 - PARQUE EDIFICADO E EDIFÍCIOS ANTIGOS

PARQUE EDIFICADO E EDIFÍCIOS ANTIGOS

- 2.1. Enquadramento
- 2.2. Edifícios Antigos
- 2.3. Herança Cultural
- 2.4. Parque Edificado em Portugal
- 2.5. Arquitetura Vernacular no Parque Edificado Português
- 2.6. Reabilitação do Parque Edificado Português
- 2.7. Reabilitação de Edifícios Antigos
- 2.8. Compatibilidade de Materiais e Técnicas Originais
- 2.9. Vida Útil dos Edifícios
- 2.10. Ciclo de Vida dos Edifícios
- 2.11. Hierarquia de Valorização dos Materiais
- 2.12. Gestão de Resíduos de Construção e Demolição – RCD
- 2.13. Recuperação de RCD
- 2.14. Economia Circular
- 2.15. Legislação Europeia e Portuguesa
- 2.16. Nota Final

2. PARQUE EDIFICADO E EDIFÍCIOS ANTIGOS

2.1. Enquadramento

Neste trabalho será considerado como “parque edificado” o conjunto de edificações de uma zona ou região, que, em geral, apresenta características particulares relacionadas com as técnicas construtivas e materiais utilizados (Tavares et al., 2011).

O parque edificado português apresentava, em 2021, quase 13% de construções antigas (INE, 2021b). Algumas destas construções foram classificadas como Património Imóvel, pelo DGPC, outros edifícios e conjuntos arquitetónicos estão listados como Património Histórico pela UNESCO. A parte dos edifícios antigos não classificados será designada de “arquitetura vernacular”.

A arquitetura vernacular possui particularidades tanto nos seus sistemas construtivos, quanto no tipo de material utilizado – predominantemente madeira e pedras naturais. E a intervenção no edificado antigo, quando não feita com técnicas e materiais compatíveis, pode levar toda a edificação à ruína (Tavares et al., 2013).

Em 2011, mais de 50% dos edifícios antigos encontravam-se sem condições de habitabilidade e necessitavam de intervenção moderada a severa (INE, 2011). Para intervenção nos edifícios antigos é necessário conhecer as técnicas construtivas e os materiais a fim de propor uma solução que aumente as condições de segurança e salubridade das construções e evite colocar em causa a integridade estrutural em geral (Tavares et al., 2013).

O Decreto-Lei n.º 95/2019 (PCM, 2019) deixa muito claro, no Art. 5º, no que concerne aos edifícios antigos, que a atividade de reabilitação deve privilegiar a reutilização de componentes originais e, ao serem esgotadas as soluções de manutenção e reabilitação, deve ser privilegiada a desconstrução como alternativa de fim de vida útil.

Portanto torna-se necessário conhecer os sistemas construtivos e materiais constituintes dos edifícios antigos, seja para proceder à sua correta manutenção e reabilitação, seja para uma correta avaliação do potencial de reaproveitamento dos materiais, caso tais edifícios cheguem ao fim de sua vida útil. Os materiais recuperados dos edifícios antigos podem ser reutilizados na reabilitação de outros edifícios antigos e seus valores imateriais (Macozoma, 2001; Lanzinha et al., 2009; Earl e Saint, 2003 apud Tavares et al., 2011, 2013) serão preservados desta forma.

2.2. Edifícios Antigos

Neste trabalho, dentre os edifícios antigos tanto estão considerados o património edificado classificado, que segundo o Departamento-Geral do Património Cultural – DGPC são “bens imóveis de interesse cultural” (DGPC, 2018) categorizados como de interesse nacional, público ou municipal, quanto o património edificado corrente, que é todo aquele não classificado pelo DGPC.

Serão considerados edifícios antigos aqueles construídos predominantemente até cerca da década de 50 do século passado e sem a utilização de estruturas de betão armado, pois, de acordo com o Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios – Guia de intervenção (Tavares et al., 2011), sistemas construtivos tradicionais foram utilizados até a metade do século XX. Como recorte espacial, este trabalho concentra-se nos edifícios antigos Portugueses erguidos tanto em Portugal Continental como em suas Regiões Autónomas.

Edifícios antigos apresentam particularidades, nomeadamente quanto aos materiais constituintes e tecnologia construtiva utilizada. De acordo com Tavares et al. (2011), os materiais utilizados em edifícios antigos eram pouco variados, pouco modificados, predominantemente naturais. Os materiais escolhidos eram, muitas vezes, aqueles que se encontravam à disposição na zona da construção, o que acarretava grande variedade entre os diferentes tipos de edifícios antigos de acordo com sua localização. Já as técnicas utilizadas eram tradicionais, com pouca variação regional, com pouca evolução temporal, permanecendo as mesmas durante séculos. O conhecimento para escolha de materiais e técnicas construtivas era empírico.

Em relação aos materiais dos principais elementos construtivos dos edifícios antigos portugueses, ainda de acordo com Tavares et al. (2011), destaca-se que as fundações e estruturas dos edifícios antigos eram, na sua maioria, em pedra ou madeira. Paredes autoportantes eram maioritariamente feitas em pedra, com variação no tipo de pedra de acordo com a região de construção do edifício. As paredes de pedra tanto podiam ser em pedra de cantaria, pedras ordinárias com pouca aparelhagem, alvenaria ordinária ou em pedra seca (sem argamassa). Também podiam ser usados tijolos cerâmicos com a função de pedras artificiais. Verificava-se também o uso de paredes taipa, feitas com terra húmida, e paredes de adobe, feitas em blocos de terra. Já as paredes interiores eram maioritariamente feitas em madeira. Antes do uso alargado do cimento como agregador, o material utilizado em construções antigas para o mesmo fim, nomeadamente em argamassas de revestimento e colagem, era a cal, tanto aérea, como hidráulica (Veiga, 2009). Os pavimentos variavam entre os feitos simplesmente de terra batida, para pavimentos térreos, e pavimentos de madeira, na sua maioria revestidos também em madeira (tanto os pavimentos térreos quanto os superiores). Coberturas eram inclinadas e com poucas vertentes, a sua estrutura era em madeira e o revestimento em telha cerâmica ou zinco. A caixilharia era predominantemente em madeira, com vidros artesanais de pequenas dimensões e a guarnição das aberturas precisava ser reforçada, muitas vezes

em arco, por madeira resistente ou pedra. Sacadas e varandas eram elementos de pequenas dimensões, feitos em madeira ou em ferro fundido ou batido.

Há outros elementos característicos dos edifícios antigos, como óculos, postigos, cornijas, claraboias, trapeiras e alpendres. Entretanto esses elementos eram também constituídos predominantemente de madeira, pedras ou ferro, uma confirmação da pouca variedade dos materiais utilizados.

2.3. Herança Cultural

De acordo com a UNESCO (2017),

“A herança cultural e natural está entre os bens mais inestimáveis e insubstituíveis, não só de cada nação, mas da humanidade como um todo. A perda, por deterioração ou desaparecimento, de qualquer um desses bens mais valiosos constitui em um empobrecimento do património de todas as pessoas do mundo.”¹

De acordo com a Convenção do Património Mundial (UNESCO, 1972), grupos de edificações são considerados como património cultural quando “em virtude da sua arquitetura, unidade ou integração na paisagem têm valor universal excecional do ponto de vista da história, da arte ou da ciência”.

Para destacar a importância da arquitetura portuguesa na história da cultura mundial, referem-se alguns dos conjuntos de edificações portuguesas constantes da lista de Património Cultural classificados pela Unesco: a Zona Central da cidade de Angra do Heroísmo nos Açores; a Paisagem Cultural de Sintra (inclusive os edifícios); Cidade-Quartel Fronteira de Elvas e suas Fortificações; Centro Histórico de Évora; Centro Histórico de Guimarães; Centro Histórico do Porto, Ponte Luís I e Mosteiro da Serra do Pilar. Também se destacam os edifícios do Convento de Cristo em Tomar; Mosteiro de Alcobaça; Mosteiro da Batalha; Mosteiro dos Jerónimos e Torre de Belém em Lisboa; Universidade de Coimbra - Alta e Sofia; Edifícios Reais de Mafra - Palácio, Basílica, Convento, Jardim do Cerco e Parque de Caça; e Santuário do Bom Jesus do Monte em Braga (UNESCO, 2021).

Roders (2007) afirma que, em muitas cidades antigas, os edifícios estão obsoletos e degradados devido a intervenções feitas sem o devido conhecimento técnico e má escolha de materiais ou tecnologias. A herança cultural do edificado antigo também está ameaçada pela falta de

¹ No original “The cultural and natural heritage is among the priceless and irreplaceable assets, not only of each nation, but of humanity as a whole. The loss, through deterioration or disappearance, of any of these most prized assets constitutes an impoverishment of the heritage of all the peoples of the world”. Tradução da autora.

manutenção, o que pode colocar em risco a segurança das pessoas e a integridade estrutural dos próprios edifícios (Lourenço, 2014).

Tavares et al. (2011) relacionam alguns fatores que prejudicam a preservação da herança cultural do edificado:

- Mudanças demográficas com fuga das populações originais;
- Globalização dos padrões;
- Turismo de massa;
- Pressão imobiliária sobre os centros históricos;
- Perdas das funções originais dos centros históricos;
- Inadequação dos instrumentos de planeamento e intervenção;
- Supervalorização de valores imobiliários de centros históricos;
- Legislação impeditiva de processos de reabilitação;
- Mudanças climáticas;
- Pressões económicas.

De acordo com o ICOMOS (2005), é necessária a combinação entre conhecimento científico e cultural, além de uma abordagem holística, para a preservação da herança cultural dos edifícios antigos, o que é confirmado em seus princípios para conservação da herança cultural arquitetónica com a afirmação de que “Conservação, reforço e restauro de herança arquitetónica exige uma abordagem multidisciplinar”².

Em resumo, as edificações fazem parte da herança cultural da humanidade e encontram-se ameaçadas por diversos fatores, particularmente a falta de manutenção. Os edifícios antigos, particularizados por suas características técnicas e físicas, fazem parte também de um conjunto maior de edificações que será identificado neste trabalho como “parque edificado”.

2.4. Parque Edificado em Portugal

O parque edificado português, conforme o Censo 2021 contava com 3.573.416 edifícios espalhados entre o continente e as regiões autónomas insulares (INE, 2021a). Destes edifícios, 451.771 foram construídos antes de 1946, mais de 60 mil edifícios a menos dos que os 512.039 pelo Censo de 2011, o que representa 12,6% de todos os edifícios, conforme observado na Figura 2.1 (dados de INE, 2011).

² No original “Conservation, reinforcement and restoration of architectural heritage requires a multidisciplinary approach”. Tradução da autora.

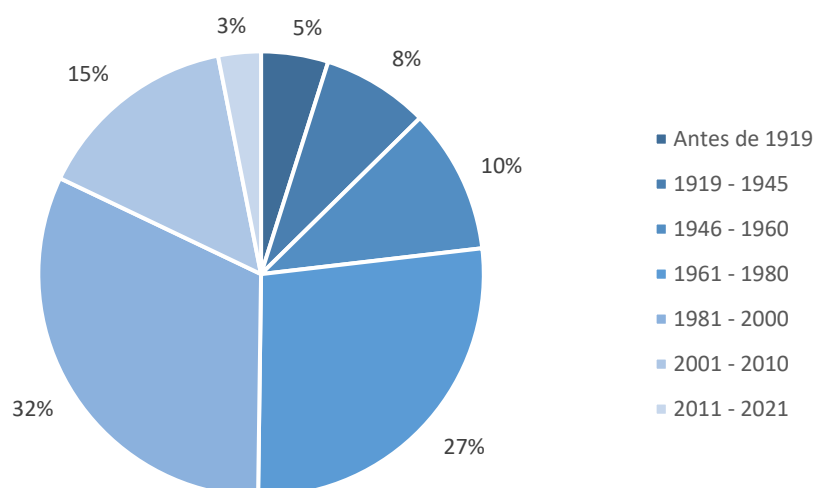


Figura 2.1 - Parque edificado português por ano de construção. Fonte: INE (2021).

O parque edificado português, conforme identificado pelo Censo 2021, apresenta edificações construídas num espaço temporal de centenas de anos. As edificações antigas, aquelas que estão representadas na Figura 2.1 pelas parcelas “antes de 1919” e “1919 – 1945”, nem sempre são consideradas classificadas pela Direção Geral do Património Cultural – DGPC. Às edificações antigas não classificadas pela DGPC chamaremos neste trabalho de “arquitetura vernacular”.

2.5. Arquitetura Vernacular no Parque Edificado Português

Portugal apresenta um parque habitacional rico e variado, com edificações construídas desde o século XI. Muitas construções foram classificadas pela Direção Geral do Património Cultural – DGPC e alguns edifícios e até mesmo centros históricos inteiros constam da lista de Património Mundial da Unesco (DGPC, 2018) (UNESCO, 2021). Edifícios classificados estão protegidos por diplomas legais, como a Lei n.º 107/2001 (AR, 2001), o Decreto-Lei n.º 139/2009 (MC, 2009), e o Decreto-Lei n.º 149/2015 (PCM, 2015).

Edifícios classificados estão submetidos a regras rigorosas para permissão de reabilitações, remodelações, alterações ou mesmo demolição. Neste subitem do trabalho, estão em foco os edifícios não submetidos a regras tão rigorosas, e que, mesmo por isso, muitas vezes não são conservados, e podem chegar ao estado de ruína e ao conseqüente fim de serviço.

Segundo Earl e Saint (2003) apud Tavares et al. (2011), o edificado antigo vernacular tem 3 diferentes níveis de valor: valores culturais (história, arqueologia, arquitetura, etc.); valores emocionais (identidade, fatores espirituais, etc.); e valores de uso (turismo, economia, etc.).

Além dos valores, os edifícios antigos, mesmo que não classificados, fornecem informações importantes para a compreensão da capacidade de adaptação humana ao meio ambiente. Portugal é um país com características ambientais distintas do Norte para o Sul ou do litoral para o interior, e há nas construções vernaculares predominância do uso dos materiais disponíveis na região (Chini e Balachandran, 2002; LNEC, 2005a). Em particular, desde o século XVII o edificado português sofreu grandes modificações: os materiais utilizados na sua construção passaram de ser predominantemente madeira, para componentes pétreos naturais e artificiais (LNEC, 2005a).

Um marco histórico no desenvolvimento das técnicas construtivas portuguesas foi a ocorrência do sismo de 1755 que atingiu a região de Lisboa. Edifícios anteriores a 1755, e que ainda podem ser encontrados nas regiões de Alfama, Castelo, Mouraria e Bairro Alto, são classificados pelo Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas (LNEC, 2005b) quanto à sua constituição como:

- i. Edifícios de qualidade elevada: apresentam paredes de alvenaria bem cuidada, pedra aparelhada pelo menos nos cunhais, com elementos de travamento;
- ii. Edifícios de qualidade inferior: paredes de alvenaria pobres, alvenaria de taipa mal conservada, grande deformação permanente e, em muitos casos, ausência de elementos de travamento. Na maioria dos casos as paredes apresentam espessura considerável, observando-se, em certos casos, amaciamento ou gigantes. Os pavimentos vencem, raras exceções, vãos pequenos e são geralmente sobrados de madeira;
- iii. Edifícios com andar de ressaltado: são constituídos por um rés-do-chão em alvenaria de pedra, e pavimento em arco que serve de suporte a um ou dois pisos com estrutura reticulada de madeira, salientes em relação ao rés-do-chão. O revestimento exterior das paredes era efetuado por uma alvenaria mista em enxadrezado.

Os edifícios construídos antes de 1755 tinham como material construtivo predominantemente a madeira e pedras, tanto naturais, quanto artificiais (tijolos). As fundações e estruturas eram predominantemente em pedras, entretanto as paredes poderiam ser em cantaria de pedra (paredes exteriores de edifícios mais nobres), alvenaria ou tabiques. As coberturas eram suportadas por estrutura em madeira e revestidas a telhas canudo (LNEC, 2005b).

A ocorrência do sismo de 1755 resultou em imensas variações na arquitetura vernacular espalhadas pelo país entre edifícios reticulados e edifícios não reticulados em maior ou menor grau.

Como exemplo de edifícios antigos reticulados estão aqueles que representam a evolução das tipologias construtivas portuguesas: as Gaiolas Pombalinas (LNEC, 2005a). Tais edifícios são caracterizados pela estrutura em forma de gaiola. A autoria da proposta técnica de tal “gaiola” é atribuída ao Arq. Carlos Mardel. Tal tipologia construtiva ganhou predominância com a reconstrução da cidade de Lisboa e apresenta construções de “estrutura reticulada e regular” (LNEC, 2005c). Esta técnica construtiva foi adotada como estratégia antissísmica. A Figura 2.2

apresenta a Maquete de Gaiola Pombalina do Museu de engenharia Civil do Instituto superior Técnico (Lopes e Bento, 2005).



Figura 2.2 - Estrutura da Gaiola Pombalina. Fonte: Lopes e Bento (2005).

A Figura 2.3 mostra a parede de edifício Pombalino com estrutura em madeira reticulada e enchimento em pedra (ECOCASA, 2018).



Figura 2.3 - Parede de edifício Pombalino. Fonte: ECOCASA (2018).

Aproximadamente a partir de 1880, a tipologia construtiva evoluiu para os chamados Edifícios Gaioleiros que apresentam simplificações e alterações estruturais e construtivos ao sistema anterior (Gaiola Pombalina). Este tipo de edifício caracteriza-se pela “ausência da continuidade estrutural e

tridimensional, onde raramente se encontram soluções adequadas para a ligação entre as estruturas das paredes de fachada, das paredes ortogonais e dos pavimentos” (LNEC, 2005d). As paredes podem ser de alvenaria de pedra e cal ou tabique. Os pavimentos em madeira. Segundo o Núcleo de Engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas, pelo sistema estrutural menos robusto, um grande número de construções do tipo gaioleiro colapsou durante a fase construtiva ou, pior ainda, após estarem ocupados (LNEC, 2005d).

A partir de 1930, com o advento do betão, este foi utilizado para lajeamento de áreas molhadas como cozinha e casas de banho, ou em elementos salientes, como varandas e sacadas, substituindo os pavimentos de madeira. Posteriormente o betão foi o material preferido para elementos estruturais horizontais (LNEC, 2005e). A partir dos anos de 1940 o sistema construtivo predominante tornou-se a estrutura mista de betão e alvenaria (LNEC, 2005f). O que significa que, com o passar do tempo as técnicas construtivas adotadas predominantemente passaram de altamente reticuladas para menos reticuladas.

A respeito das técnicas construtivas de edifícios antigos menos reticuladas estão os edifícios de adobe erguidos predominantemente nas Aveiro e Ílhavo (Tavares et al., 2011).

Conforme Tavares et al. (2011), “O adobe é um bloco de terra, comprimido à mão, dentro de um molde de madeira, ao qual são adicionados outros materiais para melhorar a sua coesão, como a palha e a cal, sendo seco ao sol”.

Quanto ao sistema construtivo, Tavares et al. (2011) dizem que as construções de adobe apresentavam em geral fundações diretas em pedra, adobe ou tijolo maciço. Eram comuns também as caves de pedra. As paredes resistentes eram feitas de alvenaria de pedra não aparelhada ligadas com argamassa ordinária, ou, mais comumente, de adobe. As paredes divisórias eram feitas em tabique de madeira ou adobe. Assim como as paredes divisórias, os pisos e pavimentos eram também estruturados e assoalhados em madeira. As coberturas tinham estruturas em asnas simples de madeira e revestimento em telhas cerâmicas. Já os tetos eram revestidos em madeira, e, por vezes, com acabamento a cal e gesso. As caixilharias eram também em madeira pintada e vidro.

2.6. Reabilitação do Parque Edificado Português

De acordo com dados do Censo de 2011 (INE, 2011), à data da sua publicação, havia 1.024.937 edifícios que necessitavam reabilitação. Destes, 268.633, o equivalente a 26,2%, eram edifícios construídos antes do ano de 1946. Portanto, em 2011, 52,5% dos edifícios antigos necessitavam de reabilitação por estarem degradados e sem condições de salubridade e segurança.

Conforme o INE (2020) 5.345 edifícios foram licenciados para obras de reabilitação em 2019, o que representa um acréscimo de 14,5% face ao ano anterior. No mesmo ano foram concluídas 3.462

obras de reabilitação, correspondente a um crescimento de 5,4% face ao ano anterior. As obras de reabilitação representaram em 2019 24,4% do total de licenciamentos.

Houve crescimento tanto com relação ao licenciamento, quanto à conclusão das obras de reabilitação com destino à habitação familiar entre os anos de 2014 e 2019. Destacam-se as obras de reconstrução concluídas em 2019, que representaram 77,8% das obras de reabilitação de habitação familiar, conforme mostra a Figura 2.4 (dados de INE, 2020).

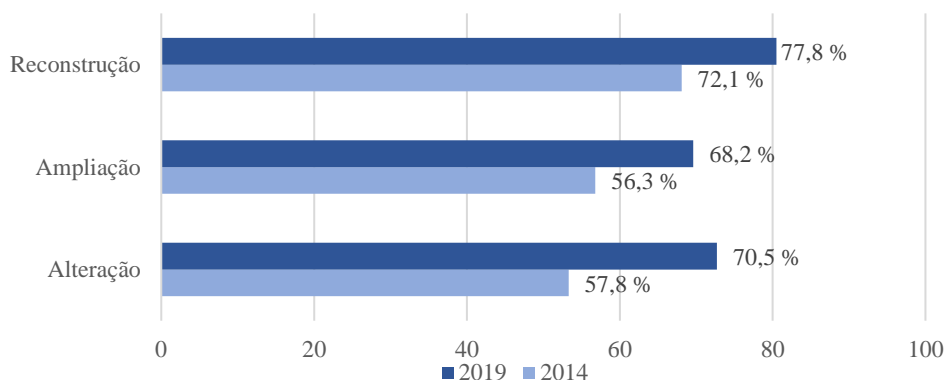


Figura 2.4 - Relevância do tipo de obra de reabilitação nos anos de 2014 e 2019. Fonte: INE (2020).

2.7. Reabilitação de Edifícios Antigos

O Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios da INOVADOMUS (Tavares et al., 2011) define reabilitação como:

“[...] qualquer ação que assegure a sobrevivência e a preservação para o futuro de: edifícios, bens culturais, recursos naturais, energia ou outra fonte de conhecimento com Valor. Enquadra-se em vertentes de intervenção para uso futuro do edifício, pelo que a avaliação da função adequada/compatível com a estrutura e a tipologia do edifício é uma das premissas deste processo. Por este facto não se pode considerar Reabilitação os casos de demolição total do interior do edifício e simples manutenção das fachadas.”

A reabilitação objetiva a solução de problemas causados ao edificado antigo pela obsolescência natural e perda de funcionalidade, muitas vezes agravados pela falta de manutenção, mau uso, abandono e falta de capital para intervenção (Rodgers, 2007). Em 2011 11% de todos os edifícios em Portugal estavam desocupados ou com necessidade de reabilitação (Couto e Mendonça, 2011).

De acordo com Rodgers (2007), os atores envolvidos na reabilitação do edificado antigo não classificados em Portugal são os responsáveis pelas decisões a respeito do projeto, técnicas e decisões construtivas em casos em que não há necessidade de aprovação municipal para intervenções. Fica ao seu critério a manutenção das características originais.

Alguns tipos de ferramentas podem ser úteis na implementação dos processos de reabilitação do edificado antigo: sistemas reguladores, como códigos e normas; ferramentas de integração e participação da comunidade; ferramentas técnicas; e instrumentos financeiros, como fundos governamentais e créditos específicos para reabilitação de edificado antigo (Tavares et al., 2011).

A Comissão Europeia lançou em 2020 o programa “*Renovation Wave*”⁴ com o objetivo de estimular a renovação de edifícios existentes para padrões de eficiência energética compatíveis com o objetivo de assegurar emissão zero de gases do efeito estufa pela Europa até 2050, já que 75% dos edifícios europeus não são energeticamente eficientes e até 95% dos edifícios em uso atualmente ainda estarão em uso em 2050 (EC, 2020).

Outros países da União Europeia e Espaço Económico Europeu estabeleceram programas governamentais para estimular a indústria da construção a investir em reabilitação do edificado: a Dinamarca estabeleceu desde 2021 um pacote de políticas, inclusive de renovação do parque edificado, com o objetivo de eliminar o uso de combustíveis fósseis até 2050; a França estabeleceu políticas para estimular a renovação de 400 mil edifícios entre os anos de 2013 e 2020; a Alemanha elaborou uma plano de longo prazo para aumentar a eficiência energética de todo o parque edificado por meio de renovações até 2050; a Suécia estabeleceu 16 objetivos ambientais apoiados por políticas, entre eles a garantia de um bom ambiente construído, com redução do uso de energia em edifícios de 50% em 2050 comparado aos níveis de 1995; a Bélgica estabeleceu em 2019 o objetivo de reduzir as emissões de gases do efeito estufa em construções residenciais e não residenciais em até 85% até 2050 e elaborou vários diplomas legais para apoiar este objetivo; a República Checa também desenvolveu políticas para garantir a redução de emissões do setor da construção civil em até 40% em 2050 comparado aos níveis de 2020; de forma semelhante, a Estônia estabeleceu políticas estratégicas para garantir que 22% de seu parque edificado seja renovado até 2030, 64% até 2040 e 80% até 2050, com redução nas emissões de 89% e no consumo energético de 59%; a Finlândia tem por objetivo a neutralidade na emissão de gases do efeito estufa pelo setor da construção civil até 2035, para isto conta com suporte de políticas nacionais; a Holanda emitiu uma série de políticas voltadas para a renovação de seu parque edificado com objetivos de atingir a eficiência energética e reduzir emissões (Atanasiu e Kouloumpi, 2013; Staniaszek, 2021).

A intervenção no edificado antigo precisa ser feita com planeamento e respeito pelas suas características únicas. Alguns exemplos de ferramentas técnicas para diagnóstico e planeamento de estratégia de intervenção, que respeitam o valor histórico e cultural dos edifícios antigos, mesmo aqueles não classificados, são (Lanzinha et al., 2009):

- *Energy Performance, Indoor Environmental Quality and Retrofit – EPIQR*: desenvolvido pelo programa europeu JOULE, que fornece informações relativas ao estado de conservação, características físicas e funcionais do edifício a ser intervencionado.

⁴ “Onda de Renovação”, tradução da autora.

- *Méthodes d'Évaluation Rapide* – MER HABITAT: este método realiza o diagnóstico da degradação do edifício e fornece o custo de renovação de acordo com a estratégia escolhida.
- TEST HABITATGE: método desenvolvido para avaliar os custos de intervenções em variados tipos de edifícios, tanto para melhorar a qualidade sanitária, quanto de conforto.
- Metodologia Exigencial de Reabilitação – MEXREB: compara o desempenho de diversos sistemas do edifício em estudo com as exigências estabelecidas por regulamentos e normas técnicas.

De acordo com Tavares et al. (2011), devem ser adotados os seguintes princípios no planeamento de ações de reabilitação de edifícios antigos:

- Garantia da reversibilidade das soluções escolhidas;
- Escolha de soluções menos intrusivas;
- Adaptação das funções desejadas às características do edifício;
- Privilegiar a recuperação através de técnicas antigas contemporâneas à construção do edifício;
- Planeamento de intervenções faseadas espaçadamente no tempo;
- Verificação prévia do valor histórico e cultural do edifício a ser intervencionado.

Algumas práticas utilizadas para a reabilitação, particularmente de edifícios não classificados, são a substituição de materiais antigos por novos para acréscimo de isolamento térmico; o “fachadismo”, ou seja, a manutenção da fachada conjugada com a demolição da estrutura interna; substituição de caixilharias originais por opções modernas de mercado; demolição de caixas de escada por não cumprimento das normas de acessibilidade; modificação da tipologia dos edifícios pela obrigação de acréscimo de elementos como ascensores e instalações modernizadas (Couto et al., 2006, 2010; Lopes, 2015).

A questão do “fachadismo” também é abordada por Tavares et al. (2011) e Couto et al. (2006), que alertam que muitas vezes a dita “reabilitação” de edifícios consiste somente na manutenção das fachadas e a demolição do interior, alterando irreversivelmente o edificado. A Figura 2.5 apresenta uma imagem extraída do Google Maps que mostra um edifício localizado Avenida da Liberdade, Lisboa, em frente à estação do Metro Restauradores no seu estado anterior à intervenção. Já a Figura 2.6, fotografada em 30/08/2018 para este trabalho, apresenta um exemplo atual da prática do “fachadismo” praticado no mesmo edifício. As duas fotografias ao serem comparadas evidenciam que a fachada foi preservada, entretanto o interior foi completamente demolido.



Figura 2.5 - Edifício localizado na Avenida da Liberdade, Lisboa. Fonte: Google Maps (sem data).



Figura 2.6 - Edifício localizado na Avenida da Liberdade, Lisboa – 2018.

Alguns dos constrangimentos à execução adequada de reabilitações de edifícios antigos são a perda do conhecimento sobre as técnicas empregues na sua construção e a incompatibilidade e insustentabilidade de soluções de reabilitação para funções diferentes das projetadas originalmente (Tavares et al., 2011). Alguns autores afirmam que novos materiais desenvolvidos recentemente poderão ajudar na reabilitação de edifícios antigos (Couto e Mendonça, 2011).

Ainda de acordo com Tavares et al. (2011), a reabilitação do edificado em Portugal oferece oportunidades para o desenvolvimento económico, a salvaguarda de bens patrimoniais, a melhoria dos níveis de consumo energéticos de edifícios e a dinamização social.

Portanto, a intervenção no edificado antigo com objetivo de reabilitação necessita alguns cuidados: uma legislação particular que regule tal atividade, o desenvolvimento e adoção de ferramentas de planeamento, avaliação, execução e verificação para garantir que serão aplicadas as técnicas que melhor preservem as características e técnicas construtivas originais e valores intrínsecos.

2.8. Compatibilidade de Materiais e Técnicas Originais

A aplicação de novos materiais e novas tecnologias, sem a aferição de sua compatibilidade com os materiais e tecnologias utilizados nas construções antigas são os principais fatores que influenciam a perda do património vernacular (Tavares et al., 2013).

De acordo com Tavares et al. (2011), a nível dos materiais, existe melhor compatibilidade utilizando-se materiais semelhantes aos que foram usados na construção do edificado antigo. Muitos danos no edificado antigo são provocados pela introdução de elementos e tecnologias diferentes dos originais, demonstrando serem incompatíveis, tais como vigas e pilares metálicos e lajes de betão em substituição de vigas, pilares e lajes originais, que são normalmente de madeira.

Um dos materiais mais incompatível com o edificado antigo é o cimento pela sua impermeabilidade e alcalinidade, que pode provocar grandes descolamentos e eflorescências salinas. Outro material altamente incompatível é a tinta plástica, que apresenta o mesmo problema do cimento, o fato de criar uma película impermeável que impede a passagem de vapor d'água e interfere no regime higroscópico do edifício (Tavares et al., 2011).

2.9. Vida Útil dos Edifícios

Apesar do valor cultural e social dos edifícios antigos portugueses, muitos deles inexoravelmente aproximam-se ou mesmo atingem o fim de sua vida útil. Segundo Miatto et al. (2017), a vida útil de um dado edifício pode ser calculada através da diferença entre seu ano de construção e seu ano de demolição seja esta demolição deliberada ou causada por forças naturais. Rashid e Yusoff (2015) afirmam que muito estudiosos utilizam a vida útil média para um edifício como sendo de 50 anos. Entretanto um edifício pode ter vida útil típica entre 30 e 100 anos, com variações entre as vidas úteis do sítio onde se localiza o edifício, sua estrutura, seu envoltório, instalações de serviço, espaço interno e elementos internos (Kilbert, 2002a).

A Norma Portuguesa NP EN 1990:2009 – Eurocódigo – Bases para o Projeto de Estruturas (IPQ, 2009) apresenta algumas definições relevantes para o entendimento do fim de vida de um edifício:

- Tempo de vida útil de projeto: Período durante o qual se pretende que uma estrutura ou parte da mesma seja utilizada para as funções a que se destina, com a manutenção prevista, mas sem necessidade de grandes reparações;
- Estados limites últimos: Estados relacionados com o colapso ou a outras formas semelhantes de ruína estrutural;
- Estados limites de utilização: Estados que correspondem a condições além das quais os requisitos de utilização especificados para uma estrutura ou para um elemento estrutural deixam de ser satisfeitos;
- Estados limites de utilização irreversíveis: Estados limites de utilização onde algumas das consequências das ações que excedem os requisitos de utilização especificados se mantêm quando as ações são retiradas;
- Fiabilidade: Aptidão de uma estrutura ou de um elemento estrutural para satisfazer os requisitos especificados, incluindo o valor de cálculo do tempo de vida útil para o qual foi projetada. A fiabilidade é normalmente expressa em termos probabilísticos.
Nota: A fiabilidade abrange a segurança, a utilização e a durabilidade de uma estrutura.

Em termos normativos, o fim da vida de um edifício pode ser determinado pela sua incapacidade em satisfazer as necessidades para o qual foi projetado e de garantir a segurança de quem o utiliza.

Tavares et al. (2011) afirmam que “Usualmente os edifícios chegam ao que se chama o seu ‘fim de vida’ mais pelo efeito da pressão económica externa e pela falta de utilização do que pelo facto de não ser possível a sua reabilitação”. Já Macozoma (2001) afirma que edifícios chegam ao fim de vida e são demolidos porque os proprietários não têm mais usos para eles, não porque não tenham mais capacidade de serem usados.

Quando é determinado, quer por uma junta de engenheiros, quer pelo seu proprietário, quer por organismos públicos, que um dado edifício chegou ao fim de sua vida, é necessária sua demolição. Coelho e Brito (2011a) estimam que 38,5 % dos edifícios construídos antes de 1919 e 32% dos edifícios construídos entre 1919 e 1945 serão alvo de demolição, e que mais de 50% dos resíduos de demolição serão constituídos de blocos pétreos não contaminados, significando que cerca de 90% de todos os resíduos originados da demolição dos edifícios antigos são de materiais inertes, ou seja, materiais não-perigosos e facilmente recicláveis. A idade do edifício é um fator que influencia largamente a proporção de materiais diferentes nos resíduos de demolição (Coelho e Brito, 2011a).

Entretanto, edifícios possuem diferentes níveis de obsolescência para diferentes sistemas, conforme mostrado na Tabela 2.1 Tabela 2.1 Ou seja, diferentes partes dos edifícios precisam ser substituídas em diferentes estágios de vida útil (Macozoma, 2001).

Diferentes tipos de edificações também têm diferentes vidas úteis. Edifícios monumentais e históricos são permanentes e têm vida útil mínima de 100 anos; já edifícios residenciais, comerciais e industriais têm longa vida útil, entre 50 e 90 anos; há ainda edifícios com vidas úteis médias e temporárias, como no caso de construções não permanentes (Guy e Ciarimboli, 2008).

Tabela 2.1 - Vida útil dos sistemas de um edifício. Fonte: Macozoma (2001).

Vida Útil	Anos	Sistema
Completa	150	Estrutura e fundação.
Alta	60	Revestimentos de parede, caixilharias, ramais principais das canalizações.
Média	30	Revestimento de piso, ramais secundários das canalizações e instalação elétrica.
Baixa	15	Pintura, acabamentos, equipamentos.

2.10. Ciclo de Vida dos Edifícios

Desde os anos 70 investigadores na área da sustentabilidade têm desenvolvido diferentes teorias para definir os ciclos tecnológicos, como o da construção civil, e aproximá-los dos ciclos naturais e ecológicos, onde os resíduos de um processo são matérias-primas para novos processos (Van Dijk et al., 2014). Van Dijk et al. (2014) destacam sete teorias sobre os ciclos tecnológicos fechados inspirados pela ecologia e com o uso de perspetivas ambientais, económicas e sociais: Leis da Ecologia⁵, de autoria de Barry Commoner em 1971; Economia Cíclica⁶, de autoria de Walter Stahel em 1976; Ecologia Industrial⁷, de autoria de Robert Frosh e Nicholas Gallopoulos em 1989; Economia Azul⁸, de autoria de Gunter Pauli em 1994; Projeto Regenerativo⁹, de autoria de John Tillman Lyle em 1994; *Biomimicry*¹⁰, de autoria de Janine Benyous em 1997; e Berço ao Berço¹¹, de autoria de William McDonough em 2003.

Para tornar a atividade da construção civil mais sustentável, é necessário entender e quantificar o impacto total que um edifício tem em toda a sua existência, ou seja, desde a extração de matérias-primas, fabrico de materiais, transporte, construção, uso, manutenção e fim de vida útil. A avaliação do ciclo de vida de um edifício é utilizada para esse fim. Para que seja eficiente, é necessária a determinação clara dos limites do sistema e do “fim de vida” considerado (Häfliger et al., 2017). Bribrián et al. (2009) destacam algumas ferramentas para cálculo e avaliação dos impactos do ciclo de vida de edifícios, como ECO-QUANTUM, LEGEP, EQUER, ATHENA, BEES, GREENCALC

⁵ No original “Laws of Ecology”. Tradução da autora.

⁶ No original “Looped Economy”. Tradução da autora.

⁷ No original “Industrial Ecology”. Tradução da autora.

⁸ No original “Blue Economy”. Tradução da autora.

⁹ No original “Regenerative Design”. Tradução da autora.

¹⁰ Este conceito significa “aprender com a natureza” ao usar exemplos naturais como inspiração para resolução de problemas modernos.

¹¹ No original “Cradle to Cradle”. Tradução da Autora.

e ECOEFFECT. A avaliação e cálculo dos impactes dos ciclos de vida dos edifícios antigos não é objeto deste estudo, entretanto é importante determinar as fronteiras do sistema.

O método escolhido para abordagem do ciclo de vida dos edifícios e definição das fronteiras do sistema foi apresentado pela Norma Europeia EN 15978:2011 – *Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method*¹² (ECS, 2011). Este método foi escolhido por ter sido normalizado pelo Comitê Europeu de Normalização – CEN, um dos três organismos normalizadores europeus (junto com o CENELEC e o ETSI) reconhecidos pela União Europeia como responsáveis pela elaboração de normas voluntárias. O CEN reúne organismos normalizadores nacionais de 34 diferentes países na Europa, incluindo o Instituto Português da Qualidade – IPQ.

A EN 15978:2011 define três diferentes abordagens a serem consideradas na avaliação do ciclo de vida de um edifício: “berço à porta”, “berço ao túmulo” e “berço ao berço” (ECS, 2011). A Tabela 2.2 apresenta uma síntese dos ciclos de vida apresentados pela EN 15978:2011.

Tabela 2.2 - Fronteiras dos sistemas de análise de ciclo de vida. Fonte: ECS (2011).

Informações para Avaliação Predial			
Informação do Ciclo de Vida de Edifícios			Informação Suplementar além do Ciclo de Vida
Estágio de Produção	Uso	Fim de Vida	Além do Ciclo de Vida
A1 - Extração de matéria-prima	B1 - Substituição	C1 - Desconstrução / Demolição	Potencial de Reutilização, Recuperação e Reciclagem
A2 - Transporte		C2 - Processamento de resíduos	
A3 - Fabrico		C3 - Deposição final	

← Berço ao portão →

← Berço ao túmulo →

← Berço ao berço →

Este trabalho, não pretende aprofundar as filosofias de cálculo de ciclo de vida de edifícios ou mesmo a comparação e uso das ferramentas de avaliação de ciclo de vida, mas sim utilizar as fronteiras dos sistemas apresentadas pela EN 15978:2011 (ECS, 2011), particularmente, com respeito à abordagem “berço ao berço”, que avalia o edifício desde a extração das matérias-primas

¹² Tradução da autora: “Sustentabilidade de Obras de Construção Civil – Avaliação do Desempenho Ambiental e Edifícios – Método de Cálculo”.

para sua construção até o uso dos resíduos resultantes da sua desmontagem em novos processos produtivos.

Foi feita a escolha pela abordagem das fases atuais dos edifícios antigos próximos do fim de vida útil, portanto não faz sentido definir as fronteiras deste estudo a partir do estágio de produção. A abordagem de “túmulo ao berço” foi escolhida para englobar as fases imediatamente anteriores à desmontagem dos edifícios antigos, nomeadamente as fases que se relacionam com a auditoria pré-demolição e elaboração de plano de gestão de resíduos (CE, 2016), e as fases subsequentes até a reintrodução dos materiais e componentes resultantes em novos processos produtivos.

A EN 15978:2011 considera algumas alternativas para edifícios antigos na fase do “fim de vida” (ECS, 2011): desconstrução, demolição, processamento de seus resíduos, ou deposição final. Entretanto, a fase seguinte “além do ciclo de vida”, apresenta a possibilidade de tratamentos para reintrodução dos materiais oriundos da fase de final de vida em um novo ciclo de vida, seja através da reutilização, recuperação ou reciclagem. Os materiais entrariam numa nova fase produtiva, onde, ao contrário da “extração”, eles seriam reusados ou recuperados e a reciclagem seria o equivalente ao fabrico. A Tabela 2.3 traz uma sugestão para as fronteiras de uma abordagem do túmulo ao berço aplicada aos edifícios antigos.

Tabela 2.3 - Ciclo de vida do Túmulo ao Berço.

Ciclo de vida do Túmulo ao Berço		
Fase de Fim de Vida	Fase Produtiva	Fase de Reintrodução
Desconstrução	Recuperação	Reúso
Separação de resíduos	Reciclagem	
Deposição final	Transporte	

De acordo com a Tabela 2.3, a fase de “fim de vida” implica a desconstrução ou demolição seletiva para fim de vida útil do edifício, o que permite prosseguir para a atividade seguinte relativa à separação de resíduos de acordo com suas características físicas. A deposição final será aplicada para uma pequena parte dos resíduos resultantes avaliados como incapazes de serem introduzidos na “fase produtiva”. A “fase produtiva”, por sua vez, é relativa ao tratamento através da recuperação, reciclagem e consequente transporte dos materiais oriundos da fase de “fim de vida”. A terceira fase, “reintrodução”, consiste do uso dos materiais tratados na “fase produtiva” em novos ciclos de edifícios, seja em reabilitações ou novas construções.

Para cada uma das fases do ciclo de vida proposto há ainda outros conceitos norteadores que podem ser aplicados no desenvolvimento de estratégias e ferramentas para tornar mais acessível, desejável, ambientalmente amigável, economicamente viável e socialmente justa a reintrodução dos materiais oriundos dos edifícios antigos em intervenções e novas construções.

2.11. Hierarquia de Valorização dos Materiais

A hierarquia de valorização de materiais tem por objetivo evitar que o tratamento de resíduos relegue os recursos recuperados para os níveis mais baixos de utilização e impulse a utilização de matérias-primas secundárias de qualidade para reciclagem (PEC, 2018). Tal hierarquia deve ser aplicada na gestão de RCD.

Segundo a Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro (PEC, 2008), a hierarquia a adotar para o tratamento preferencial dos resíduos deve obedecer à seguinte ordem:

- 1) prevenção e redução;
- 2) preparação para a reutilização;
- 3) reciclagem;
- 4) outros tipos de valorização, como, por exemplo, a incineração para recuperação energética;
- 5) eliminação, como, por exemplo, condução para aterros.

Esta ordem de tratamento de resíduos é conhecida como “Escada de Lansink”¹³ e foi proposta pelo governo holandês em 1980 (Van Dijk et al., 2014).

A Comissão Europeia de Meio Ambiente (CEMA, 2021), com base nos princípios de que o tratamento de resíduos: não deve colocar em causa a saúde humana ou prejudicar o meio ambiente; tampouco colocar em causa a qualidade da água, ar, solo, plantas ou animais; não deve criar distúrbios por meio de odores ou ruídos, muito menos afetar adversamente o campo ou locais de interesse especial, determinou na sua Diretiva de Estrutura de Resíduos¹⁴ que a hierarquia de tratamento de resíduos deve obedecer à mesma ordem proposta na Escada de Lansink. A Figura 2.7 representa a Escada de Lansink. Um dos principais objetivos da Diretiva de Estrutura de Resíduos é de que a preparação para a reutilização e a reciclagem de resíduos urbanos nos países da União Europeia deve ser aumentada para um mínimo de 55% até 2025; 60% até 2030; e 65% até 2035.

Outros estudiosos também estabeleceram hierarquias de valorização de materiais. Hendriks e Te Dorsthorst (2001) propuseram a “Escada Delft” com 10 degraus e Macozoma (2001) propôs uma ordem de valorização de 8 graus associados aos efeitos que cada ação de valorização material tem o potencial de causar, conforme mostrado na Tabela 2.4.

¹³ No original, “Lansink’s Ladder”. Tradução da autora.

¹⁴ “Waste Framework Directive” no original. Tradução da autora.



Figura 2.7 - Hierarquia de tratamento de resíduos. Fonte: Van Dijk et al. (2014).

A Tabela 2.4 apresenta a comparação entre as escadas Lansink, Delft e de Macozoma e também a ordem do tratamento mais desejável para o menos desejável, além dos efeitos desejados por meio da adoção dos tratamentos propostos (Macozoma, 2001; Hendriks e Te Dorsthorst, 2001; Van Dijk et al., 2014):

Segundo Kilbert e Languell (2000), os três primeiros e mais importantes graus na hierarquia de valorização de material e gestão de resíduos são:

- Redução: por meio da otimização do uso de recursos através de melhores estimativas e menores perdas na produção e diminuição da necessidade de embalagens; prevenção por meio de uso de melhores técnicas construtivas que diminuam a quantidade de matérias-primas.
- Reúso: por meio da recuperação de componentes de desconstruções, o que evita a ocupação dos aterros com RCD e contribui para a preservação ambiental.
- Reciclagem: por meio do “*upcycling*”, que adiciona valor aos produtos reciclados, muitas vezes raros ou valiosos; reciclagem, que remanufactura os produtos para usos semelhantes ao anterior e cria novos fluxos industriais e de trabalho; e “*downcycling*”, que remanufactura os materiais recuperados para usos menos nobres do que o uso anterior.

Especialmente com relação ao reúso de elementos e materiais, há 4 tipos de benefícios associados (Couto e Mendonça, 2011; Akbarnezhad et al., 2014):

- 1) Benefícios ambientais: menor quantidade de resíduo gerado, reaproveitamento material, preservação de energia incorporada, menor poluição sonora durante a desconstrução e menor emissão de partículas para o ar.
- 2) Benefícios económicos diretos: menores custos de condução para aterro, revenda de elementos e materiais recuperados.
- 3) Benefícios económicos indiretos: melhor gestão de obra e conseqüentes menores riscos de saúde e segurança.

- 4) Benefícios adicionais: elementos e materiais preservam suas funções por mais tempo e têm maior vida útil.

Tabela 2.4 - Comparação Entre as Escadas de Valorização Material. Adaptado de: Macozoma (2001); Hendriks e Te Dorsthorst (2001); Van Dijk et al. (2014).

Degraus			Resultados Desejados	
Escada Lansink (1980)	Escada Delft (2001)	Escada de Macozoma (2001)		
Prevenção	Prevenção	Prevenção	Prevenção de Resíduos	
		Gestão de procura		
		Redução		
Reutilização de elemento	Reutilização de construção	Recuperação	Redução de Resíduos	
	Reutilização de elemento	Reúso		
Reutilização de material	Reutilização de material			
Uso útil	Uso útil	Reciclagem	Tratamento de resíduos	
	Inativação com uso útil	Compostagem		
	Inativação			
Incineração com recuperação energética	Incineração com recuperação energética	Incineração com recuperação energética	Tratamento de resíduos	
Incineração	Incineração	Incineração para redução de volume		
		Tratamento químico (neutralização)		
Aterro	Aterro	Aterro	Descarte de resíduos	Menos desejável

A Diretiva (UE) 2018/851 apresenta 15 exemplos de instrumentos económicos e outras medidas para incentivar a aplicação da hierarquização dos resíduos. Dentre elas, destacam-se aquelas aplicáveis aos RCD (PEC, 2018):

- Taxas e restrições aplicáveis à condução para aterros e à incineração de resíduos que incentivem a prevenção de resíduos e a reciclagem, mantendo a condução para aterros como a opção de gestão de resíduos menos desejável.

- Sistemas de «pagamento em função da produção de resíduos» que onerem os produtores de resíduos com base na quantidade efetiva de resíduos produzidos e forneçam incentivos à separação dos resíduos recicláveis na origem e à redução dos resíduos indiferenciados.
- Incentivos fiscais para a doação de produtos.
- Regimes de responsabilidade alargada do produtor para vários tipos de resíduos e medidas que aumentem a sua eficácia, rentabilidade e governação.
- Regimes de consignação e outras medidas que incentivem a recolha eficaz de produtos e materiais usados.
- Planeamento adequado dos investimentos em infraestruturas de gestão de resíduos, inclusive através de fundos governamentais.
- Contratação pública sustentável para incentivar uma melhor gestão dos resíduos e a utilização de produtos e materiais reciclados.
- Supressão de subsídios que não sejam coerentes com a hierarquia dos resíduos.
- Medidas fiscais ou outros meios para promover a aceitação de produtos e materiais que são preparados para a reutilização ou reciclados.
- Apoio à investigação e inovação em tecnologias de reciclagem avançadas e reprocessamento.
- Utilização das melhores técnicas disponíveis para o tratamento de resíduos.
- Incentivos económicos às autoridades regionais e locais para promover a prevenção de resíduos e reforçar os sistemas de recolha seletiva, evitando o apoio à condução para aterros e à incineração.
- Sistemas de coordenação, nomeadamente através de meios digitais, entre todas as autoridades públicas competentes envolvidas na gestão de resíduos.
- Promoção de um diálogo e cooperação permanentes entre todas as partes interessadas na gestão de resíduos e incentivo a acordos voluntários e apresentação de relatórios sobre resíduos ao nível das empresas.

2.12. Gestão de Resíduos de Construção e Demolição – RCD

Quando um edifício chega ao fim da sua vida útil, devem ser tomadas decisões para desabilitar o uso do mesmo. Seja através da escolha da demolição tradicional, seja através da desconstrução. Como resultado são gerados resíduos. Esses resíduos têm características próprias e são chamados “resíduos de construção e demolição”.

Resíduos de construção e demolição, ou RCD, são os resíduos resultantes de atividades de construção, reabilitação e demolição de edifícios e outras estruturas, públicas ou privadas (Mália et al., 2011). Os RCD constituem o maior fluxo de resíduos na UE, representando cerca de um terço do total de resíduos sólidos produzidos (CE, 2016).

De acordo com Yeheyis et al. (2012), 75% dos RCD conduzidos para aterro contém algum valor residual e poderiam ser recuperados, reciclados ou reusados.

RCD são altamente heterogêneos: em Portugal 73,6% dos resíduos de demolição são compostos por betão e alvenaria; 2,2% metais; 3,2% madeira; 13,5% misturas betuminosas sem alcatrão; e 7,4% outros tipos de resíduos (Coelho e Brito, 2011a e 2011c). De acordo com a Agência Portuguesa do Ambiente - APA, em 2019 foram produzidos cerca de 5,3 milhões de toneladas de resíduos urbanos, 13,1% do total foi reciclado e 2,3% teve outra valorização, no entanto, quase 58% foi conduzido para aterro (APA, 2020). Foi estimado pelo Eurostat (2018) que os RCD correspondem a menos de 8,8% dos resíduos urbanos portugueses, enquanto a média europeia é de 35,9%. Do total de RCD registado em Portugal, mais de 95% é recuperado, mas praticamente a totalidade é britada e reutilizada como enchimento de pavimentação (Saez e Osmani, 2019).

É importante destacar que os resíduos de demolição apresentam características diferentes dos resíduos de construção, os primeiros apresentam porções de cascalho variado, madeira, troços de betão, alvenaria, aço, restos de instalações e canalizações; já os segundos são caracterizados pela presença de rebarbas de materiais usados na montagem, como madeiras, material de isolamento, drywall, revestimentos de piso, canalizações, mas também restos de betão e embalagens (Dolan et al., 1999).

De acordo com Mália et al. (2011), a prática mais frequente para destino de RCD é a condução para aterro. A Diretiva 2008/98/CE (PEC, 2008), estabeleceu, para os membros da União Europeia, que deveriam ser tomadas providências para que até 2020 fossem reutilizados ou reciclados 70% (em peso) dos RCD não perigosos. Em 2018 a Diretiva (UE) 2018/851 alterou a Diretiva 2008/98/CE no sentido de estimular a reutilização de componentes, além de recomendar a adoção da remoção seletiva de materiais “a fim de assegurar a criação de sistemas de triagem de resíduos de construção e demolição, pelo menos, para a madeira, as frações minerais (betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos, pedra), o metal, o vidro, o plástico e o gesso”. Até 31 de dezembro de 2024 devem ser fixadas metas para a reutilização e reciclagem de resíduos de construção e demolição (55% em peso até 2025; 60% até 2030; e 65% até 2035) (PEC, 2018).

2.13. Recuperação de RCD

2.13.1. Considerações Iniciais

Os RCD correspondem a cerca de 40% em volume do total dos resíduos sólidos urbanos na União Europeia e no mundo (Crowther, 2000; CEMA, 2008, 2021). Nos EUA nos anos 2000 os resíduos de demolição eram de até 92% de todos os RCD (Kilbert e Chini, 2000; Kilbert, 2002a), sendo somente 8% dos RCD oriundos de novas construções (Kilbert e Languell, 2000) e correspondiam

a até 30% do total dos resíduos urbanos (Guy, 2002) o que significa que a maior parte dos RCD conduzidos para aterro era resultado de demolição.

Os componentes dos RCD possuem duas características: a capacidade de reutilização e a capacidade de reciclagem, sendo a capacidade de reutilização relativa ao reuso no seu estado atual e a capacidade de reciclagem relativa ao potencial de reuso depois de processado (Dolan et al., 1999)

Para garantir a reutilização dos RCD, particularmente dos resíduos oriundos dos edifícios antigos, é importante assegurar que os RCD sejam recuperados com o maior valor agregado (intrínseco) possível (Kilbert e Languell, 2000). Dentre os valores intrínsecos dos RCD, este trabalho destaca:

- A energia incorporada;
- O valor histórico, social e cultural;
- O valor intrínseco ou económico.

Para preservação do máximo valor intrínseco dos RCD é necessária a implementação de uma eficiente gestão. A Comissão Europeia (2016) estabelece quatro passos para a gestão de RCD em obras:

- 1) Auditoria pré-demolição e elaboração de plano de gestão de resíduos;
- 2) Remoção de resíduos perigosos;
- 3) Demolição seletiva;
- 4) Separação no local e armazenagem adequada.

A auditoria pré-demolição é a fase que determina o que será recuperado durante os trabalhos de desmontagem, já o plano de gestão determina como devem ser feitas as atividades para assegurar a maior taxa possível de recuperação de RCD (CE, 2016). Desde os anos 2000 têm vindo a ser desenvolvidas ferramentas para avaliação dos potenciais de recuperação material. Uma ferramenta que merece destaque é a SMARTWasteTM, desenvolvida pelo *UK Building Research Establishment* - BRE, que tem por objetivo determinar os diferentes tipos e quantidades de RCD a serem recuperados, custos, geração de RCD no tempo, geração de RCD por edifício, indicadores de desempenho ambiental e principais produtos desperdiçados (Hurley et al., 2002).

Para auxílio na realização de auditorias de pré-demolição, podem ser usadas ferramentas baseadas na tecnologia BIM (*building information modeling*, ou “modelagem de informações de construção”¹⁵), como o proposto por Cheng e Ma (2013). Esse tipo de ferramenta recria um modelo em três dimensões do edifício, com informações relativas às dimensões da estrutura, paredes, instalações, caixilharia e todos os elementos constituintes da construção e associa detalhes relativos aos materiais construtivos. Esse tipo de proposta tem a vantagem de fornecer uma relação dos tipos

¹⁵ Tradução da autora.

de materiais e seus volumes finais de demolição para estimativa de encaminhamento de cada material para um tratamento específico consoante seu estado e valor de mercado.

A gestão de RCD pode ser feita através do uso de ferramentas para criação de planos de gestão e guiões, recolha de dados de resíduos, estimativa de volume através da densidade média dos materiais, avaliação do impacte ambiental, até mesmo ferramentas de geolocalização (Hurley et al., 2002; Akinade et al., 2018). Infelizmente, ainda segundo Akinade et al. (2018 e 2019), as ferramentas existentes para gestão de RCD não utilizam tecnologia BIM, resultando em dados imprecisos.

Em 2013 a Rede Europeia de Empresas de Construção para Pesquisa e Desenvolvimento – ENCORD publicou um guião para medição e elaboração de relatórios de gestão de RCD para reutilização, reciclagem e recuperação em obras de construção e demolição. O objetivo das informações apresentadas é auxiliar as empresas de construção da União Europeia para a obtenção de uma maximização no reaproveitamento de seus resíduos (ENCORD, 2013). Este guião fornece indicações para a elaboração dos relatórios de acordo com o nível de detalhe das informações, que podem variar entre “pouco detalhadas” (somente separação entre as quantidades de RCD perigoso e não-perigosos); “detalhe básico” (separação entre o tipo de obra: construção, demolição ou reabilitação, e as quantidades de resíduos perigosos ou não-perigosos); “detalhe intermédio” (onde cada tipo de obra tem seus resíduos detalhados entre perigosos, não-perigosos não-inertes e não-perigosos inertes) e “muito detalhados”, onde são relacionados os códigos dos resíduos de acordo com os códigos do Catálogo Europeu de Resíduos¹⁶ (EWC Codes).

Para a correta recuperação de RCD é necessária a separação de acordo com os tratamentos que posteriormente serão necessários para reinserção do material no mercado: solos necessitam ser limpos; aço, chapas metálicas e ladrilhos devem ser separados para reutilização; materiais que serão reutilizados para a mesma finalidade, como metais, papéis e vidros devem ser separados de materiais que serão reutilizados para finalidades diferentes das originais; materiais que serão destinados para incineração devem ser separados dos materiais cujo destino é o aterro (CE, 2016).

2.13.2. Energia Incorporada nos Materiais

O primeiro valor intrínseco associado aos RCD destacado neste trabalho é a energia incorporada. A energia incorporada nos materiais de construção pode ser definida como o investimento energético necessário para o fabrico dos materiais, incluindo a energia necessária para extração de matérias-primas, processamento dos materiais, transporte e fabrico direto (Crowther, 2000 e 2015). Resíduos de demolição, quando encaminhados para aterro, acarretam a perda de toda a energia

¹⁶ No original “European Waste Catalogue”. Tradução da autora.

incorporada (Roussat et al., 2009). A Figura 2.8, adaptada de Crowther (1999a), ilustra as entradas de energia nos materiais e processos construtivos de um edifício.

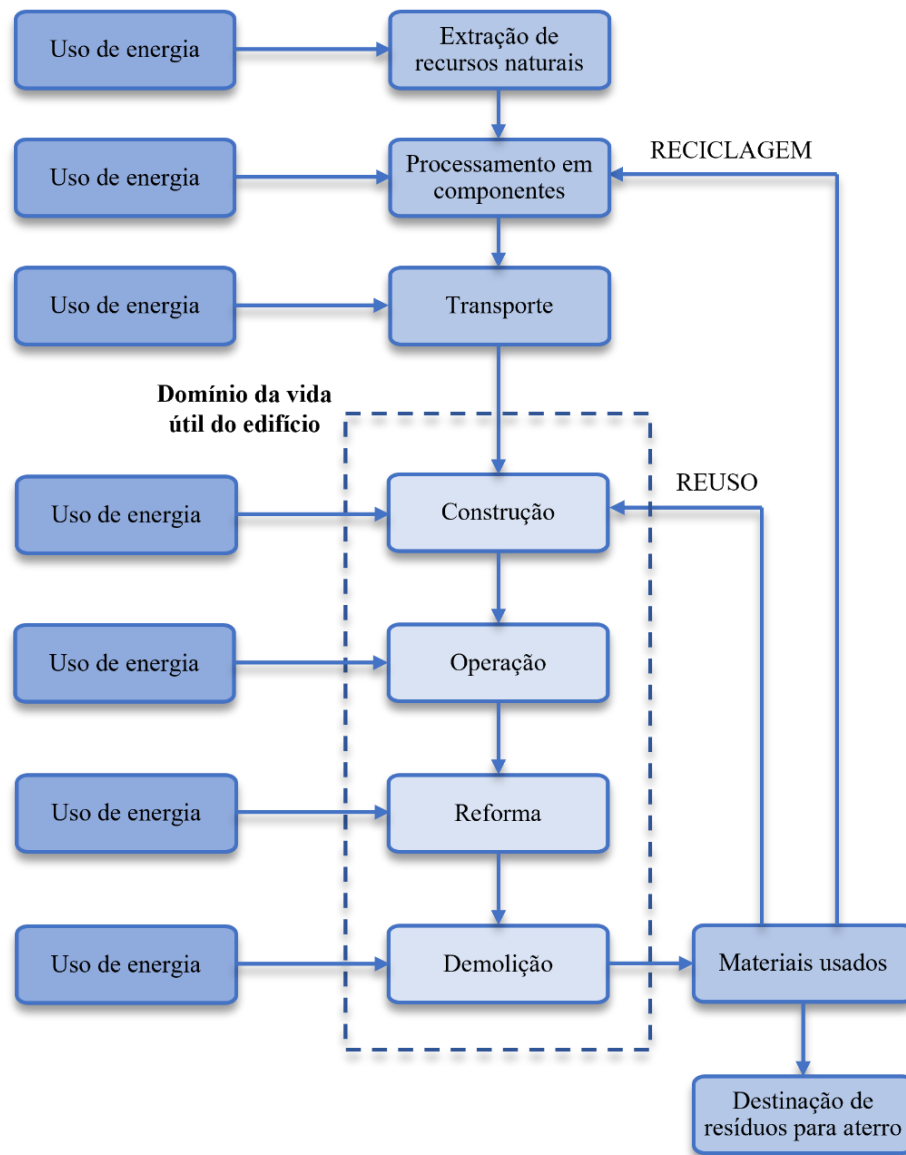


Figura 2.8 - Entradas de energia nas diferentes fases de vida de um edifício. Fonte: Crowther (1999a).

Crowther (2015) considera que a energia necessária para a operação de um edifício não é a única relevante e que a energia usada na sua construção é comparativamente pequena. O consumo de energia incorporada é mais significativo do que se pensava (Troy et al., 2003).

Segundo Crowther (2015), a energia incorporada nos materiais de construção está distribuída pelos diferentes elementos do edifício, como estrutura, envolvente e instalações, e apesar da sua curta vida útil, certos sistemas são responsáveis por grande parte da energia incorporada total. Se os edifícios fossem projetados para a desmontagem, o potencial de recuperação da energia incorporada

seria da ordem de 25 a 50 %. A reutilização de materiais para o mesmo propósito original poderia salvar até 95% da energia incorporada, já que se verifica pouco ou nenhum reprocessamento envolvido.

2.13.3. Valor Histórico e Social

De acordo com a Direção Geral do Património Cultural, o património arquitetónico tem valores associados de ordem histórica, urbanística, arquitetónica, etnográfica, social, industrial, técnica, científica e artística (DGPC, 2021). Alguns dispositivos legais, como a Lei n.º 107/2001 (AR, 2001), que “estabelece as bases da política e do regime de proteção e valorização do património cultural”; o Decreto-Lei n.º 139/2009 (MC, 2009), que “estabelece o regime jurídico de salvaguarda do património cultural imaterial”; e o Decreto-Lei n.º 149/2015 (PCM, 2015), que altera o Decreto-Lei n.º 139/2009 mostram a preocupação do Governo de Portugal com a preservação do património cultural imaterial, onde se incluem os edifícios do parque habitacional português.

Com a entrada em vigor dos dispositivos legais, as restrições a demolições, alterações e mesmo o uso do edificado antigo, particularmente do classificado, ficaram mais limitadas. Segundo o Núcleo de engenharia Sísmica e Dinâmica de Estruturas do LNEC, todo o património construído, classificado ou não, é uma referência histórica importante tanto do ponto de vista social, como técnico (LNEC, 2005a).

Os RCD, particularmente dos edifícios antigos, carregam em si parte do valor histórico e social dos edifícios dos quais fizeram parte. Segundo Fatta et al. (2003), as características históricas e culturais são importantes fatores para classificação dos RCD.

Em Portugal, para conservação dos valores históricos e sociais de RCD, existem alguns programas, como o Repositório de Materiais do Porto, que pretendem salvaguardar e valorizar materiais provenientes de obras de demolição ou reabilitação com potencial de reutilização (Repositório de Materiais, 2021). De entre os objetivos do projeto estão:

- Salvar e disponibilizar materiais de construção antigos, possibilitando reabilitar edifícios com materiais contemporâneos da sua construção, alguns com particular valor patrimonial.
- Proteger e valorizar o património construído de forma integrada: estrutura e arquitetura, interior e exterior.

Já a Câmara Municipal de Aveiro, em associação com a Universidade de Aveiro (UA) e Direção Geral do Património Cultural (DGPC), entre outras instituições, lançou em 2007 o Plano de Preservação e Salvaguarda do Azulejo de Aveiro – Banco do Azulejo (Projeto SOS Azulejo, 2021). O Projeto SOS Azulejo considera que o “Património Azulejar português é de uma riqueza e valor

incalculável, ocupando um lugar de relevo não só no Património Histórico e Artístico do nosso país, como no Património da Humanidade”.

Outros países adotaram iniciativas para a conservação do valor histórico e social dos edifícios antigos em fase de fim de vida útil. Um exemplo aconteceu em 2013, quando arquitetos australianos recortaram cuidadosamente pedaços quadrados de alvenaria de tijolos cerâmicos de uma construção histórica que foi demolida e utilizaram para “montar” uma nova construção, conforme mostra a Figura 2.9 (Ucer et al., 2018). Tal decisão vanguardista não só evitou o descarte de materiais antigos, como carregou o valor histórico e cultural do antigo edifício para uma nova construção (Ucer et al., 2018).

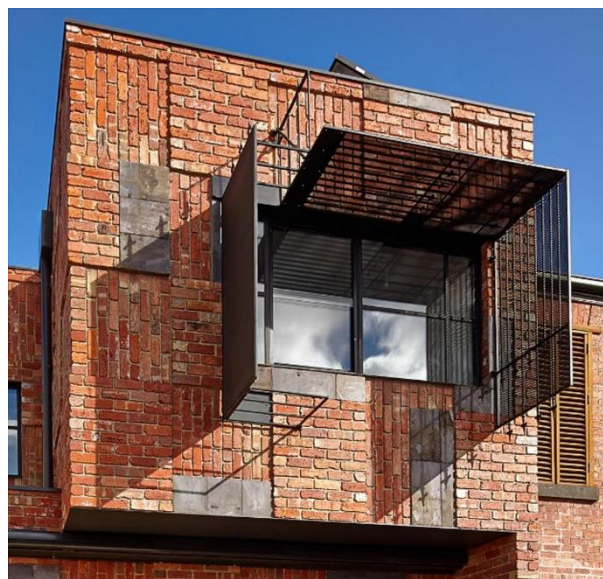


Figura 2.9 - Cubo House, Austrália. Fonte: Ucer et al. (2018).

Edifícios antigos, por fazerem parte da cultura e história dos locais onde se encontram, fazem parte do património cultural imaterial (Creba et al., 2019). Como tal, os elementos e materiais constituintes destes edifícios também possuem valores históricos e sociais a serem recuperados. Ross (2020) destaca que edifícios existentes, em especial aqueles com valores históricos e sociais não devem ser considerados apenas como fonte de matéria-prima, mas devem ter os valores históricos e sociais transferidos para os elementos e materiais recuperados.

2.13.4. Valor Económico

O terceiro dos valores intrínsecos relacionados aos RCD destacados neste trabalho são os valores económicos, ou seja, relacionados ao retorno económico pela venda ou comércio de RCD.

Os RCD são heterogéneos e cada tipo de resíduo, de acordo com suas condições e composição é adequado para destinos diversos. O Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA (USACE, 2005)

relacionou os tipos de materiais mais comumente recuperados em trabalhos de desconstruções, conforme a Tabela 2.5.

Tabela 2.5 - Relação entre material ou componente recuperado de desconstruções e seu destino preferencial. Fonte: USACE (2005).

Reutilização	Reciclagem
<ul style="list-style-type: none"> • Grandes peças de madeira. • Peças de madeira tratadas com dimensões comerciais. • Metais e estruturas metálicas. • Tijolos e alvenaria. • Telhas. • Painéis de madeira, molduras e acabamentos. • Revestimentos de piso em madeira. • Tapumes. • Armários e carpintaria. • Equipamentos elétricos e de iluminação. • Equipamentos de canalização e bronze. • Janelas, portas e caixilharia. • Ductos de aquecimento. • Antiguidades arquitetónicas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Betão. • Madeiras de pequenas dimensões. • Drywall de gesso. • Alcatifas. • Betão estrutural. • Vergalhões de ferro. • Tijolos e argamassas. • Material de cobertura. • Material de isolamento. • Telhas. • Vidro. • Lâmpadas fluorescentes. • Restos de metais. • Cabos elétricos. • Canalizações de cobre ou outros metais.

Já a Tabela 2.6, com informações coletadas de USACE (2005) e Gayakwad e Patil (2012) exemplifica as finalidades mais frequentes para cada tipo de material recuperado em desconstruções.

Durante o planeamento e execução de atividades de desconstrução é importante clareza na definição de quais materiais são apropriados à reutilização e quais servem somente para reciclagem do ponto de vista do retorno económico (USACE, 2005). Deve ser dada prioridade para os usos mais nobres se o material for adequado, em detrimento do encaminhamento para reciclagem ou aterro, conforme se observa nas Tabelas 2.5 e 2.6. Para isso são necessários a separação e o cuidado para não danificar os materiais e componentes durante a recuperação na desconstrução (Chini e Bruening, 2003).

Tabela 2.6 - Relação entre o material recuperado em desconstruções e seus usos mais difundidos.
Fontes: USACE (2005); Gayakwad e Patil (2012).

Material	Finalidade
Madeira	<ul style="list-style-type: none"> • Estruturas de cobertura. • Lenha para recuperação energética. • Palha. • Enchimento para compostagem. • Fabrico de produtos de madeira. • Produtos alternativos feitos com madeira, como placas de MDF e compensado.
Betão	<ul style="list-style-type: none"> • Base para pavimentação de estradas e rodovias. • Material para preenchimento. • Agregados para argamassas. • Agente neutralizador. • Enrocamento.
Tijolos	<ul style="list-style-type: none"> • Base para pavimentação de estradas e rodovias. • Material para preenchimento. • Agregados.
Pedras naturais	<ul style="list-style-type: none"> • Alvenaria. • Jardins e urbanismo. • Acabamentos.
Metais	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilização depois de recuperados. • Matéria-prima para refundição. • Ferros-velhos.
Vidro	<ul style="list-style-type: none"> • Reutilização de janelas e espelhos. • Material granular aditivo. • Fibra de vidro. • Catadióptricos. • Alcatrão vítreo.
Alcatrão para impermeabilização	<ul style="list-style-type: none"> • Alcatrão para rodovias.
Gesso	<ul style="list-style-type: none"> • Regulador de acidez para solos. • Aditivo para betão. • Fabrico de Drywall.
Cascalho	<ul style="list-style-type: none"> • Agregado para preenchimento e base de pavimentações. • Pavimentação de entradas para carros. • Base filtrante. • Material para cobertura de aterros.
Papel cartão	<ul style="list-style-type: none"> • Massa para fabrico de papel reciclado.

A partir da preservação de seus valores intrínsecos, os componentes recuperados podem ser reintroduzidos na cadeia produtiva. Tal reintrodução será referida como “economia circular” neste trabalho.

2.14. Economia Circular

2.14.1. Considerações Iniciais

Uma das formas de aproveitar os valores intrínsecos dos RCD é sua reintrodução no ciclo económico. Para isto é necessário o conhecimento de conceitos norteadores, como o da economia circular.

Economia circular pode ser definida como um modelo económico que rejeita a forma linear de consumo, onde a matéria-prima é extraída, manufaturada, em seguida descartada. Este modelo tem como objetivos o aumento da vida útil de produtos, evitando a geração de resíduos e estimulando a inserção de produtos em segunda-mão nos processos produtivos (Cossu e Williams, 2015).

Segundo (Whalen e Whalen, 2018), este conceito teve origem com o economista Kenneth Boulding em 1960 referindo-se ao planeta Terra como um sistema fechado, entretanto dinâmico, cujas entradas energéticas para os processos devem ser tratadas de maneira cíclica, ou seja, os resíduos de um processo produtivo devem ser utilizados como matérias-primas para outros processos produtivos.

A Figura 2.10, adaptada de Cossu e Williams (2015), representa a relação entre os diversos conceitos relacionados direta e indiretamente com a economia circular.

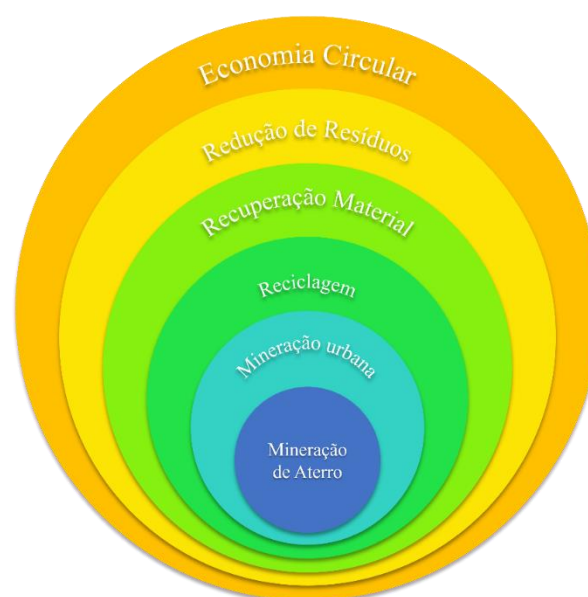


Figura 2.10 - Conceitos relacionados com a economia circular. Fonte: Cossu e Williams (2015).

De acordo com Kalmykova et al. (2018), algumas estratégias para reaproveitamento dos resíduos num sistema de economia circular são: ligações diversas e cruzadas entre sectores económicos; priorização na escolha de produtos sustentáveis; avaliação do ciclo de vida de produtos; substituição de matérias-primas por outras mais renováveis; taxação de produtos não recicláveis ou que não incorporem resíduos reciclados em sua composição; subsídios e isenções para produtos recicláveis e que incorporem resíduos recicláveis em sua composição.

Apesar de muito discutida, a implantação da economia circular na União Europeia não tem tido muito sucesso (Kirchherr et al., 2018). De acordo com Kirchherr et al. (2018), as principais barreiras encontradas pelo mercado e legisladores à adoção da economia circular como norma são o desconhecimento e pouco interesse dos consumidores por material em segunda-mão, o que se traduz na falta de legislação que acelere a transição. A economia circular encontra barreiras culturais (pouco conhecimento e interesse em materiais recuperados), regulamentares (leis que dificultam a reintrodução de materiais recuperados em novos processos produtivos), mercadológicas (pouca disponibilidade de materiais em segunda-mão) e tecnológicas (desinteresse em desenvolvimento de tecnologias mais eficazes de recuperação de materiais).

Segundo Kirchherr et al. (2017), a adoção da economia circular age positivamente nos três pilares da sustentabilidade: conservação ambiental, justiça social e viabilidade económica, pois opera no nível micro (influencia produtos, empresas e consumidores), no nível meso (criação de parques industriais ecológicos) e no nível macro (altera paradigmas de cidades, regiões, países e além). A implantação de práticas de economia circular estimularia a revalorização de resíduos urbanos, incluindo os oriundos de construção e demolição (Bartl, 2015), criaria oportunidades de negócios, postos de trabalho, diminuiria o custo para recuperação de resíduos, melhoraria a disponibilidade de materiais reaproveitados para o mercado enquanto reduziria impactes ambientais (Kalmykova et al., 2018).

A economia circular não se apoia somente na gestão de resíduos, mas é impossível o seu sucesso sem esse apoio. Contudo, ainda há países na União Europeia cujos instrumentos de gestão de resíduos ainda não estão suficientemente desenvolvidos. O investimento financeiro necessário para estímulo e implantação de gestão de resíduos urbanos é alto, apesar do retorno ambiental ser muito grande (redução de 13 para 0,5 milhões de toneladas de resíduos conduzidos para aterro) (Bartl, 2015).

Entretanto, a União Europeia, através de dispositivos legais, está a procurar o fortalecimento da economia circular como forma de gestão sustentável de resíduos, nomeadamente dos RCD. Um exemplo é a Diretiva (UE) 2018/851, que logo no seu primeiro parágrafo afirma que um dos objetivos é a promoção da economia circular (PEC, 2018).

Portugal, em particular, também já emitiu diplomas legais no sentido de promover a “adoção de princípios de circularidade e de eficiência de recursos” (PCM, 2021). Em 2017 o Ministério da

Economia criou o Fundo de Inovação, Tecnologia e Economia Circular (ME, 2017). Também em 2017 o Plano de Ação para a Economia Circular foi aprovado pelo Conselho de Ministros (PCM, 2017). O texto do Plano de ação afirma que a economia circular é um conceito estratégico que substitui:

“o conceito de «fim-de-vida» da economia linear por novos fluxos circulares de reutilização, restauração e renovação, num processo integrado, a economia circular é vista como um elemento-chave para promover a dissociação entre o crescimento económico e o aumento no consumo de recursos, relação tradicionalmente vista como inexorável.”

2.14.2. Mineração Urbana

Aliado à economia circular está o conceito de mineração urbana. Mineração urbana é o ato de recuperar componentes e materiais valiosos de “minas” antropogénicas, ou seja, de tudo aquilo que foi fabricado pelo homem, sejam produtos, infraestrutura ou mesmo edifícios. Este conceito está fortemente relacionado com a economia circular (Cossu e Williams, 2015) e com mecanismos de gestão de resíduos urbanos, como legislações específicas, políticas e planeamento municipal (Arora et al., 2017).

A recuperação de recursos do ambiente modificados pelo homem é uma alternativa interessante do ponto de vista ambiental, já que reduz a necessidade de exploração de matérias-primas virgens e, paralelamente, reduz os custos de transporte, visto que os pontos de extração, como pedreiras e minas, podem distar muito dos pontos de utilização (Koutamanisa et al., 2018). A mineração urbana é também uma oportunidade para inserção de mão-de-obra pouco qualificada no mercado de trabalho, com estímulo à justiça social, ao trabalho justo e à economia solidária, incluindo assim os outros dois ramos da sustentabilidade: “viabilidade económica” e “justiça social” (Gutberlet, 2015).

A possibilidade da realização da mineração urbana está profundamente ligada com a viabilidade económica da extração e processamento dos materiais recuperados. RCD apresentam uma grande oportunidade para a mineração urbana, já que são altamente heterogéneos e podem conter materiais, componentes e elementos valiosos (Cossu e Williams, 2015).

Por outro lado, Koutamanisa et al. (2018) destacam alguns constrangimentos à aplicação da mineração urbana a edifícios, principalmente devido ao facto do conceito original estar relacionado com a recuperação de materiais específicos numa massa heterogénea de resíduos que, no caso de edifícios, seria resultado da escolha pela demolição tradicional:

- Seria improvável que canalizações e instalações de cobre e ferro fossem desmontadas puramente com o objetivo de recuperação dos metais em edifícios ainda funcionais ou com possibilidade de recuperação;

- A mineração urbana não pode ser um estímulo à demolição de edifícios com valor histórico, sejam eles classificados ou não;
- Edifícios têm uma longa vida útil e sofrem inúmeras reparações que lhes acrescentam e retiram elementos e materiais, sendo, portanto, difícil determinar imediatamente o que possa haver de valioso num edifício para ser minado;
- Edifícios estão dispersamente distribuídos e têm características extremamente heterogêneas consoante sua data de construção e localização geográfica.

2.14.3. Mercado de Troca de Materiais

Associado ao sucesso de adoção da desconstrução como sistema prioritário para o fim de vida útil de edifícios e à preservação dos valores dos materiais é necessária a implantação de um mercado acessível para a venda e troca de materiais (USACE, 2005). O desenvolvimento de mercados para venda e troca de materiais de construção recuperados de demolições seletivas é uma das opções para a gestão de RCD (Shooshtarian et al., 2020). Mercados bem estabelecidos têm o papel de estimular a procura por diferentes tipos de elementos e materiais para reuso e reciclagem (Kowalczyk et al., 2000). Estes possuem um bom fornecimento, uma boa distribuição e uma procura bem estabelecida de elementos e materiais recuperados (Macozoma, 2001).

Segundo Shooshtarian et al. (2019) os quatro países líderes no desenvolvimento de mercados de trocas de materiais são os EUA, França, Reino Unido e Canadá. A ferramenta chamada MarketplaceHUB (<https://marketplacehub.org>) identifica redes de trocas de resíduos no mundo inteiro.

A Tabela 2.7, elaborada com dados de Shooshtarian et al. (2020), mostra as principais plataformas *online* de comércio de resíduos e onde estas estão localizadas.

Quanto melhor estabelecido estiver o mercado, maior a quantidade de pontos de distribuição para os materiais recuperados (USACE, 2005). A procura pelos materiais recuperados deve ser suficiente para cobrir os custos de criação e manutenção dos pontos de distribuição (Chini e Bruening, 2003; Begum et al., 2006).

Segundo a Agência de Proteção Ambiental da Califórnia – CEPA (2001), alguns fatores limitam a procura por materiais recuperados através da demolição seletiva:

- Falta de conhecimento público ou dos empreiteiros sobre a disponibilidade de materiais recuperados;
- Pouca diferença de preço entre materiais novos e recuperados;
- Indisponibilidade de materiais recuperados específicos quando necessários ou indisponibilidade de material recuperado em quantidade suficiente;
- Pouco conhecimento sobre as vantagens ambientais no uso de materiais recuperados;

- Depreciação dos materiais recuperados em relação aos novos.

Tabela 2.7 - Plataformas internacionais de comércio de materiais de segunda-mão.
Fonte: Shooshtarian et al. (2020).

Nome da Plataforma	Endereço eletrónico	Localização
2Good2Waste	https://2good2waste.com	EUA
Austin Materials Marketplace	http://austintexas.gov/zerowaste	EUA
Backacia	https://www.backacia.com	França
MarketplaceHub	https://marketplacehub.org	Internacional
Materials Marketplace	https://go.materialsmarketplace.org	EUA
Mjunction	https://www.mjunction.in	India
National Industrial Symbiosis Program	http://www.nispnetwork.com	Internacional
Salza	https://www.salza.ch	Suíça
SMILE	http://smileexchange.ie	Ireland

Para a implantação de mercados de trocas de materiais em segunda-mão é necessário estimar o seu valor de venda. Valor de venda que depende da quantidade, qualidade, condições e do tipo de material recuperado (USACE, 2005). Como exemplo, pode ser referir que algumas madeiras antigas tratadas após recuperadas apresentam qualidades incomparavelmente superiores às das madeiras novas e podem ser usadas em novos projetos e reabilitações (CEPA, 2001).

De acordo com NAHB (1997), Kilbert e Languell (2000) e Macozoma (2001), a avaliação da qualidade do material recuperado pode ser feita com base na comparação destes com materiais novos, conforme mostra a Tabela 2.8.

De acordo com o Corpo de Engenheiros do Exército dos EUA (USACE, 2005), os preços dos materiais recuperados variam conforme as influências dos mercados externos, capacidade de extração de matérias-primas e capacidade de reciclagem da indústria estabelecida, localização geográfica, custos de transporte, procura de matérias-primas para produção e desastres naturais.

Para o estabelecimento do mercado de troca e venda de materiais recuperados e o desenvolvimento de ferramentas para facilitar o contacto entre produtores e consumidores é necessário o apoio governamental através da publicação de legislação que estimule a demolição seletiva e a opção por materiais recuperados, seja através de taxa para a demolição tradicional, seja através de incentivos fiscais para a produção incluindo produtos recuperados. A utilização em obras públicas de resíduos recuperados poderia também ser um exemplo a seguir (Caldera et al. 2019). Os esforços da União Europeia neste sentido podem ser observados na publicação do Regulamento N.º

305/2011, de 9 de março de 2011 (PECU, 2011), que “estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção”.

Tabela 2.8 - Determinação da qualidade do material recuperado.
Fonte: NAHB (1997); Kilbert e Languell (2000); Macozoma (2001).

Qualidade do Material	Percentagem do valor de revenda de um material novo equivalente (%)	Descrição
Baixa qualidade	10 - 25	Materiais recuperados cujo valor representa uma pequena fração do valor de materiais novos equivalentes em função da sua condição atual ou do valor inicial.
Boa qualidade	50 - 85	Materiais recuperados cujo valor representa uma fração significativa do valor de materiais novos equivalentes. Estes materiais tem a capacidade de substituir plenamente o uso de materiais novos. Seu emprego prévio não influencia a maneira que eles podem ser reusados.
Alta qualidade	> 100	Materiais recuperados cujo valor ultrapassa o de novos materiais equivalentes. O valor destes materiais aumentou por terem se tornado raros, ou por materiais novos equivalentes serem caros, ou pelo alto valor de reprocessamento.

Shooshtarian et al. (2019) refere sete fatores que influenciam diretamente o estabelecimento de um mercado de troca de materiais bem-sucedido, sendo eles:

- Suporte regulamentar governamental adequado;
- Responsabilização alargada ao produtor de RCD;
- Criação de uma rede de fornecimento efetiva;
- Estímulo governamental a programas de compras sustentáveis;
- Investimento público e governamental em desenvolvimento de novas tecnologias e de infraestrutura;
- Investimento público e governamental em investigação e desenvolvimento;
- Criação de taxas governamentais para condução para aterro.

Caldera et al. (2019) descreve algumas condições favoráveis e desfavoráveis à implementação de um mercado de comércio e troca de RCD, assim como aponta os responsáveis pela facilitação ou barreira a tal implementação, conforme a Tabela 2.9.

Tabela 2.9 - Mercado de trocas de RCD: facilitação e barreiras. Fonte: Caldera et al. (2019).

Resp.	Condições favoráveis	Condições desfavoráveis
Governança	<ul style="list-style-type: none"> Políticas de favorecimento de projetos com vista à sustentabilidade e adoção de sistemas de avaliação da sustentabilidade de projetos. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de legislação aplicável e de fiscalização para geradores de RCD.
	<ul style="list-style-type: none"> Maior rigor em fazer cumprir medidas legais e fiscais ligadas à sustentabilidade das edificações. 	<ul style="list-style-type: none"> Estratégias políticas de gestão, recuperação e reciclagem de RCD imaturas.
	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecimento dos requisitos legais ligados à sustentabilidade das construções. 	<ul style="list-style-type: none"> Pouca coordenação entre reguladores e geradores de RCD.
	<ul style="list-style-type: none"> Taxação tanto para o uso de agregados virgens, quanto para a condução para aterro de materiais reutilizáveis e recicláveis. 	<ul style="list-style-type: none"> Pouca colaboração institucional.
	<ul style="list-style-type: none"> Subsídio a empresas viradas para reuso e reciclagem de RCD. 	<ul style="list-style-type: none"> Excesso de burocracia na relação entre produtores de RCD e consumidores.
Operação	<ul style="list-style-type: none"> Tecnologia e infraestrutura de recuperação e reciclagem de RCD confiável. 	<ul style="list-style-type: none"> Infraestrutura inapropriada para deposição de resíduos e falta de estações de tratamento.
	<ul style="list-style-type: none"> Oferta contínua de material não contaminado. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de um mercado bem estabelecido de recuperação e reciclagem de RCD.
	<ul style="list-style-type: none"> Transporte organizado. 	<ul style="list-style-type: none"> Alta possibilidade de o material recuperado estar contaminado por resíduos perigosos.
	<ul style="list-style-type: none"> Mão-de-obra responsável. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de motivação, conscientização e incentivos para gestão de RCD.
	<ul style="list-style-type: none"> Comunicação efetiva e recrutamento de partes interessadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de cultura de economia, recursos e de uso otimizado de materiais.
Mercado	<ul style="list-style-type: none"> Aumento da conscientização do consumidor final dos benefícios a curto e longo prazo da opção pelos RCD. 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de um mercado bem estabelecido de recuperação e reciclagem de RCD.
	<ul style="list-style-type: none"> Presença de mercados para diferentes tipos de produtos de demolição, assim como padronização da qualidade dos RCD. 	<ul style="list-style-type: none"> Pouca procura para materiais de construção em segunda-mão.
	<ul style="list-style-type: none"> Esquemas de apoio e segurança. 	<ul style="list-style-type: none"> Atitudes e comportamento negativos das partes interessadas.
	<ul style="list-style-type: none"> Apoio legal, serviços de contabilista, suporte comercial e de marketing. 	<ul style="list-style-type: none"> Custos superiores comparativamente aos métodos estabelecidos de deposição.
	<ul style="list-style-type: none"> Aumento da procura por RCD. 	<ul style="list-style-type: none"> Pouca atenção e sensibilização ao tema, o que resulta em comportamento irresponsável.

Para acompanhar a tendência mundial de estímulo à troca de resíduos, em Portugal foi publicado o Decreto-Lei n.º 210/2009, de 3 de setembro (MAOTDR, 2009) com o propósito de estabelecer o regime de constituição, gestão e funcionamento de um mercado organizado de resíduos, com adesão voluntária, e que tem como objetivo facilitar as trocas de resíduos entre produtores e consumidores.

2.15. Legislação Europeia e Portuguesa

2.15.1. Considerações Iniciais

Os Parlamentos e Entidades Reguladoras elaboram e publicam leis relacionadas com os anseios da população e atendimento de necessidades insurgentes. Com importância crescente das questões ambientais, novas leis foram elaboradas e publicadas. Leis de cariz ambiental, particularmente aquelas que dizem respeito ao setor da engenharia civil demonstram a importância económica e social que tal setor representa na sociedade e respondem à necessidade de regulação da indústria da construção e o respeito a acordos ambientais.

2.15.2. Legislação Europeia sobre Sustentabilidade na Construção Civil

Em 19 de novembro de 2008 foi publicada pelo Parlamento Europeu e pelo Conselho a Diretiva 2008/98/CE (PEC, 2008) cujo objetivo é estabelecer medidas de:

“[...] proteção do ambiente e da saúde humana, prevenindo ou reduzindo os impactes adversos decorrentes da geração e gestão de resíduos, diminuindo os impactes gerais da utilização dos recursos e melhorando a eficiência dessa utilização”.

Entre os tipos de resíduos sólidos objeto desta diretiva estão incluídos os resíduos resultantes de operações de construção e demolição – RCD. Portugal, como membro da União Europeia, comprometeu-se, de acordo com o Artigo 11º, subitem 2, alínea b), a encaminhar para reutilização ou reciclagem 70% em peso dos resíduos de construção e demolição, não perigosos, até 2020 (PEC, 2008).

A Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro (PEC, 2008), estabelece em seu Art. 4º a hierarquia para o tratamento preferencial a ser dado aos resíduos: em primeiro lugar a prevenção e redução; em segundo lugar a preparação para a reutilização; em terceiro lugar a reciclagem; em quarto lugar outros tipos de valorização, como por exemplo a incineração para recuperação energética; em último lugar a eliminação, como por exemplo através da deposição em aterros.

Em 2011 foi publicada a Decisão da Comissão Europeia – 2011/753/EU (CE, 2011), que estabelece regras de cálculo para verificar o cumprimento dos objetivos estabelecidos na Diretiva 2008/98/CE.

Posteriormente foi publicado o Protocolo de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição da União Europeia – EU (CE, 2016), que considera que os RCD constituem o maior fluxo de resíduos na UE, representando cerca de um terço do total de resíduos sólidos produzidos. Dados da Agência de Estatística da União Europeia – Eurostat indicam que a produção de RCD em Portugal no ano de 2014 foi de 1.512.950 toneladas (EUROSTAT, 2016a), e também que foram tratadas 578.780 toneladas de resíduos minerais provenientes de atividades de construção e demolição, sendo 556.519 toneladas submetidas a diferentes tipos de reciclagem e 22.261 toneladas conduzidas para aterro (EUROSTAT, 2016b).

Em 2018 foi publicada a Diretiva (UE) 2018/851, que reforça a necessidade de melhoria e transformação da gestão de resíduos na União Europeia e estimula a alteração para o modelo de economia circular (PEC, 2018). Este diploma legal também faz menção à valorização de materiais (inclusive RCD). Em destaque, o item (12) refere:

“Deverá ser introduzida uma definição de valorização material a fim de abranger formas de valorização que não sejam a valorização energética nem o reprocessamento de resíduos em materiais utilizados como combustíveis ou outros meios de produção de energia. A valorização material inclui a preparação para a reutilização, a reciclagem e o enchimento, bem como outras formas de valorização material como o reprocessamento de resíduos em matérias-primas secundárias para fins de engenharia em construção de estradas ou outras infraestruturas. Em função das circunstâncias factuais específicas, esse reprocessamento poderá enquadrar-se na definição de reciclagem se a utilização dos materiais se basear num adequado controlo da qualidade e cumprir todas as normas, regras, especificações e requisitos aplicáveis em matéria de proteção do ambiente e da saúde para a utilização específica em causa.”

Já em 2019 foi publicada a Decisão de Execução (UE) 2019/1004 da Comissão, de 7 de junho de 2019, que estabelece regras para o cálculo, a verificação e a comunicação de dados sobre resíduos em conformidade com a Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho e que revoga a Decisão de Execução C (2012) 2384 da Comissão (CE, 2019).

2.15.3. Legislação Portuguesa sobre Sustentabilidade na Construção Civil

Em Portugal tem havido uma especial preocupação com a sustentabilidade da indústria da construção civil, o que levou à publicação de diversos diplomas.

Resíduos de construção e demolição - RCD

Em 2006 foi publicado o Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro (MAOTDR, 2006), que estabelece o regime geral da gestão de resíduos. De forma especial, a preocupação com a correta

gestão de RCD é evidenciada pela publicação de diplomas como o Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de março (MAOTDR, 2008), anterior à Diretiva 2008/98/CE, cujo objetivo é estabelecer o:

“[...] regime das operações de gestão de resíduos resultantes de obras ou demolições de edifícios ou de derrocadas, abreviadamente designados resíduos de construção e demolição ou RCD, compreendendo a sua prevenção e reutilização e as suas operações de recolha, transporte, armazenagem, triagem, tratamento, valorização e eliminação.”

Com o objetivo de estimular a troca e valorização de resíduos industriais, foi publicado o Decreto-Lei n.º 210/2009, de 3 de Setembro (MAOTDR, 2009), que “estabelece o regime de constituição, gestão e funcionamento do mercado organizado de resíduos” – MOR. Finalmente, a Diretiva 2008/98/CE, de 19 de Novembro, foi transposta através do Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de Junho (MAOT, 2011), que também altera outros diplomas que se relacionam com a gestão de resíduos sólidos, inclusive o Decreto-Lei n.º 46/2008.

Economia circular

No que respeita à economia circular, desde 2017 têm vindo a ser publicados diplomas legais para estímulo da adoção da economia circular, tais como o Regulamento de Gestão do Fundo de Inovação, Tecnologia e Economia Circular (ME, 2017) e a Resolução do Conselho de Ministros n.º 190-A/2017, que aprova o Plano de Ação para a Economia Circular (PCM, 2017).

Reabilitação de edifícios

Apesar da reabilitação do edificado representar apenas cerca de 6,5% do total das atividades no sector da construção civil em 2014 (MAOTE, 2014a), historicamente tem havido um movimento no sentido de estimular a reabilitação de edifícios. Este movimento traduz-se na publicação de diversos diplomas legais ao longo dos anos para regular e orientar a Reabilitação Urbana, tais como o Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro (MEPAT, 1999), que estabeleceu o então regime jurídico da urbanização e edificação e posteriormente foi revogado pela Lei n.º 13/2000, de 24 de fevereiro (AR, 2000), e em seguida foi substituído pelo Decreto-Lei n.º 177/2001, de 4 de junho (MAOT, 2001).

Um novo regime jurídico para a reabilitação urbana foi aprovado com o Decreto-Lei n.º 307/2009, de 23 de outubro (MAOTDR, 2009b), alterado posteriormente pela Lei n.º 32/2012, de 14 de agosto (AR, 2012), depois pelo Decreto-Lei n.º 136/2014, de 9 de setembro (MAOTE, 2014b). Já o Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril (MAOTE, 2014a) estabeleceu o Regime Excepcional para Reabilitação Urbana – RERU, um conjunto de normas que dispensava as obras de reabilitação urbana do cumprimento de determinadas diretivas técnicas, e foi posteriormente alterado pelo Decreto-Lei n.º 194/2015, de 14 de setembro (MAOTE, 2015). O Regime Excepcional para Reabilitação Urbana – RERU foi aprovado pelo Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril (MAOTE, 2014a) o para incentivar proprietários a reabilitarem o edificado ao invés de abandonarem edifícios

com mais de 30 anos cujo atendimento a diretivas técnicas fosse difícil ou impossível, entretanto o RERU já não está mais em vigor.

Em 2017 foi publicada a Lei n.º 79/2017, de 18 de agosto (AR, 2017), que procede à décima terceira alteração ao Regime Jurídico da Urbanização e Edificação, aprovado pelo Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro.

O Decreto-Lei n.º 150/2017 (MAOTE, 2017), que regulamentou a Resolução do Conselho de Ministros n.º 48/2016 (PCM, 2016), estimula a criação de condições favoráveis para a reabilitação de imóveis com um deficiente estado de conservação e a conseqüente impossibilidade da sua utilização de forma salubre e segura, tanto do ponto de vista da saúde pública e como da segurança individual dos seus utilizadores e ocupantes. Tal preocupação com a qualidade e segurança do parque edificado tem conduzido a ações de alienação de propriedades privadas para o Estado, para serem adequadamente reabilitadas (MAOTE, 2017).

Já em julho de 2019 foi publicado pelo Conselho de Ministros o Decreto-Lei n.º 95/2019 que estabelece um regime aplicável às operações de reabilitação de edifícios ou de frações autónomas, transformando a reabilitação em regra e revogando o Decreto-Lei n.º 53/2014 (PCM, 2019). Tal diploma legal definiu como um dos seus objetivos estratégicos criar as condições para que a reabilitação seja a principal forma de intervenção do edificado e do desenvolvimento urbano (PCM, 2019).

O Decreto-Lei n.º 95/2019 (PCM, 2019), no seu Artigo 4º esclarece que, entre os princípios fundamentais de reabilitação de edifícios e frações autónomas, a proteção e valorização das construções assenta no reconhecimento dos valores artísticos ou estéticos, científicos ou tecnológicos e socioculturais de tais construções. Baseado nisto, o mesmo Decreto-Lei, no Artigo 5º, item 3, determina que:

“No fim da vida útil de componentes ou partes da construção, esgotadas as soluções de manutenção e reabilitação, devem ser privilegiadas ações de desconstrução ou desmontagem, de modo a responder aos objetivos previstos no número anterior, em detrimento da demolição, ainda que seletiva.”

Em consequência, em fevereiro 2021, foi publicada a Resolução do Conselho de Ministros n.º 8-A/2021 (PCM, 2021) com o objetivo de lançar a Estratégia de Longo Prazo de Renovação dos Edifícios (ELPRE). No seu texto destacam-se as ações para apoio na implementação de medidas de renovação do edificado, e que devem ser respeitadas tanto por cidadãos, quanto por entidades públicas e privadas. Dentre tais ações, destaca-se a necessidade de apoiar medidas que promovam a reutilização de componentes de obra através, por exemplo, de acordos entre os municípios e empresas para:

- i. [promover o*] armazenamento de componentes retirados de obras de demolição/reabilitação;
- ii. [estabelecer*] critérios para manutenção;
- iii. [definir critérios para*] catalogação e referenciação; e
- iv. [estimular a*] divulgação.

* (O texto entre chaves foi adicionado pela autora)

A “Estratégia de Longo Prazo para a Renovação dos Edifícios” (PCM, 2021) reafirma o compromisso de Portugal em atingir a neutralidade carbónica até 2050, além de incentivar a elaboração de estratégias e melhorias que reduzam os impactes ambientais e aumentem a durabilidade e reciclabilidade dos componentes dos edifícios.

2.16. Nota Final

A parcela não classificada dos edifícios antigos do parque habitacional português merece atenção, pois carrega valores históricos e culturais (UNESCO, 2021). Em 2011 mais da metade dos edifícios antigos necessitava intervenção moderada a severa (INE, 2011).

A reabilitação do edificado antigo com preservação dos valores intrínsecos passa pelo respeito à compatibilidade de materiais e técnicas originais (Tavares et al., 2013). Nem todos os edifícios antigos se encontram em condições de serem reabilitados: alguns chegam inevitavelmente ao fim de sua vida útil (Miatto et al., 2017). A realidade é que, em alguns casos, a intervenção para manutenção ou reabilitação não é suficiente para garantir a segurança e salubridade da edificação antiga. Nestes casos, após avaliação aprofundada, deve ser tomada a decisão consciente de decretar o fim da vida útil de tal edifício.

Não só é importante separar os edifícios antigos aptos e inaptos a serem reabilitados, como é necessário que aqueles inaptos à reabilitação tenham preservados os seus valores intrínsecos por meio do reaproveitamento de componentes recuperados.

Uma forma de garantir a preservação dos valores intrínsecos de componentes oriundos de edifícios antigos é o respeito pela hierarquia de valorização dos materiais (PEC, 2018). Através da correta gestão e recuperação de RCD é possível preservar a energia incorporada, o valor histórico e social e o valor económico (CE, 2016).

Os componentes recuperados podem ser reintroduzidos no ciclo produtivo por meio da adoção de ferramentas de economia circular (Bartl, 2015), como a mineração urbana e o estabelecimento de mercados de vendas e trocas de materiais. Nota-se o crescimento de publicação de diplomas legais, tanto no âmbito da União Europeia, quanto do Governo Português no sentido de estimular a economia circular (PCM, 2017; PEC, 2018).

Como opção de fim de vida dos edifícios antigos, deve ser adotada (salvo exceções comprovadas tecnicamente) a desconstrução ou desmontagem para preservação dos valores histórico, social, económico e da energia incorporada aos matérias e elementos. Para avaliar tais valores é necessário conhecer as técnicas construtivas assim como os materiais e elementos utilizados.

CAPÍTULO 3 - DESCONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

DESCONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

3.1. Enquadramento

3.2. Definições de Desconstrução

3.3. Principais Partes Envolvidas na Desconstrução

3.4. Aspetos Económicos da Desconstrução

3.5. Aplicabilidade da Desconstrução a Diferentes Tipos de Edifícios

3.6. Técnicas de Desconstrução

3.7. Viabilidade e Diferentes Fases de Aplicação dos Critérios de Desconstrução

3.8. Vantagens na Adoção da Desconstrução

3.9. Constrangimentos para a Desconstrução

3.10. Exemplos de Adoção da Desconstrução no Mundo

3.11. Nota Final

3. DESCONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS ANTIGOS

3.1. Enquadramento

Para efeitos deste trabalho, os termos “desconstrução”, “demolição seletiva” e “desmontagem” serão usados de forma intercambiada e com o mesmo sentido. Associado à demolição seletiva ou desmontagem é introduzido neste trabalho o conceito de “desmontabilidade”, que é a capacidade de um edifício de ser desmontado na ordem inversa em que foi montado quando foi construído.

Outro importante esclarecimento que necessita ser referido diz respeito aos seguintes termos utilizados durante este trabalho:

- **Materiais:** são porções homogéneas de uma construção que não podem ser decompostas em outros diferentes materiais, por exemplo madeira, tijolos, barras de metais, etc.
- **Elementos:** são conjuntos de materiais unidos por conexões e podem ser compostos do mesmo tipo de material. São exemplos de elementos caixilharias, tesouras de telhado, etc.
- **Componentes:** tanto se refere a materiais quanto a elementos e pode ser usado para descrever o conjunto de materiais e elementos num mesmo contexto.

Segundo Ross (2020), o desenvolvimento urbano está a levar a demolições de milhares de edifícios todos os anos. Os RCD resultantes das demolições, no melhor dos cenários, são usados como agregados ou bases para pavimentação. Entretanto, edifícios são fontes de materiais e componentes que poderiam ser recuperados por meio da mineração urbana e tais itens poderiam ser reutilizados como matéria-prima para outras obras de construção, reabilitação e remodelações (Gorgolewski, 2018).

É importante destacar que, particularmente a respeito de edifícios antigos, a preservação e conservação devem ser as primeiras estratégias anteriores à desconstrução. Edifícios com elevados valores históricos e sociais e arquitetura característica devem ser deixados intactos. O reuso adaptativo de construções históricas facilita a preservação destas construções (Fournier e Zimmnicki, 2004). É importante a coordenação entre a desconstrução e as fundações governamentais responsáveis pela conservação do património cultural (Sherman, 1998).

O uso adaptado de edifícios antigos também ajuda a prevenir a necessidade de construção de novos edifícios, que consomem muitos recursos naturais. Além disto, o facto de os edifícios antigos estarem localizados em sítios que já possuem ligação com redes públicas de abastecimento e

transporte é mais uma vantagem para a escolha pela reabilitação e uso adaptado (Fournier e Zimnicki, 2004).

De acordo com Couto e Couto (2010), serão necessárias algumas ações estratégicas para a implantação da desconstrução em Portugal, tais como a aprovação de legislação específica, criação de meios de fiscalização e auditorias oficiais; treino tanto de empresas, como de mão-de-obra; educação e divulgação dos benefícios da desconstrução; aumentos das taxas para condução para aterro de materiais recuperáveis e multas severas para infratores; e considerar os aspetos de benefícios ambientais como importantes nas contratações públicas.

Segundo NAHB (1997), para estímulo de adoção da desconstrução devem ser adotadas as seguintes estratégias:

- Diferentes agências governamentais devem coordenar suas diretrizes para um mesmo objetivo.
- Departamentos de moradia e desenvolvimento urbano devem utilizar a adoção da desconstrução como estímulo à criação de postos de trabalho.
- Departamento de segurança do trabalho deve reforçar o uso de EPI e máscaras.
- Desenvolvimento de método para classificar a capacidade estrutural de material (em especial, madeira) recuperado para uso estrutural posterior.
- Deve ser criada uma rede de partilhada de informações e boas práticas.

3.2. Definições de Desconstrução

Desconstrução é um termo novo para descrever uma prática antiga (Kilbert e Languell, 2000; Macozoma, 2001). Desconstrução é o processo reverso da construção, onde o edifício é cuidadosamente desmontado (Thomsen et al., 2011; BMRA, 2017). É a desmontagem seletiva sistemática de materiais de edifícios em ordem inversa à construção com o objetivo de reuso de elementos e materiais sem danificar tais componentes recuperados (NAHB, 1997; Sherman, 1998; Crowther, 1999b e 2000; PATH, 2000; Kilbert et al., 2000; Kilbert e Languell, 2000; CEPA, 2001; PATH, 2001; Chini e Bruening, 2003; Barkkume, 2006). O principal objetivo da desconstrução é diminuir a quantidade máxima de materiais que seriam destinados para descarte (Kilbert e Languell, 2000; Macozoma, 2001). A desconstrução também aumenta a quantidade de materiais recuperados para reciclagem e é um elemento-chave para a implementação da economia circular (Storey et al., 2003a; Thomsen et al., 2011; BMRA, 2017). A quantidade e qualidade dos materiais recuperados dependerá da técnica de desconstrução escolhida (Couto e Couto, 2010).

Ao contrário da demolição, que significa arrasar um edifício de tal modo, que seus componentes só sirvam mesmo para reciclagem de agregados ou aterro, envolve o uso de máquinas e equipamentos e deixa para trás uma pilha de destroços indiferenciados que serão conduzidos para aterro (Crowther, 1999b; Kilbert e Languell, 2000; Macozoma, 2001; Chini e Bruening, 2003), a

desconstrução exige uma abordagem cuidadosa e completa de toda a capacidade de desmontabilidade do edifício (Kilbert e Languell, 2000), intenso trabalho manual, emprega pouca tecnologia e é ambientalmente amigável (Kilbert et al., 2000).

As desconstruções podem ser estruturais ou não-estruturais. Desconstruções não-estruturais referem-se à retirada somente de elementos não estruturais, como caixilharias, loiças, metais, canalizações, etc., podem ser feitas com ferramentas simples e oferecem pouco risco aos trabalhadores, que não precisam ser muito treinados. Já desconstruções estruturais desmontam o edifício completamente, são mais demoradas, exigem maior treino da equipa e ferramentas mais especializadas (Macozoma, 2001).

Desde os anos 1990, o movimento de adoção da desconstrução tem vindo a ser estimulado, em particular pelas instituições públicas nos EUA e pela fundação *Habitat for Humanity*¹⁷ (Sherman, 1998). Entretanto, adotar a desconstrução não é uma tarefa simples, pois depende de suporte estrutural dos governos, criação de leis e regulamentos em conjunto com o comércio para este objetivo comum (Kilbert e Languell, 2000).

A viabilização da desconstrução varia de acordo com a região, país e continente principalmente por causa das diferentes técnicas construtivas e materiais utilizados (Macozoma, 2001). Em conclusão, a desconstrução é um importante avanço na direção da sustentabilidade (Kilbert e Languell, 2000).

3.3. Principais Partes Envolvidas na Desconstrução

São vários os grupos que impactam e são impactados pela desconstrução. A atuação destes grupos de forma positiva ou negativa influencia diretamente o grau de recrutamento social e económico. Alguns importantes grupos atuantes tanto nas decisões estratégicas, quanto nas decisões executivas são apresentados neste item.

Governos Nacionais e Locais

Os governos têm o papel principal de criar legislações e regulações que tornem mais difícil ou desvantajosa a adoção da demolição tradicional (Kowalczyk et al., 2000), pois a falta de infraestrutura para recuperação, reuso e reciclagem contribui para maiores quantidades de resíduos urbanos e degradação ambiental (Kilbert e Languell, 2000). Os governos locais devem levar em consideração que os materiais utilizados na construção civil têm uma longa vida útil e que devem atuar no estímulo da cadeia de suprimentos para garantir que os materiais sejam utilizados efetivamente (Kilbert, 2002b).

É de responsabilidade dos governos nacionais e locais o estímulo à adoção da desconstrução por meio do próprio exemplo ao especificar parâmetros de desconstrução, recuperação e reuso de

¹⁷ “Habitat para a Humanidade”, tradução da autora.

elementos e materiais em licitações, aumentar os custos para condução para aterro, criar linhas de fomento de pesquisas académicas sobre reuso e reciclagem e desenvolver um mercado robusto de elementos e materiais recuperados (Dolan et al., 1999; PATH, 2000; Crowther, 2000; Kowalczyk et al., 2000; Macozoma, 2001). A melhor forma de estimular a mudança de paradigma é criar incentivos financeiros e fiscais e tornar a desconstrução e o reuso financeiramente competitivos em relação com a demolição tradicional, ou seja, taxar pesadamente a condução para aterro (Dolan et al., 1999; PATH, 2000; Kowalczyk et al., 2000; McGrath et al., 2000).

Segundo Futaki (2000), a criação de leis que obriguem que todo trabalho de demolição seja licenciado e cumpra determinados parâmetros para descarte de RCD influencia a adoção da desconstrução.

Na Holanda, desde os anos 1990 foram proibidos por lei os descartes de RCD com capacidade de reuso ou reciclagem. Isto estimulou que os RCD fossem separados e que fossem desenvolvidas alternativas para reinserção dos itens recuperados no ciclo produtivo (Kowalczyk et al., 2000).

Kilbert e Languell (2000) citam como papéis dos governos locais, em conjunto com comércios e indústrias locais, as seguintes ações para estímulo da desconstrução:

- Criar legislações que determinem que a desconstrução deva ser considerada prioritariamente à demolição;
- Identificar edifícios devolutos e abandonados candidatos à desconstrução;
- Exigir estudos de reuso de materiais recuperados em projetos de demolição já autorizados;
- Incluir a obrigatoriedade de recuperação de elementos e materiais nos contratos públicos;
- Exigir o plano de recuperação de elementos e materiais como pré-requisito para a concessão de licenças de demolição e desconstrução;
- Reverter fundos públicos de demolição para uso em desconstrução com envolvimento e criação de emprego para a comunidade;
- Exigir percentagem mínima de uso de elementos e materiais recuperados em projetos de construção com financiamento governamental;
- Estimular e financiar o treino da mão-de-obra para desconstrução;
- Criar mecanismos de apoio fiscal e financeiro de mercados de elementos e materiais recuperados;
- Apoiar empresas de desconstrução no descarte adequado de materiais tóxicos e perigosos, como amianto e chumbo;
- Desenvolver e publicitar a rede de fornecedores de serviços de desconstrução e de mercados de material recuperado;
- Separar os concursos públicos de retirada de materiais perigosos dos concursos públicos de demolição e desconstrução para diminuir a diferença entre as duas técnicas;

- Considerar objetivos de desconstrução mais desejáveis do que somente preço final no julgamento das propostas dos concursos públicos.

A adoção da desconstrução contribui para os governos locais atingirem as metas de redução da condução para aterro e de emissão de gases do efeito estufa estabelecidas em acordos internacionais (Storey et al., 2003a).

Proprietários e Consumidores

O proprietário é responsável por identificar a presença de materiais perigosos antes do início da desconstrução (NAHB, 1997). É também de responsabilidade do proprietário a obtenção das licenças devidas para demolição (NAHB, 1997).

Os consumidores em geral são parte fundamental do sucesso das estratégias de implementação da desconstrução, pois movimentam os mercados de venda e troca de elementos e materiais recuperados (Chini e Bruening, 2003).

Os consumidores e compradores mais impactados pelos elementos e materiais recuperados são os de baixa renda, que podem beneficiar dos elementos e materiais mais baratos, os consumidores à procura de elementos e materiais raros e de alto valor histórico e artístico e consumidores interessados em desenvolver projetos ecologicamente amigáveis (Macozoma, 2001).

Arquitetos e Engenheiros de Projeto

Projetos para novas construções e reabilitações com especificações de uso de elementos e materiais recuperados podem impactar na procura por esses itens e no estímulo à desconstrução. Algumas diretrizes para novos projetos que estimulam a desconstrução são (Crowther, 2000; Chini e Bruening, 2003):

- Integrar no projeto iniciativas de redução na geração de RCD;
- Preferência a estratégias de *design* para a desconstrução futura;
- Previsão do uso de elementos e materiais recuperados e reciclados;
- Previsão de que o fim de vida do edifício se dará por meio de desconstrução.

Empresas de Construção e Demolição

Tais empresas têm influência sobre as políticas adotadas, a oferta de empregos (Kilbert e Languell, 2000) e a escolha dos materiais empregados, dentre eles os recuperados e reciclados (Chini e Bruening, 2003; Storey et al., 2003a).

São responsáveis por garantir a segurança do estaleiro de obra e os direitos trabalhistas dos trabalhadores (NAHB, 1997) e também pelo treino adequado de trabalhadores de baixa formação para atuarem na desconstrução (Macozoma, 2001). Os trabalhadores devem ser treinados tanto para exercerem as tarefas básicas, quanto para lidar com materiais perigosos e para respeitarem as regras de salubridade e segurança (Chini e Bruening, 2003).

Mercados de Materiais Recuperados

Quando existe um mercado de trocas e vendas de materiais recuperados para reuso e reciclagem, estes deixam de ser vistos como resíduos e tornam-se mercadoria (Dolan et al., 1999; Kilbert, 2002a, 2002b).

Mercados bem estabelecidos tem o papel de estimular a procura por diferentes tipos de elementos e materiais para reuso e reciclagem (Kowalczyk et al., 2000; Macozoma, 2001), assim como estimulam o desenvolvimento de pesquisas e certificações para garantir que os materiais recuperados cumpram os requisitos de uso (McGrath et al., 2000).

Mercados bem estabelecidos influenciam a percepção pública sobre a qualidade dos produtos recuperados, conseguem oferecer quantidades competitivas de materiais para reuso, facilitam a padronização de materiais e mudam a definição de resíduo (McGrath et al., 2000).

Segundo Macozoma (2001), algumas das formas de disponibilizar os materiais recuperados para consumidores são:

- Lojas e armazéns: disponibilização física dos materiais recuperados para venda direta para revendedores e consumidores finais;
- Venda no estaleiro: disponibilizar o material recuperado para venda já no estaleiro de obras de desconstrução;
- Corretor de vendas: profissional que estabeleceria a ligação entre os produtores (empresas executoras da desconstrução) e revendedores ou consumidores finais;
- Leilões locais ou periódicos: juntariam uma maior quantidade de material do mesmo tipo para venda;
- Internet: disponibilização virtual dos materiais recuperados para venda direta para revendedores e consumidores finais.

3.4. Aspetos Económicos da Desconstrução

Alguns benefícios económicos na adoção da desconstrução são: custos menores para transporte e condução de resíduos para aterros pela diminuição do volume gerado; maior vida útil dos aterros existentes, por sua vez evitando que as administrações locais necessitassem gastar com o encerramento de aterros antigos e a construção de novos aterros; redução de custos com a aquisição de matérias-primas novas; desenvolvimento de novo fluxo económico através da criação de mercados de varejo para trocas de materiais em segunda-mão recuperados, empresas de reciclagem e fabricantes de produtos contendo material reciclado; criação de receita através da venda de materiais recuperados; e melhora financeira da indústria da construção devido à redução de custos de energia e redução da poluição (Macozoma, 2001; CEPA, 2001). Especificamente com relação aos custos, a desconstrução provou ser muito mais lucrativa do que a demolição tradicional quando

são considerados os custos ambientais, por exemplo da redução de uso de aterros (Kilbert e Languell, 2000).

Segundo Kilbert e Languell (2000), alguns custos que se destacam na adoção da desconstrução são:

- **Planeamento:** Deve ser considerado o custo laboral dos profissionais técnicos, como engenheiros, arquitetos e historiadores, envolvidos na avaliação, estudo e planeamento de ações para cada caso candidato à desconstrução.
- **Treino:** É preciso treino da mão de obra, muitas vezes de pouca formação, para garantir as melhores práticas na execução da desconstrução, o que acarreta custos.
- **Mão-de-obra:** A desconstrução utiliza mais mão de obra e menos máquinas e equipamentos em comparação à demolição tradicional e tal mão-de obra tem custos associados, tanto das horas trabalhadas, quanto dos encargos trabalhistas.
- **Armazenagem:** Os elementos recuperados não só devem ser tratados com cuidado depois de retirados, como devem ser devidamente separados e armazenados, o que acarreta custos de material de embalagem e armazenamento, além de espaço dedicado para tal armazenamento.
- **Certificação:** Para serem competitivos com relação a elementos e materiais novos, os recuperados precisam garantir que possuem as mesmas características físicas de desempenho e resistência. A certificação e etiquetagem dos elementos e materiais recuperados adicionam um custo adicional apesar de trazerem maior confiabilidade no uso, particularmente estrutural, de elementos e materiais recuperados.
- **Transporte:** Os edifícios a serem desconstruídos nem sempre se encontram geograficamente próximos, o que significa que haverá um custo de transporte para levar o material recuperado aos centros de armazenagem e comercialização.

Por outro lado, as empresas podem tornar-se competitivas desde que haja um incentivo fiscal por parte dos governos para implantação de um ramo da indústria da construção dedicado a projetos, execução de recuperação material e revenda (Couto e Couto, 2010). Entretanto já é notado um movimento no sentido de estimular os aspetos económicos da adoção da desconstrução, particularmente por legislação que obriga a separação de resíduos para evitar a contaminação e o envio de resíduos para reciclagem, apesar da monitoração das quantidades ainda não ser largamente implantada nos estaleiros (Coelho e Brito, 2011b e 2011c).

Em 2001, na Universidade da Flórida, foi desenvolvida uma ferramenta com o objetivo facilitar os cálculos de custos associados e lucros potenciais com a adoção da desconstrução (Guy, 2001). Segundo Guy (2001) as equações que descrevem o custo da demolição tradicional e da desconstrução são as seguintes:

- **Desconstrução**
(Desconstrução + Condução para aterro + Processamento de materiais) – (Preço de contrato + Valor de revenda) = Custo Líquido de Desconstrução (CLD)

- **Demolição tradicional**

(Demolição + Condução para aterro) – (Preço de contrato) = Custo líquido de Demolição Tradicional (CLDT)

Consoante as condições do mercado e da indústria da construção em determinadas regiões, a desconstrução pode custar entre 30% e 50% menos do que a demolição tradicional (Couto e Couto, 2010).

Acerca dos aspetos económicos que determinam o valor de revenda dos materiais, estes são influenciados por (NAHB, 1997):

- Tipos de material: materiais de montagem, como peças de madeira, têm uso variado e podem ser recuperados em grandes quantidades. Já materiais com acabamentos ou medidas específicas são mais difíceis de serem reusados.
- Altura do ano: há mais remodelações e construções na primavera e verão.
- Condições da economia local: quando há grande atividade de remodelações e construções em determinada zona, há maior procura por materiais de construção.
- Preço de materiais de construção novos: quando os materiais novos são muito caros, o reuso torna-se mais atrativo.
- Condições de limpeza e armazenagem: materiais limpos e organizados são mais atrativos para compradores do que se estiverem desorganizados e sujos.

3.5. Aplicabilidade da Desconstrução a Diferentes Tipos de Edifícios

De acordo com Kilbert e Languell (2000), algumas características indicam se um edifício é ou não um bom candidato para a desconstrução, dentre elas a idade dos edifícios (favoravelmente os contruídos antes de 1933); a presença de madeiras raras e nobres; elementos arquitetónicos artísticos, históricos ou de alta qualidade; madeiras de grandes dimensões e sem acabamento; idade da estrutura; tipo e condição da estrutura; método construtivo utilizado (os métodos antigos com menor uso de máquinas e equipamentos equivalem a desconstruções mais fáceis de executar); disponibilidade e procura por técnicas de reciclagem dos materiais inadequados para a reutilização.

Webster (2006) aponta algumas características que tornam os edifícios mais ou menos amigáveis à adoção da desconstrução, conforme Tabela 3.1.

Edifícios Antigos

Edifícios antigos, construídos antes dos anos 1950, usaram técnicas e materiais mais adequados à desmontagem durante sua construção (NAHB, 1997; Sherman, 1998; PATH, 2001; Guy, 2002). Tais edifícios podem ser fonte de materiais para reuso ao chegarem ao seu fim de vida (PATH,

2000). Edifícios antigos em estrutura de madeira, além de terem materiais com valores históricos, são mais fáceis de desconstruir (McGrath et al., 2000).

Edifícios construído nos anos 1940, 1950 e até alguns nos anos 1960 incorporaram conceitos como arquitetura modular, planos abertos, estrutura e sistemas de serviço expostos (Guy, 2002) que são características de edifícios parcial ou totalmente desconstruíveis. As construções em alvenaria de pedra ou tijolos cerâmicos por fora e estrutura de madeira por dentro são excelentes candidatas à desconstrução (NAHB, 1997).

Tabela 3.1 - Características favoráveis e desfavoráveis à desconstrução. Fonte: Webster (2006).

Favoráveis	Desfavoráveis
<ul style="list-style-type: none"> • Edifícios facilmente identificáveis. • Sistemas de construção modulares cujos materiais e layout são repetidos no edifício. • Poucos tipos diferentes de conexões facilmente montáveis e desmontáveis. • Poucos elementos e materiais diferentes. • Materiais facilmente separáveis por uso preferencial de conexões físicas ao contrário de químicas. • Pouca utilização de materiais compostos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Estruturas complexas difíceis de perceber. • Alta variedade de componentes com uso específico em determinadas funções. • Materiais compostos. • Materiais semelhantes na aparência, mas com diferentes propriedades físicas. • Estruturas mistas. • Materiais perigosos ou tóxicos.

Edifícios em Betão Armado

Edifícios de betão armado são mais difíceis de serem completamente desconstruídos, restando a reciclagem dos materiais pétreos (estruturas armadas) demolidas (Futaki, 2000; Macozoma, 2001).

Entretanto edifícios de betão armado com estruturas pré-fabricadas tem alto potencial para a desconstrução e reuso, apesar disto ainda são pouco utilizadas (Kowalczyk et al., 2000).

Edifícios em Estrutura Metálica

Os edifícios construídos com estrutura metálica, por sua vez, têm a capacidade de serem completamente desmontados com alto reaproveitamento e reuso de material (Futaki, 2000).

Edifícios em Estrutura de Madeira

Os edifícios em estrutura de madeira também são bons candidatos para a desconstrução, pois foram construídos com técnicas tradicionais de montagem e apresentam alta taxa de recuperação. Além disso as madeiras utilizadas em sua construção, particularmente em edifícios mais antigos, têm alto valor de revenda (Futaki, 2000).

Edifícios em Plano Aberto

Os edifícios em plano aberto são aqueles construídos em camadas: estrutura (fixa), envoltória, serviços e planos internos. Com exceção da estrutura, todos os outros elementos são desmontáveis (Macozoma, 2002; Chini e Balachandran, 2002).

Edifícios Modulares

Edifícios modulares são caracterizados por seus componentes intercambiáveis e flexíveis. Edifícios modulares tanto podem ter suas partes fabricadas industrialmente e entregues no estaleiro para montagem, quanto podem ter suas peças fabricadas no próprio estaleiro. São desmontáveis e deslocáveis (Macozoma, 2002).

3.6. Técnicas de Desconstrução

Essencialmente há dois tipos de desconstrução: a estrutural e a não-estrutural (Macozoma, 2001; PATH, 2001). A desconstrução não-estrutural é a remoção de elementos, materiais e equipamentos que não influenciam na integridade estrutural do edifício e pode ser executada com o uso de ferramentas e equipamentos simples, com mão-de-obra humana. Já a desconstrução estrutural envolve a remoção de elementos que contribuem para a integridade estrutural de edifícios: é mais perigosa e demorada do que a desconstrução não estrutural e necessita mão-de-obra, ferramentas e equipamentos mais especializados (PATH, 2001).

De acordo com PATH (2001) diferentes elementos e materiais podem ser recuperados por meio da desconstrução estrutural e não-estrutural, conforme demonstrado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Materiais recuperáveis nas demolições estruturais e não-estruturais. Fonte: PATH (2001).

	Tipo de Desconstrução	
	Não-Estrutural	Estrutural
Materiais recuperados	<ul style="list-style-type: none"> • Acabamentos de piso • Loijas • Metais • Armários • Balcões e bancadas • Caixilharias 	<ul style="list-style-type: none"> • Vigas • Pilares • Alvenarias • Coberturas • Todos os outros materiais incluídos na desconstrução não-estrutural

De acordo com experiências internacionais, os materiais recuperados por meio da desconstrução não-estrutural tem maior facilidade de serem reintroduzidos no mercado e consumidos pelo público geral. Os materiais recuperados de desconstruções estruturais em geral são consumidos por empresas de construção (PATH, 2001).

Em relação à duração da execução, genericamente, a desconstrução estrutural é mais demorada do que a não-estrutural, por isso a sua adoção é mais afetada por constrangimentos temporais (PATH, 2001).

A desconstrução estrutural também é dependente da demolição no sentido em que presume que o edifício será completamente desmontado, e gera maior volume de material para descarte. Já a desconstrução não-estrutural pode ser feita independentemente da demolição ou desmonte do edifício (PATH, 2001).

Os impactes das licenças para execução de demolição são nulos ou muito pequenos na desconstrução não-estrutural e muito grandes na desconstrução estrutural. Na desconstrução não-estrutural, o aspeto de preservação da habitabilidade é maior e os impactes ambientais são menores, já que as construções são preservadas na maioria das suas características e menor volume de componentes construtivos é intervencionado e destinado para aterro, além do fato de que os componentes intervencionados em uma desconstrução não-estrutural comumente não contém materiais tóxicos. (PATH, 2001).

Portanto é importante encontrar o equilíbrio entre a desconstrução estrutural, não-estrutural e a demolição para maximizar os ganhos com a estratégia adotada (Storey et al., 2003a).

Na desconstrução são recomendadas as seguintes fases (BMRA, 2015):

- Para sucesso da desconstrução e recuperação máxima de elementos e materiais é necessário que seja feita uma lista extensiva dos materiais a serem recuperados (auditoria pré-desconstrução). Nesta fase devem ser consideradas as necessidades de limpeza e reparação dos elementos e materiais, assim como aqueles que provavelmente serão pouco danificados na retirada. Elementos e materiais em bom estado, únicos ou antigos são os mais valiosos.
- É necessário prever o destino de componentes por meio de: identificação de quais componentes o dono da obra pretende manter para si, reuso de componentes na própria obra (em caso de reabilitação e reparo), doação e venda de componentes.
- É também aconselhado discutir os planos com a equipa de desconstrução, que pode ajudar a encontrar destino para os elementos e materiais recuperados. Os donos da obra devem autorizar ou participar nas decisões a respeito dos componentes recuperados e seus destinos.
- Contatar potenciais recebedores de componentes recuperados: verificar se há mercado de materiais de segunda-mão interessados nos elementos e materiais recuperados, verificar se há organizações que aceitam doações.
- Pesquisa técnica para elaboração do plano de desconstrução: discutir com o corpo técnico e pesquisar tanto a integridade estrutural do edifício, quanto a possibilidade da presença de materiais perigosos e tóxicos.

Ainda segundo o BMRA (2015), o plano de desconstrução deve incluir:

- Cronograma de desconstrução;
- Relação das tarefas a serem feitas;
- Responsabilidades dos diferentes membros da equipa;
- Relação de empreiteiros e subempreiteiros, e os trabalhos para os quais foram contratados;
- Métodos de remoção dos diferentes itens;
- Ferramentas e equipamentos a serem utilizados;
- Necessidade de treino técnico e de segurança para a equipa.

Durante a remoção dos componentes é importante identificar claramente todo aquele destinado à recuperação; dar instruções claras à equipa sobre como remover os componentes com segurança e sem danos; determinar previamente onde serão temporariamente armazenados os componentes recuperados; manter a área dedicada ao armazenamento temporário organizada, limpa e seca; armazenar separadamente componentes com destinos diferentes (doação, venda, etc.); verificar periodicamente a lista de componentes a serem recuperados e suas características de conservação contra os componentes já armazenados. Os componentes recuperados precisarão ser limpos, livres de pregos e parafusos de montagem (que deverão ser armazenados separadamente) e classificados consoante a necessidade de reparação (BMRA, 2015).

Conforme o Manual de Treino para a Desconstrução da Agência de Proteção Ambiental da Califórnia (CEPA, 2001; Chini e Bruening, 2003), os cinco passos básicos para realização de uma demolição seletiva são:

- Remover os acabamentos, inclusive caixilhos de portas e molduras;
- Retirar equipamentos de cozinha, casa de banho, canalizações, janelas e portas;
- Remover revestimentos de piso, parede, isolamento e fiação elétrica;
- Desmontar o telhado;
- Desmontar paredes, estruturas internas e pisos de cima para baixo, um pavimento de cada vez.

É importante que durante a desconstrução os materiais sejam também classificados por (Ross, 2020): tipo de uso adequado do elemento ou material, características do material (do que é feito e durabilidade, por exemplo), complexidade de remontagem, condições atuais (muito ou pouco danificado, com falta de peças, entre outros), tamanhos e quantidades disponíveis.

Akinade et al. (2015 e 2019) propuseram uma ferramenta de avaliação da capacidade de desconstrução de edifícios com recurso a BIM chamada *Disassembly and Deconstruction Analytics*

*System*¹⁸ (D-DAS) e que é um *plug-in*¹⁹ para o programa Revit 2017²⁰. Anteriormente, Cheng e Ma (2013) já tinham proposto o uso do BIM para estimativa do volume de RCD gerados pela desconstrução aplicada a desconstruções e remodelações, entretanto a proposta de Akinade et al. (2015 e 2019) procura permitir que a avaliação da recuperação de RCD seja feita anteriormente à decisão pelo fim de vida das edificações e permita que os responsáveis pela edificação tenham mais recursos para decidir pela manutenção ou desmontagem do edifício em análise.

3.7. Viabilidade e Diferentes Fases de Aplicação dos Critérios de Desconstrução

3.7.1. Considerações Iniciais

Os edifícios apresentam diversas particularidades nas suas fases, desde a conceção ao fim de vida. Tais particularidades relacionam-se de forma diferente com os critérios de desconstrução, o que influencia diretamente na viabilidade da adoção de tal estratégia para fim de vida. Neste item serão discutidas formas de adotar os critérios de desconstrução em diferentes fases de vida de edifícios para contribuir com uma desconstrução eficaz e eficiente.

A desconstrução tem duas fases distintas (Thomsen et al., 2011):

- Planeamento cuidadoso e controlado do processo de desconstrução, o que gera um conjunto heterogéneo de elementos e materiais;
- Uso contínuo de elementos e materiais recuperados por meio da desconstrução em outras edificações ou em usos preferencialmente mais altos na hierarquia de valorização e evitar *downcycling*²¹, transformação energética e condução para aterro o máximo possível.

Segundo PATH (2000), existem três critérios principais a serem considerados para avaliação de um edifício candidato à desconstrução: o conteúdo ou componentes do edifício; o mercado para o comércio do material recuperado; e a disponibilidade de mão-de-obra. A desconstrução depende de (NAHB, 1997; Macozoma, 2001):

- Tipo, técnicas construtivas e materiais componentes de edifício;
- Custo e disponibilidade de mão-de-obra;
- Fiscalização e custo de condução de RCD para aterros;
- Disponibilidade de mercados estabelecidos de materiais recuperados;

¹⁸ “Sistema de análise de desmontagem e desconstrução”, tradução da autora.

¹⁹ O termo “plug-in” é aqui utilizado para definir um programa que é um módulo de extensão para um programa principal e permite que o programa principal execute tarefas extras além daquelas para as quais foi inicialmente programado.

²⁰ A linha de programas Revit pertence à empresa AutoDesk, também proprietária da linha de programas AutoCAD. O Revit é um programa de modelação eletrónica e com recursos BIM.

²¹ O termo “*downcycling*” aqui refere-se ao tipo de reciclagem de materiais cujo produto tem qualidade inferior ao material original reciclado.

- Procura para o reuso de materiais recuperados.

3.7.2. Fase de Planeamento

Projeto

Uma das formas de aumentar a desmontabilidade de um edifício é a elaboração de “Projetos Voltados para a Desmontagem”. De acordo com (Macozoma, 2001), tais projetos asseguram a facilidade na adoção da demolição seletiva com o objetivo de reduzir a produção de resíduos e maximizar a recuperação de materiais para reutilização e reciclagem. Entretanto, mesmo quando não se pode garantir que os edifícios em estudo foram projetados com vistas à sua desmontabilidade, alguns critérios técnicos escolhidos durante sua fase de projeto podem ajudar a aumentar a sua capacidade de ser desmontado quando chegar ao fim de sua vida útil.

Um dos maiores problemas relativos à desmontabilidade reside em projetos originais onde a desconstrução não foi um dos critérios de previstos (Chini e Bruening, 2003). Incorporar aspetos de projeto voltados para a desconstrução facilita a eficiência dos estágios de pós vida do edifício, como a remodelagem, reparos e mesmo a desmontagem (Macozoma, 2001).

Design para a Desconstrução

Alguns princípios técnicos são norteadores para a elaboração de projetos voltados para a desmontabilidade e devem ser levados em consideração no *design* para a desconstrução, segundo Durmisevic e Brouwer (2002) e Crowther (2009) conforme apresentado na Tabela 3.3.

Design para a desconstrução é parte do *design* para o ambiente, cujas outras vertentes são o *design* para contagem, reuso e reciclagem (Guy e Ciarimboli, 2008).

Design para a desconstrução refere-se a projetos de engenharia funcionais e flexíveis que tenham por objetivo tornar o fim de vida dos edifícios mais efetivos por meio da previsão de alternativas que facilitem a desconstrução para melhor aproveitamento de elementos e materiais e diminuir o impacto ambiental negativo por meio do reuso e reciclagem (Macozoma, 2001, 2002; Hurley et al., 2002; Chini e Balachandran, 2002; Guy, 2002; Guy e Ciarimboli, 2008).

O *design* para a desconstrução pode ser uma prática milenar iniciada por povos nómades desde o início da civilização (Dolan et al., 1999; Guy e Ciarimboli, 2008), entretanto tal prática continuou durante a idade média e particularmente no século XIX, devido às colónias europeias em outros continentes e da necessidade de enviar os edifícios desmontados por navio até as colónias, e no século XX devido às guerras mundiais e a necessidade de enviar complexos militares para outros países (Crowther, 1999b e 2000). As construções tradicionais japonesas em madeira, devido à instabilidade geológica, sequer utilizavam pregos e eram extremamente desmontáveis (Guy e Ciarimboli, 2008).

Tabela 3.3 - Princípios da desmontabilidade e *design* para a desconstrução.
Fonte: Durmisevic e Brouwer (2002) e Crowther (2009).

Decomposição funcional	É a capacidade de um componente, elemento ou material exercer mais de uma função.	<ul style="list-style-type: none"> • Preferir materiais recicláveis. • Escolher o menor número possível de materiais diferentes. • Evitar o uso de materiais tóxicos ou perigosos. • Evitar peças compostas por diferentes materiais. • Evitar tratamentos e acabamentos secundários.
Sistematização	É a divisão dos edifícios em sistemas com diferentes performances e diferentes vias úteis e necessidades de manutenção e reparação, onde um sistema não atrapalha o acesso, desmontagem, troca ou reparo do outro.	<ul style="list-style-type: none"> • Prever a aquisição de materiais e componentes sobressalentes. • Minimizar número de diferentes componentes. • Elaborar metodologia para manejo e localização dos diferentes componentes durante a montagem e desmontagem. • Permitir desmontagem paralela, ao invés de sequencial.
Hierarquia aberta	Sistemas independentes entre si, ligados somente pelos respetivos conectores. Isto é possível com a divisão dos sistemas prediais em módulos ligados à uma estrutura principal.	<ul style="list-style-type: none"> • Providenciar indicações permanentes e padronizadas para cada tipo de componente. • Priorizar projeto de espaços abertos, onde partes do edifício são mais facilmente intercambiadas e menos específicas para um determinado uso. • Utilizar projetos modulares. • Separar a estrutura do revestimento, paredes internas e instalações.
Elementos-chave de montagem	Projetos de montagem que escolhem um elemento como base do resto da montagem, diminuindo o número de conectores intermédios.	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar o menor número e tipos possíveis de fixadores ou conectores. • Preferir estruturas em grelha. • Utilizar peças compostas pré-fabricadas e fabricadas em massa.
Geometria de produto	Projetos que preveem que as conexões poderão ser desmontadas depois do fim da montagem total do edifício, sem prejuízo dos outros sistemas adjacentes.	<ul style="list-style-type: none"> • Preferir materiais e componentes leves. • Proporcionar acesso a todas as partes e componentes do edifício. • Projetar materiais e componentes cujos tamanhos sejam facilmente manipuláveis por uma pessoa. • Prever tolerância espacial suficiente para a montagem e desmontagem dos componentes.
Sequências de montagem	Escolha de sistemas que possam ser montados e desmontados paralelamente ao contrário de sequencialmente para diminuir o tempo de desmontagem.	<ul style="list-style-type: none"> • Projetar articulações, encaixes e conexões que suportem um número elevado de montagens e desmontagens. • Manter acessível e em bom estado todas as informações relativas aos sistemas de construção do edifício e aos procedimentos de montagem e desmontagem das partes. • Preferir tecnologias construtivas compatíveis com práticas construtivas tradicionais e ferramentas comuns.
Relações das conexões	Diz respeito à independência entre componentes conectados e se relaciona com as conexões utilizadas. É preferível o uso de conexões físicas às químicas e soldas impossíveis de desmontar.	<ul style="list-style-type: none"> • Preferir que encaixes não desmontáveis sejam feitos de um só tipo de material. • Priorizar conexões mecânicas às químicas.

Ao contrário da prática da indústria de escolher determinados elementos e materiais (em particular os com alta procura para reciclagem ou reuso e aqueles com características históricas) e deixar todo o resto para ser demolido (Kilbert e Languell, 2000), a adoção do *design* para a desconstrução e

suas diretrizes pode ser utilizada para avaliar a capacidade de desconstrução para recuperação de elementos e materiais de edifícios e para criar uma metodologia de avaliação de incorporação de princípios de desconstrução em edifícios existentes que estimule a recuperação de elementos e materiais na ocasião de seu fim de vida. O *design* para a desconstrução estimula a reciclagem, o reuso de materiais e componentes e até mesmo a relocação do edifício inteiro (Crowther, 2000; Guy, 2002).

Alguns objetivos na adoção do *design* para a construção são aumento de velocidade na remoção dos edifícios; redução dos riscos ambientais e de salubridade para os trabalhadores; fácil acesso aos elementos e materiais durante a desconstrução; menor custo de máquinas e equipamentos de demolição; eliminar resíduos; maior taxa de materiais recuperados para usos mais nobres segundo a hierarquia de resíduos; eliminar o uso de materiais tóxicos; aumentar a vida útil dos edifícios, elementos e materiais (Guy, 2002).

As recomendações principais para o *design* para a desconstrução são (Kilbert et al., 2000):

- Reuso de edifícios, elementos e materiais;
- Projeto durável e adaptável;
- Prever a desconstrução futura como estratégia de fim de vida;
- Reduzir o uso de material.

Segundo Guy (2002), devem ser feitas as seguintes perguntas durante a fase de planeamento e *design* para a desconstrução:

- Quais partes do edifício suportam outras partes?
- Quais partes do edifício são autoportantes?
- Onde devem estar localizadas as entradas e saídas dos ramais de alimentação dos sistemas de serviço?
- Quais partes do edifício estão mais sujeitas a intempéries?
- Quais partes do edifício têm maior probabilidade de serem substituídas por desgaste pelo uso ou por motivos estéticos?
- Quais partes do edifício têm maior probabilidade de serem substituídas por motivos funcionais, económicos, tecnológicos ou de desempenho?
- Que partes do edifício são compostas por elementos complexos e multifuncionais e quais servem somente uma função e são compostos de materiais homogêneos?
- Que partes do edifício oferecem os maiores riscos na desconstrução?
- Que dimensões são suficientes para garantir a segura montagem e desmontagem do edifício?
- Quais são os materiais mais valiosos, com maior procura para revenda, reuso e reciclagem?

Segundo Durmisevic e Brouwer (2002), a estratégia do *design* para a desconstrução pode ser dividida em 3 objetivos:

- 1) Adaptabilidade: favorece a transformação espacial;
- 2) Desmontabilidade: favorece a transformação estrutural;
- 3) Reusabilidade e Reciclabilidade: favorece a transformação material.

Tais objetivos podem ser visados em conjuntos combinados ou de forma individual.

Guy e Ciarimboli (2008) definem 10 princípios-chave para o *design* para a desconstrução:

- 1) Documentação: criar registos detalhados de materiais e métodos;
- 2) Escolha de materiais: escolher usar materiais desmontáveis e recicláveis;
- 3) Conexões acessíveis: tornar as conexões fáceis de perceber, de ver e de alcançar e evitar a necessidade de uso de equipamentos ou ferramentas sofisticadas para a desmontagem de tais conexões;
- 4) Restringir conexões húmidas: evitar ou reduzir a escolha por conexões químicas, soldas e colagens;
- 5) Pregos e parafusos: dar preferência ao uso de pregos e parafusos que possam ser retirados no futuro;
- 6) Separar instalações de serviço: manter separadas as instalações elétricas, canalizações de água e esgotamento sanitário e demais serviços;
- 7) Considerar o manuseio das peças: levar em consideração as dimensões necessárias para um trabalhador ter acesso às peças para montagem, desmontagem e processamento dos elementos e materiais;
- 8) Estrutura simples: escolher sistemas estruturais reticulados e modulares e projetar o edifício em camadas;
- 9) Intercambiabilidade: escolher sistemas modulares e materiais cujos elementos possam exercer diversas funções;
- 10) Segurança na desconstrução: prever e evitar riscos futuros durante o processo de desconstrução.

Adotar os princípios do *design* para a desconstrução na fase de projeto torna os edifícios mais flexíveis e adaptáveis, entretanto é importante avaliar se edifícios existentes, que são fontes para recuperação futura de componentes, também possuem tais princípios, que facilitariam a posterior desconstrução e recuperação material. A flexibilidade tanto pode ser adotada na fase de projeto quanto na fase de montagem (Macozoma, 2002). Infelizmente arquitetos e engenheiros somente consideram os critérios de *design* para a desconstrução quando isto é especificamente solicitado, portanto a existência de legislação que obrigue a adoção de tais critérios estimularia a adoção final e o crescimento do mercado para elementos e materiais recuperados (Storey et al., 2003a).

A aplicação de princípios de *design* para a desconstrução torna os edifícios mais flexíveis, ou seja, adaptáveis às mudanças temporais, enquanto duráveis, já que os elementos e materiais constituintes terão um tempo de vida útil muito mais longo ao serem usados e reusados novamente (Macozoma, 2001; Guy e Ciarimboli, 2008). Quanto mais cedo tais princípios são introduzidos no projeto, maior a probabilidade de redução dos impactes ambientais negativos no futuro (Guy e Ciarimboli, 2008).

Outras vantagens na adoção de princípios de *design* para a desconstrução é a manutenção do valor de revenda do edifício, pois este é adaptável a quaisquer que sejam as necessidades futuras de seus ocupantes; fácil acesso para manutenção; redução de uso de materiais tóxicos ou perigosos; estímulo à viabilidade do ramo da recuperação material na indústria da construção; alinhamento aos critérios de desempenho ambiental das organizações internacionais; preservação da energia incorporada aos materiais de construção; estímulo à criação de legislação e linhas de financiamento para construções em conformidade com os conceitos de desconstrução (Guy e Ciarimboli, 2008).

Projetar edifícios para durabilidade por meio dos princípios de *design* para a desconstrução reduz os impactes ambientais negativos da extração de materiais para manutenção e renovação e posterior condução final dos materiais desprezados para aterro (Macozoma, 2001). A durabilidade depende de fatores como a qualidade dos materiais a conexões, técnicas construtivas e exposição às intempéries (Couto e Mendonça, 2011).

Alguns dos constrangimentos para adoção do *design* para a desconstrução são: os benefícios levam entre 30 e 150 anos para serem notados, falta de guíões oficiais para o *design* para a desconstrução, falta de ferramentas técnicas e de treinamento (Macozoma, 2001; Chini e Bruening, 2003; Storey et al., 2003a).

Novos edifícios, construídos em betão armado, são mais difíceis de desconstruir do que edifícios antigos (Storey et al., 2003b; Guy e Ciarimboli, 2008). As tendências de *design* atuais, como o uso de materiais inorgânicos e minerais obtidos da indústria petroquímica, assim como materiais compostos; falta de meios humanos, mecânicos ou químicos para desfazer conexões como pregos pregados por máquinas pneumáticas, grampos e adesivos; perda de conhecimento das técnicas construtivas tradicionais, excesso de acabamentos com materiais químicos; o mercado imobiliário altamente volátil que estimula a falta de preocupação dos proprietários atuais com as necessidades de reparação futuras; e a não adoção de elementos e materiais desmontáveis por perceção errônea de que isto torna o edifício menos durável prejudicam o *design* para a desconstrução (Guy e Ciarimboli, 2008).

Os princípios de *design* para desconstrução podem ser sintetizados em cinco grupos, segundo Macozoma (2002), conforme demonstrado na Tabela 3.4.

São necessárias decisões executivas para determinar se a estratégia de projeto dará prioridade ao reuso de recursos ou ao uso de recursos reusados, pois isto irá determinar a escolha dos elementos

e materiais utilizados e se os elementos e materiais escolhidos serão extremamente duráveis e seriam reutilizáveis após o fim de vida do edifício ou se os elementos e materiais escolhidos serão pouco duráveis e facilmente substituídos (Macozoma, 2001).

Tabela 3.4 - Cinco grupos de princípios de *design* para a desconstrução. Fonte: Macozoma (2002).

Informação	Projeto	Materiais	Conexões	Recuperação
Registo de todas as informações relativas ao edifício (plantas, escritura, permissões, alterações, renovações, etc.).	Equilibrar durabilidade e flexibilidade nas escolhas de projeto.	Redução, reuso, conservação e evitar produtos compostos.	Pouca quantidade, padronização, múltiplas funções e reuso.	Respeitar a hierarquia de valorização material na recuperação de elementos e materiais.

A Figura 3.1 mostra alguns sistemas, materiais e os melhores usos a serem previstos já na fase de projeto com respeito ao *design* para a desconstrução e ao uso final previsto, segundo Macozoma (2001).

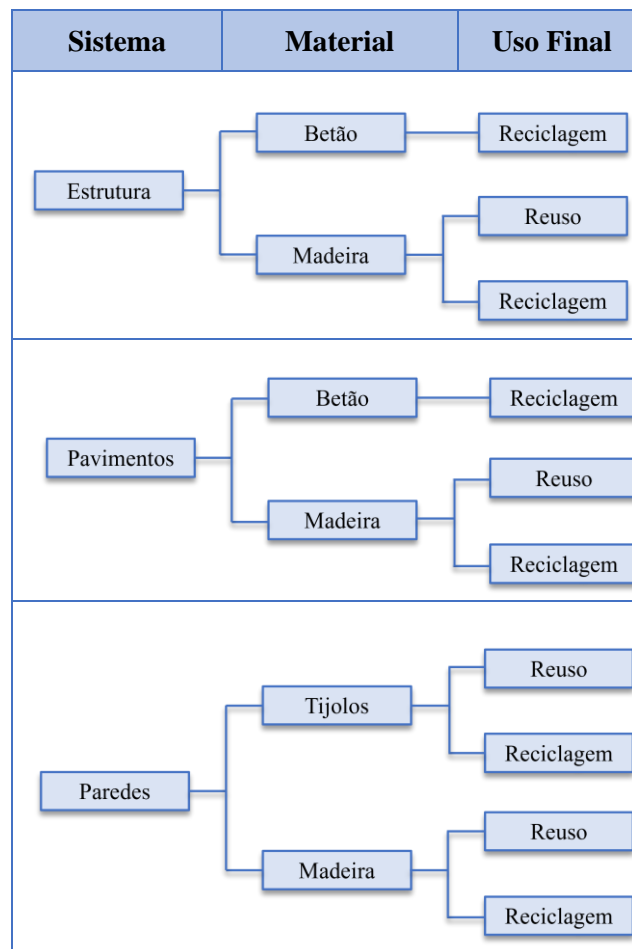


Figura 3.1 - Sistema, material e uso final segundo o *design* para a desconstrução. Fonte: Macozoma (2001).

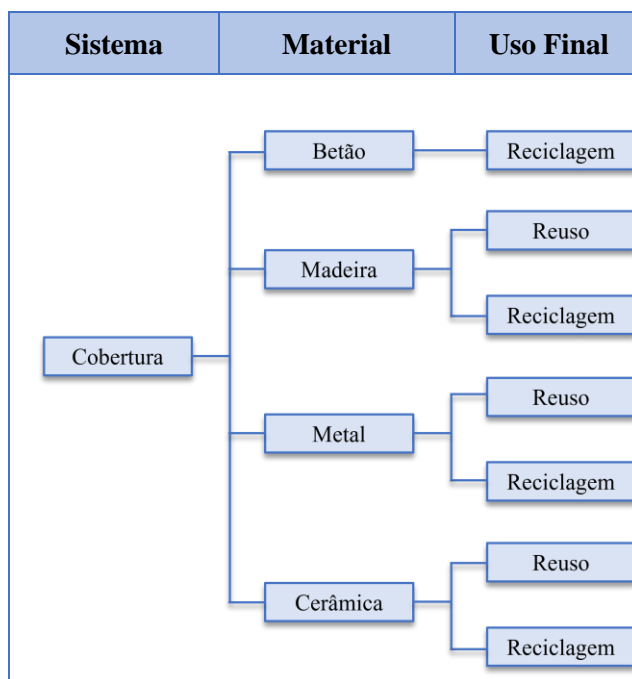


Figura 3.1 - Sistema, material e uso final segundo o *design* para a desconstrução. Fonte: Macozoma (2001). (Continuação).

Quanto mais cedo for tomada a decisão pelos critérios de *design* para a desconstrução, melhores serão os resultados (Chini e Balachandran, 2002; Guy e Ciarimboli, 2008). É também importante levar em consideração alguns princípios durante a fase de projeto (Chini e Balachandran, 2002):

- Escolha de materiais de construção disponíveis localmente.
- Prevenir o contato de materiais perecíveis, como a madeira, com o solo para evitar o apodrecimento.
- No caso da necessidade de conexões fixas, que as partes sejam feitas do mesmo material.
- Padronizar não só materiais e conexões, mas componentes, como pregos e parafusos para que não seja necessária a troca de ferramentas para a montagem ou desmontagem.

A modelagem de informação da construção, ou BIM é o processo de gerar e gerir informações durante a construção por meio de modelagem eletrónica em três dimensões. Um modelo BIM contém informações sobre dimensões e características dos elementos, materiais e produtos finais, e oferece a vantagem de representação visual 3D. A modelagem BIM pode ser usada para viabilização do *design* para desconstrução e posterior recuperação de elementos e materiais, já que apresenta os elementos de forma fácil de visualizar (Akbarnezhad et al., 2014).

Por meio da modelagem BIM é possível atribuir a elementos e materiais propriedades como reciclabilidade, reusabilidade, capacidade estrutural, manuseabilidade e outras características intrínsecas (Akbarnezhad et al., 2014). Com o auxílio de outras ferramentas eletrónicas é possível

também a avaliação económica e ambiental dos elementos e materiais recuperáveis, além da criação de uma biblioteca de elementos e materiais (Akbarnezhad et al., 2014).

Segundo Guy e Ciarimboli (2008), há cinco estágios no processo de projeto para *design* para a desconstrução:

- 1) *Pré-Design*:
 - Viabilidade;
 - Análise de mercado;
 - Análise de ambiental;
 - Participação da comunidade;
 - Objetivos ambientais.
- 2) Conceitos de projeto:
 - Plantas iniciais;
 - Distribuição no terreno.
- 3) Projetos esquemáticos:
 - Seleção dos sistemas;
 - Dimensionamento;
 - Avaliação dos códigos de construção aplicáveis.
- 4) Desenvolvimento de projeto:
 - Refinamento dos projetos esquemáticos;
 - Definição de elementos e materiais;
 - Avaliação de custos.
- 5) Documentação de construção:
 - Permissões;
 - Desenhos definitivos;
 - Especificações.

3.7.3. Fase de Construção e Uso do Edifício

Nesta fase é importante a aderência ao projeto de construção desmontável, abordado no item 3.7.2, e a garantia de que a mão-de-obra esteja devidamente treinada e consciente.

Algumas características da construção do edifício influenciam diretamente a capacidade do mesmo ser desmontado, como por exemplo, o uso de tijolos de alta resistência conjugadamente ao uso de argamassas de pouca resistência para maior recuperação de tijolos intactos; a preferência por paredes estruturadas por quadros de madeira, altamente desmontáveis com pouco esforço e com alta taxa de recuperação de materiais; e a preferência por planos horizontais que são desmontáveis mais fácil e rapidamente do que planos inclinados, portanto quanto menos inclinado o plano de telhado, mais fácil a desmontagem (NAHB, 1997).

3.7.4. Fase de Fim de Vida do Edifício

Viabilidade da Desconstrução

A viabilidade das desconstruções diz respeito à avaliação das condições técnicas do edifício e sua conformidade com princípios de desconstrução para maximização de recuperação e reuso de elementos e materiais (Macozoma, 2001; PATH, 2001).

A viabilidade está baseada em dois critérios: o potencial físico e o potencial económico. O potencial físico depende do parque edificado, condições como o tipo de edifício, seu uso, localização, vizinhança, estado de conservação e materiais constituintes. Já o potencial económico depende tanto da indústria da construção quanto da economia local, estrutura estabelecida para gestão e revenda de materiais recuperados, programas de incentivo diretos e indiretos, políticas e regulações dos governos locais (Macozoma, 2001; Coelho e Brito, 2011b).

Segundo o NAHB (1999), com relação à avaliação da viabilidade da desconstrução, os edifícios podem ser classificados de três formas, como mostrado na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Classificação da viabilidade da desconstrução. Fonte: NAHB (1999).

Classe	Potencial para Desconstrução	Descrição
A	Alto	Edifícios construídos com técnicas em conformidade com o <i>design</i> para a desconstrução e com a presença de elementos e materiais valiosos.
B	Mediano	Edifícios danificados, construídos parcialmente com técnicas em conformidade com o <i>design</i> para a desconstrução. A demolição tradicional é uma opção considerada desejável pelo corpo técnico.
C	Nenhum	Edifícios em boas condições mais adequados a sofrerem renovações.

Além dos dois fatores principais, é necessário e considerar as restrições temporais e fatores socioeconómicos, principalmente para determinar se a desconstrução será estrutural ou não-estrutural (PATH, 2001).

É importante avaliar o potencial económico regional para a desconstrução por meio de uma pesquisa detalhada da existência ou não de edifícios adequados à desconstrução, da procura por materiais recuperados, do desenvolvimento dos mercados para comércios de materiais recuperados e da conscientização da comunidade sobre os benefícios da desconstrução (Chini e Bruening, 2003).

Planeamento da Desconstrução

A falta de planeamento da desconstrução pode trazer a contaminação dos elementos e materiais recuperados (Storey et al., 2003a).

Durante a fase de planeamento os profissionais envolvidos devem:

- Procurar casos de estudo que se relacionem com a execução em estudo e devem fazer uma pré-vistoria exploratória do edifício para avaliar a viabilidade da desconstrução por meio da identificação das técnicas construtivas e dos materiais constituintes (McGrath et al., 2000; CEPA, 2001; Macozoma, 2001).

- Conseguir o máximo de informações técnicas disponíveis por meio de documentação e ensaios (McGrath et al., 2000; CEPA, 2001).
- Realizar um inventário detalhado dos materiais a serem recuperados (Kilbert e Languell, 2000).
- Decidir se será uma desconstrução estrutural ou não-estrutural. Tal decisão deve ser baseada nas vistorias exploratórias, nas informações técnicas obtidas e no inventário de materiais (Macozoma, 2001).
- Identificar a necessidade de treinamento da mão-de-obra em diferentes níveis e montar uma equipa multidisciplinar com a presença tanto de peritos em demolição quanto em desconstrução para que o conhecimento sobre técnicas adequadas e usos de ferramentas específicas seja partilhado (Schultmann, 2000; CEPA, 2001).
- Elaborar o plano de reuso dos materiais recuperados antes do início da desconstrução (NAHB, 1997; Dolan et al., 1999; Schultmann, 2000; McGrath et al., 2000; CEPA, 2001).
- Elaborar o plano estratégico da desconstrução, inclusive com detalhamento dos equipamentos e ferramentas necessárias (NAHB, 1997; Dolan et al., 1999; Schultmann, 2000; McGrath et al., 2000; CEPA, 2001).
- Elaborar o plano de segurança no trabalho (CEPA, 2001).
- Levar em consideração a cultura com relação à demolição das empresas contratadas (McGrath et al., 2000).
- Considerar os custos por tipo de serviço (McGrath et al., 2000).

A Tabela 3.6 exemplifica as questões a serem abordadas para a decisão da estratégia de desconstrução segundo Storey et al. (2003a).

Tabela 3.6 - Comparação entre demolição tradicional e desconstrução. Fonte: Storey et al. (2003a).

	Demolição Tradicional	Desconstrução
Estaleiro	Pequena área de armazenamento para poucos materiais e equipamentos.	Grande área para separação, tratamento e armazenamento de diferentes elementos e materiais recuperados.
	Distâncias dos aterros e centros de reciclagem.	Distância dos mercados de troca e centros de reciclagem.
Tempo	Atividades relativamente rápidas.	Atividades demoradas, cuidadosas e detalhadas.
	Opção escolhida para novos projetos quando há pouco tempo de execução.	Somente quando a legislação obriga a desconstrução, tal técnica é usada para novos projetos.
Custos	Mão-de-obra sem especialização.	Mão-de-obra especializada.
	Máquinas e equipamentos especializados.	Equipamentos simples.

	Demolição Tradicional	Desconstrução
Meio-Ambiente	Grande volume de condução para aterro.	Volume residual de condução para aterro.
	Final do ciclo de vida do edifício, elementos e materiais nele contidos.	Reúso dos elementos e materiais recuperados com prolongamento de seu ciclo de vida.
	Não há separação no estaleiro.	Separação, tratamento e armazenagem de elementos e materiais recuperados em estaleiro e posterior transporte para zonas de comercialização e troca.
	Operação de demolição é uma atividade contínua.	Operação de desconstrução são várias atividades paralelas e cuidadosamente executadas para maximizar os elementos e materiais recuperados.
Informação	A disponibilidade de plantas de construção atualizadas não é tão importante.	São necessárias plantas de construção e modificação atualizadas. Por vezes fará parte do planeamento a elaboração de um conjunto de plantas “ <i>as built</i> ”.
	Os materiais perigosos são separados para garantir descarte adequado e a segurança dos trabalhadores do estaleiro.	É necessária a separação de descarte cuidadoso de materiais tóxicos e perigosos para evitar a contaminação cruzada.
	Não há especial tratamento para edifícios com valores históricos e sociais.	Há a preservação dos valores históricos e sociais associados aos elementos e materiais constituintes dos edifícios.
	Não há necessidade da identificação detalhada dos materiais, pois todos irão tornar-se parte do volume indiferenciado de RCD conduzido para aterro.	É muito importante a identificação dos elementos e materiais para garantir o máximo reaproveitamento segundo a hierarquia material.
Mercado	Identificação de aterros para descarte.	Identificação de mercados para troca e revenda de elementos e materiais recuperados.
	Transporte para aterros.	Pode ser necessário o transporte para diferentes mercados especializados na comercialização de diferentes elementos e materiais.
Construção	Tipo de estrutura é indiferente.	Preferencialmente estruturas reticuladas e conectadas mecanicamente.
	Método de construção é indiferente.	Técnicas construtivas manuais com o uso de ferramentas mais simples são mais fáceis de serem desconstruídas.
	A idade de construção do edifício é indiferente.	Edifícios antigos construídos antes do betão armado possuem materiais mais procurados e duráveis e são mais fáceis de desconstruir.
	As camadas do edifício são indiferentes.	Edifícios contruídos em camadas tornam não só a desconstrução, mas a manutenção e reparos muito mais fáceis.
Leis	Comummente é necessário licenciamento.	Em muitos casos é o mesmo tipo de licenciamento da demolição tradicional. Em outros casos há uma legislação especial.

	Demolição Tradicional	Desconstrução
Saúde e Seg.	Protocolos de saúde e segurança relativos à operação com maquinário pesado.	Protocolos de saúde e segurança relativos à exposição a materiais tóxicos e perigosos, ferramentas de mão e quedas.
	Segurança no trabalho para operadores de máquinas e equipamentos.	Segurança no trabalho para executores, separadores e tratadores de elementos e materiais recuperados.
Materiais Perigosos	Grande impacte negativo no meio ambiente.	Menor impacte negativo no meio ambiente.
	Remoção e descarte adequado de materiais perigosos.	Remoção e descarte adequado de materiais perigosos.
Gestão	Gestão de atividades e cronograma mais simplificada.	Gestão complexa elaborada cuidadosamente para utilizar efetivamente o tempo disponível e maximizar a recuperação de elementos e materiais. Gestores precisam ter maiores habilidades e mais experiência.

Visitas para Desconstrução

É importante visitar e conhecer os locais que serão submetidos à avaliação da capacidade de desconstrução (Chini e Bruening, 2003).

Licenças e Permissões para Desconstrução

Algumas cidades exigem licenciamento prévio para trabalhos de demolição e muitas não fazem distinção entre a demolição tradicional e a desconstrução (Kilbert e Languell, 2000).

Inventário de Materiais de Desconstrução

Deve ser feita uma estimativa prévia dos tipos, qualidades e quantidade dos materiais a serem recuperados, isto inclui testes de resistência e composição de estruturas e materiais – identificação da presença de materiais perigosos, como amianto e chumbo (NAHB, 1997; Dolan et al., 1999; Schultmann, 2000; Katz, 2000; Chini e Bruening, 2003).

Deve ser previamente identificada a capacidade de reuso, revenda, doação e reciclagem dos materiais recuperados. O inventário de materiais deve levar em consideração os seguintes critérios (Dolan et al., 1999; Katz, 2000):

- Características de cada categoria de material;
- Estimativa da quantidade que será recuperada de cada categoria de material;
- Identificação dos mercados para comercialização dos materiais recuperados, tanto para reuso, quanto para reciclagem;
- Instruções sobre as melhores técnicas de desmontagem a serem utilizadas com objetivo de garantir a integridade dos elementos e materiais recuperados e preservar o máximo valor intrínseco.

Descrição Detalhada do Edifício

Informações e descrições necessárias (NAHB, 1997):

- Tamanho e formato;
- Componentes estruturais: fundação, pavimentos, paredes internas, paredes externas, tetos, tesoura de telhado;
- Acabamentos: pisos e paredes;
- Tipo de cobertura;
- Caixilharias: tipo, modelo, composição;
- Instalações;
- Outras informações relevantes.

Para uma completa avaliação prévia do edifício a ser desconstruído é necessário que tal inspeção seja feita detalhada e atenciosamente por inspetores com o auxílio de ferramentas como formulários e câmaras fotográficas, assim como qualquer outra ferramenta, equipamento, testes e análises necessárias (PATH, 2000).

Plano de Ação de Desconstrução

É necessário já na fase de planeamento da desconstrução identificar possíveis mercados para escoar o material recuperado, planear a organização do estaleiro de obras para estações de processamento e armazenamento, e criar estratégias para descarte seguro de materiais perigosos. É também necessário identificar a legislação relativa ao serviço e conseguir as licenças necessárias (Dolan et al., 1999).

Execução da Desconstrução

As técnicas de desconstrução foram discutidas no item 3.6, mas, para além disso, os profissionais responsáveis pela coordenação dos trabalhos de execução da desmontagem devem planear anteriormente o fluxo material e os locais de processamento e armazenagem dos materiais recuperados; devem considerar usar técnicas mistas de desmontagem com o auxílio de equipamentos e máquinas, quando possível, para diminuir o tempo de execução; devem trazer os materiais recuperados em andares superiores rapidamente para o nível térreo para evitar que tais materiais tenham de ser movidos novamente quando for necessária a desmontagem do andar onde tais materiais se encontram (NAHB, 1997; Schultmann, 2000). Em cada fase do processo os materiais devem ser processados, limpos e armazenados para uso futuro (Sherman, 1998).

De forma geral, as fases da desconstrução dizem respeito a (McGrath et al., 2000):

- Isolar e garantir a segurança do estaleiro de obras;
- Remover materiais perigosos com os cuidados necessários;
- Remover materiais de fácil desmontagem;
- Remover elementos não estruturais;
- Remover elementos estruturais.

Segundo especialistas, como NAHB (1997), Sherman (1998), CEPA (2001), Macozoma (2001) e Chini e Bruening (2003), a desconstrução deve ser feita na ordem mostrada na Tabela 3.7. Para edifícios com mais de 1 pavimento, tal ordem deve ser repetida para cada um dos pavimentos, a começar pelos mais altos e seguir até o rés do chão.

Tabela 3.7 - Ordem da desconstrução. Fonte: NAHB (1997), Sherman (1998), CEPA (2001), Macozoma (2001) e Chini e Bruening (2003).

Ordem	Sistema	Elementos e Materiais
1	Acessórios	Caixilharias e acabamentos interiores, armários, metais, loiças e equipamentos.
2	Cobertura	Revestimento de cobertura, estrutura de cobertura, chaminés.
3	Paredes internas	Revestimentos e estruturas, alvenarias, instalações elétricas e canalizações, estrutura vertical (paredes portantes e pilares).
4	Paredes externas	Revestimentos e estruturas, alvenarias, calhas e grelhas de águas pluviais, caixilharias externas, estrutura vertical (paredes portantes e pilares).
5	Pisos e tetos	Pranchas de madeira dos pisos e tetos, instalações elétricas e canalizações, estrutura horizontal (vigas e lajes).
6	Outros	Escadas, alvenaria de rés do chão e caves, estrutura vertical (paredes portantes e pilares) e estrutura horizontal (vigas e lajes) de rés do chão e caves.

A Execução da desconstrução é composta de 4 fases (NAHB, 1997):

- Desmontagem – 37% do tempo;
- Processamento (limpeza, separação, tratamento, limpeza e estocagem) – 55% do tempo;
- Suporte (reuniões, supervisão, etc.) – 8% (junto com pesquisas);
- Pesquisas (estudos relativos ao processo e resolução de problemas).

Recomendações para execução da desconstrução (NAHB, 1997):

- Organizar o estaleiro para que não haja perda de tempo em transporte e limpeza.
- Definir o local de armazenagem de forma segura e próxima da zona de execução.
- Flexibilidade para mover as seções de armazenagem e processamento quando necessário.

Basicamente, para todos os elementos e materiais recuperados, será necessário classificá-los em uma das três categorias: Reúso imediato; Processamento necessário; ou Descarte (Kilbert e Languell, 2000).

Kilbert e Languell (2000) apresentam o cronograma de execução da desconstrução completamente manual de uma casa de 75 m² e um pavimento na Flórida, entretanto, tal cronograma pode servir de base para elaboração do cronograma de execução de desconstrução de outros edifícios, como apresentado pela Tabela 3.8.

Tabela 3.8 - Exemplo de cronograma de execução de trabalhos e desmontagem.
Fonte: Kilbert e Languell (2000).

	Segunda	Terça	Quarta	Quinta	Sexta	Sáb.	Dom.
Sem.1	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5		
	Limpeza do estaleiro de obras e do edifício.	Retirada de materiais tóxicos e perigosos.	Retirada de caixilharias internas.	Retirada de armários, equipamentos e acabamentos.	Retirada de acabamentos de paredes internas.	-	-
Sem.2	Dia 6	Dia 7	Dia 8	Dia 9	Dia 10		
	Retirada de telhas de cobertura e isolamento de casa de banho.	Desmontagem de deck e construções adjacentes.		Desmontagem de estrutura de cobertura.	Desmontagem de teto.	-	-
Sem.3	Dia 11	Dia 12	Dia 13	Dia 14	Dia 15		
	Desmontagem de cozinha.	Desmontagem de coberturas de varandas.	Desmontagem de estruturas de varandas.		Desmontagem de fundações de varandas.	-	-
Sem.4	Dia 16	Dia 17	Dia 18	Dia 19	Dia 20		
	Desmontagem de estrutura de cobertura.	Desmontagem de estrutura e fundação de deck e construções adjacentes.		Desmontagem de chaminés, paredes e teto.	Demolição de blocos de betão existente.	-	-
Sem.5	Dia 21	Dia 22					
	Demolição de blocos de betão existente.	Reciclagem de todos os metais recuperados.	-	-	-	-	-

Verificação Pós-Desconstrução

Ainda na fase de planeamento devem ser avaliadas as alternativas de reintrodução no ciclo produtivo dos elementos e materiais a serem recuperados. Isto deve incluir as alternativas para reuso e reciclagem. Na fase pós-desconstrução deve ser avaliada a qualidade dos elementos e materiais recuperados e comparado com as prerrogativas adotadas no planeamento (Schultmann, 2000).

3.8. Vantagens na Adoção da Desconstrução

3.8.1. Considerações Iniciais

Conforme o item 3.2, a desconstrução promove o uso mais eficaz dos recursos ao removê-los do fluxo de resíduos (McGrath et al., 2000; CEPA, 2001) e oferece benefícios históricos, sociais,

económicos e ambientais, pois disponibiliza um fluxo de materiais de boa qualidade e baixo custo na cadeia produtiva (Kilbert e Languell, 2000; Macozoma, 2001; Chini e Bruening, 2003; Couto e Couto, 2010). A prática da condução dos RCD para aterros pode ser combatida com a diminuição de volume de resíduos e consequente diminuição de custos de descarte e transporte de equipamentos e máquinas para os estaleiros, assim como lucro pela revenda dos materiais recuperados. A desconstrução também é especialmente benéfica para edifícios antigos, pois resulta em benefícios históricos ao preservar a arquitetura e técnicas antigas através da recuperação e revenda, com destaque para madeiras utilizadas em construções anteriores à 1950, com alto valor, dentre outros materiais históricos (Kilbert e Languell, 2000; Chini e Bruening, 2003). Com menores impactes ambientais e criação de empregos, a desconstrução contribui para a melhora na saúde a qualidade de vida da sociedade (Crowther, 1999a).

Efetivamente, a desconstrução possibilita (Couto et al., 2006):

- Reutilização de materiais;
- Reciclagem de materiais;
- Inovação tecnológica;
- Promoção da sustentabilidade na indústria da construção;
- Fortalecimento do mercado de troca de materiais reutilizados;
- Benefícios económicos e ambientais.

A desconstrução pode recuperar materiais para reuso, principalmente em construções antigas, cujos materiais semelhantes não estão mais disponíveis para revenda (Sherman, 1998; Kilbert et al., 2000). A desconstrução também pode ajudar com os imóveis devolutos e abandonados, tanto para a recuperação da capacidade de atender a procura por habitação e uso, quanto como estímulo para criação de empregos para trabalhadores com pouca formação, pois é um processo maioritariamente executado manualmente (Kilbert e Languell, 2000; Macozoma, 2001; Creba et al., 2019).

A desconstrução estimula o crescimento da economia local por meio da criação de mercados de materiais recuperados, plantas de reciclagem e empresas de reabilitação de elementos recuperados, entretanto devem ser feitos estudos e planeamento para garantir a viabilidade e sustentabilidade dos mercados (Kilbert e Languell, 2000; Chini e Bruening, 2003; Couto e Couto, 2010; Couto e Mendonça, 2011). Materiais recuperados por desconstrução podem ser vendidos e reutilizados para reabilitações de edifícios com as mesmas características, e consoante as políticas locais, o reuso pode garantir benefícios fiscais (BMRA, 2015).

Os RCD produzidos por demolição são potencialmente mais contaminados por materiais tóxicos ou perigosos (Dolan et al., 1999). Comparada à demolição, a desconstrução pode ser vantajosa caso as técnicas escolhidas para desconstrução combinem mão-de-obra e uso de equipamentos adequados para tornar o serviço mais rápido; os custos comparados de demolição de desconstrução são mais próximos para obras menores; a presença ou não de caves influencia o tempo e custo de

demolição e desconstrução de forma bem diferente; o custo de mão-de-obra é muito diferente entre demolição e desconstrução, pois a desconstrução usa maior quantidade de mão-de-obra mais especializada do que a demolição (NAHB, 1997).

Resultados positivos da aplicação da desconstrução, segundo NAHB (1997):

- Metade do tempo de obra foi gasto na desconstrução, metade foi gasto no processamento do material recuperado (remoção de pregos, separação e armazenagem).
- Excelente oportunidade para desenvolver e treinar mão-de-obra pouco qualificada.
- 70% do material foi recuperado para reuso ou reciclagem.
- Custo médio de desconstrução foi 24% maior do que o custo médio de demolição.
- Benefícios ambientais: obras menos barulhentas e sujas, diminuição da condução de resíduos para aterro, recuperação de energia incorporada, menor poluição do ar por amianto e poeira.

Especialistas e pesquisadores apontam algumas vantagens na adoção da desconstrução como regra para diferentes tipos de edifícios, em especial edifícios antigos, em detrimento da demolição tradicional. Neste item estão destacadas as seguintes vantagens detalhadas em subitens: a revalorização dos materiais recuperados, a recuperação de energia incorporada, a preservação de valores históricos, a criação de empregos, a redução na geração de RCD e menores impactos negativos no meio-ambiente (Chini e Bruening, 2003).

3.8.2. Revalorização dos Materiais Recuperados

A desconstrução aumenta o potencial de reuso de materiais recuperados e os mantém no ciclo produtivo (Kilbert e Chini, 2000; Kowalczyk et al., 2000; Kilbert e Languell, 2000; Couto e Couto, 2010). Os materiais recuperados podem possuir um considerável valor de revenda (NAHB, 1997; Sherman, 1998; Dolan et al., 1999; PATH, 2000). Particularmente, em regiões com recursos escassos, a desconstrução é o meio pelo qual é possível recuperar elementos e materiais necessários para novos projetos (Kilbert e Languell, 2000; Storey et al., 2003a).

Sobre o lucro com a revenda dos materiais recuperados, NAHB (1997) destaca que pode ser esperado um valor total de revenda de todos os materiais recuperados de 50% comparado aos mesmos materiais novos. Particularmente materiais raros recuperados de edifícios antigos, como madeiras de espécies extintas ou protegidas, podem ser reusadas tanto na própria indústria de construção civil, como no fabrico de móveis e outras indústrias (Sherman, 1998; Guy, 2001). Nos Estados Unidos o comércio de madeiras recuperadas por meio da desconstrução passou a ter um grande impacto na indústria da construção civil desde os anos 2000. Uma das formas de estimular o uso mais nobres (como em estruturas) das madeiras recuperadas é a criação de mecanismos de classificação e etiquetagem, o que pode ser estendido para outros tipos de materiais recuperados (Kilbert e Languell, 2000).

A Tabela 3.9 apresenta uma relação entre as aplicações recomendadas e os elementos e materiais recuperados de acordo com NAHB (1997) e Sherman (1998).

A revalorização de materiais implica o destino para reúsos. Segundo Crowther (2000) e Gorgolewski (2018), há quatro categorias para o reúso de materiais recuperados por desconstrução:

- 1) Reúso como parte da manutenção do próprio edifício;
- 2) Reúso para uma nova construção no mesmo sítio onde estava o edifício desmontado;
- 3) Reúso para uma nova construção em outro sítio;
- 4) Reúso em projetos não arquiteturais.

Tabela 3.9 - Destinos do material recuperado. Fonte: NAHB (1997) e Sherman (1998).

Destinos	Tipo de material recuperado	Aplicação
Reúso e revenda	Madeira de acabamento e revestimento.	Reúso em outras construções ou como matéria-prima para outras indústrias (como fabrico de móveis).
	Tijolos cerâmicos.	Reúso do material ou reciclagem por trituração para uso como agregado.
	Degraus de madeira das escadas.	Reúso em outras construções ou como matéria-prima para outras indústrias (como fabrico de móveis).
	Janelas.	Reúso em outras construções ou reciclagem dos diferentes elementos de forma específica.
	Acessórios elétricos.	Revenda, caso sejam únicos e valiosos ou reciclagem pelo valor dos metais.
Reúso e doação	Loiças (banheiras, lavatórios, sanitas).	Reúso ou trituração para reciclagem como agregado.
	Portas.	Reúso ou trituração para reciclagem como agregado.
	Prateleiras.	Reúso ou trituração para reciclagem como agregado.
	Armários de cozinha.	Reúso ou trituração para reciclagem como agregado.
Reciclagem	Pedregulhos.	Reciclar para uso como enchimento de pavimentação.
	Metais.	Revender para reciclagem de metais.
	Alcatrão.	Reciclagem para uso como novo alcatrão ou agregado.
	<i>Dry wall</i> e gesso.	Reciclar como areia para gatos ou agregado para <i>dry wall</i> .

Destinos	Tipo de material recuperado	Aplicação
Reciclagem	Solo.	Reciclar para uso como enchimento de pavimentação.
	Vidro.	Reciclar como agregado.
Aterro	Madeira pintada.	Condução para aterro.
	Entulho indiferenciado.	Condução para aterro.

Como exemplo do quarto uso, há oficinas de fabrico de produtos e móveis que utilizam somente material recuperado de demolições seletivas, em especial, madeira antiga.

Vários estudiosos, do tema da desconstrução descreveram estratégias para a máxima recuperação dos elementos. As características técnicas desejáveis no *design* para a desconstrução segundo Crowther (1999a, 1999b, 2000, 2005), Schultmann (2000), Macozoma (2001), Chini e Balachandran (2002) e Guy e Ciarimboli (2008) foram compiladas na Tabela 3.10.

Tabela 3.10 - Estratégias para recuperação material. Fonte: Crowther (1999a, 1999b, 2000, 2005), Schultmann (2000), Macozoma (2001), Chini e Balachandran (2002) e Guy e Ciarimboli (2008).

Estratégia	Reciclagem Material	Reprocessamento de Componentes	Reúso de Componentes	Relocação de Edifício
Manter atualizados e acessíveis todas as informações do edifício, como projetos, plantas e registos de modificações.	X	X	X	X
Escolher materiais de alta qualidade para encorajar a sua recuperação posterior.	X	X	X	X
Uso de materiais reciclados ou reusados.	X			
Minimizar os tipos de diferentes materiais e elementos.	X	X		
Evitar materiais perigosos ou tóxicos.	X			
Evitar acabamentos e materiais compostos.	X			
Identificação permanente dos materiais e componentes.	X		X	X
Identificação permanente dos pontos de desmontagem.			X	X
Usar poucos tipos diferentes de peças com alto desgaste.		X	X	X
Usar materiais que suportem frequentes montagens e desmontagens.		X	X	X
Usar conexões mecânicas ao invés de químicas.		X	X	
Ligações químicas mais fracas do que as partes ligadas.		X	X	

Estratégia	Reciclagem Material	Reprocessamento de Componentes	Reúso de Componentes	Relocação de Edifício
Minimizar o número de conexões para agilizar a desmontagem.			X	X
Sistemas de construção abertos e em grelha que permitam mudanças de layout.			X	X
Sistemas de montagem estrutural pré-fabricados e modulares.			X	X
Separar a estrutura do fechamento.			X	X
Escolher estrutura em grelha para maximizar os tamanhos padrão de materiais recuperados.	X	X	X	
Projetar as fundações para suportar expansões verticais do edifício.				X
Práticas e técnicas de baixa tecnologia.			X	
Acesso permanente às partes desmontáveis dos edifícios.			X	
Uso de materiais de construção leves que permitam o manuseio por trabalhadores.			X	X
Dimensões de componentes que permitam o manuseio.			X	X
Organizar os elementos em uma hierarquia de facilidade de acesso relacionada com a necessidade de substituição.			X	
Projetar sistemas de serviços em unidades centralizadas para evitar emaranhamento.	X	X	X	X
Fornecer peças sobressalentes para futura substituição.				X
Padronização e preferência por peças e projetos modulares.			X	X
Projeto que permita a desmontagem paralela preferencialmente à desmontagem sequencial.			X	X
Projeto que preveja todas as escalas de desmontagem: de elementos aos edifícios por completo.	X	X	X	X

3.8.3. Recuperação de Energia Incorporada aos Materiais

Ao recuperar materiais e destinar tais materiais para reúso, torna-se desnecessária a produção de novos elementos e materiais para atendimento das procuras, portanto a desconstrução contribui para a conservação da energia incorporada, ou seja, aquela gasta para o fabrico, dos elementos e materiais (Crowther, 2000; Kilbert, 2003 e Nasir et al., 2017).

A indústria da construção civil é responsável pelo consumo entre 30% e 40% da energia em vários países e usa até 40% da matéria-prima extraída (Macozoma, 2001). Os materiais reusados evitam

o gasto energético para extração fabrico de novos materiais, portanto recuperam energia incorporada (NAHB, 1997; Sherman, 1998, Kilbert e Languell, 2000; Macozoma, 2001).

Nos EUA, a indústria da construção civil consome mais de um terço das matérias-primas e consome cerca de 11% de toda a energia. Da energia consumida, 85% é usada na extração, fabrico e transporte de materiais e somente 15% nas obras. O reuso de materiais oriundo de desconstrução conserva tal energia (Sherman, 1998; Crowther, 1999a e 2000; Kilbert e Chini, 2000).

Segundo Crowther (1999a), num edifício com 40 anos de uso, 30% de toda energia consumida é energia incorporada. Portanto, o reuso de componentes reintroduz a energia incorporada ao ciclo produtivo.

3.8.4. Preservação dos Valores Históricos e Sociais

Por meio da desconstrução é possível recuperar cuidadosamente elementos e materiais arquitetónicos históricos com valores não só económicos para colecionadores, como sociais (Kilbert e Languell, 2000; Macozoma, 2001; Chini e Balachandran, 2002). É também possível reabilitar edifícios abandonados, dilapidados e sem condições de habitabilidade (Macozoma, 2001). A desconstrução não-estrutural pode ser usada com ferramenta para revitalização de áreas metropolitanas, reabilitação de edifícios abandonados e atender à procura por habitação barata para população carente (PATH, 2001).

Segundo Couto e Couto (2010) a desconstrução é uma ferramenta para estimular a reabilitação de edifícios antigos, históricos e socialmente valiosos o que diminui a pressão por construção de novos edifícios.

O reuso de elementos e materiais recuperados de construções antigas preserva a arquitetura e as habilidades dos artesãos de outrora (Chini e Bruening, 2003; Couto e Couto, 2010).

Segundo Ross (2017 e 2020) a conservação do máximo valor histórico de um edifício em fim de vida está profundamente ligada à adoção da desconstrução. No caso específico dos edifícios antigos, a adoção da desconstrução, associada a políticas e ferramentas para conservação de valores históricos e sociais, gestão de RCD e outras estratégias de reuso de elementos e materiais contribui para a mudança de paradigma do processo construtivo atual para a economia circular (Ross, 2020).

Ao se considerar que a demolição foi instrumento já utilizado para eliminar a herança cultural de edificações, a desconstrução, como ação contrária à demolição, ajuda a preservar os valores históricos e culturais (Creba et al., 2019).

Em Chicago, o Delta Institute desenvolveu a ferramenta “StoryWood”, para ligar elementos e materiais recuperados por meio de demolição seletiva às suas histórias e com isso acrescentar o

valor histórico e social ao material recuperado (Delta Institute, 2015). A recuperação de elementos e materiais dos edifícios antigos e conservação de seus valores históricos, culturais, sociais e emocionais torna tais valores concretos no sentido em que tais valores apresentam uma forma física (Ross, 2020).

3.8.5. Criação de Empregos

A desconstrução pode ser usada como uma ferramenta para regeneração económica por meio da criação de novos empregos para trabalhadores de baixa instrução e gera renda para a comunidade (Kilbert e Languell, 2000; CEPA, 2001; Macozoma, 2001; PATH, 2001; Chini e Bruening, 2003; Storey et al., 2003b).

Apesar dos maiores custos para mão de obra, o ganho social com a criação de emprego para trabalhadores com pouca formação é muito maior na desconstrução, favorece a distribuição de renda e fortalece a economia local (NAHB, 1997; McGrath et al., 2000; Kilbert et al., 2000; Chini e Bruening, 2003; Couto e Couto, 2010).

A desconstrução ajuda a identificar trabalhadores com aptidões naturais para trabalhos detalhados e trabalhadores que valorizam a segurança e organização dos estaleiros (NAHB, 1997).

A desconstrução é também uma excelente forma de aprendizagem de técnicas construtivas pois é um trabalho que precisa de mais habilidades do que a demolição (Kilbert e Languell, 2000; CEPA, 2001), já que observar como um edifício é desconstruído ensina aos trabalhadores como construir edifícios (NAHB, 1997; PATH, 2000; Kilbert et al., 2000).

Os trabalhadores da desconstrução ficam mais satisfeitos quando observam que o resultado de seu trabalho é uma pilha organizada e limpa de material com valor de reuso, ao contrário de uma pilha de entulho desvalorizado e que será conduzido para aterro (NAHB, 1997).

Não só são criados empregos melhores e mais especializados na construção civil, como também são criados empregos por meio da criação de mercados de revenda de materiais recuperados (Kilbert et al., 2000; Storey et al., 2003b; Couto e Mendonça, 2011).

3.8.6. Redução na Geração de Resíduos de Construção Civil

É estimado que entre 35% a 40% dos resíduos sólidos municipais seja composta de RCD. A maior parte dos resíduos produzidos durante a vida útil de um edifício vem das fases de construção e demolição (Dolan et al., 1999).

A Desconstrução promove a redução de geração de resíduos e consequente redução da condução, muitas vezes de forma ilegal, dos RCD para aterro (Crowther, 1999a; Kilbert e Chini, 2000; Kilbert e Languell, 2000; CEPA, 2001; Storey et al., 2003b; Couto e Couto, 2010). Como menos material

será conduzido para aterro, isto diminui o impacto ambiental dos aterros e diminui os custos de condução (NAHB, 1997; Sherman, 1998; Dolan et al., 1999; CEPA, 2001; Macozoma, 2001; PATH, 2001).

De acordo com Roussat et al. (2009), para além da preocupação com o impacto ambiental resultado da gestão inadequada de resíduos de demolição, há questões financeiras relativas à condução de resíduos para aterros, já que os custos para criação e manutenção de aterros municipais são pagos pela população, e também há o aspeto económico do desperdício do valor dos materiais que poderiam ser reintroduzidos no mercado de trocas de matérias-primas em segunda-mão. Considerando-se que a desconstrução é a alternativa à demolição, que, por sua vez é uma alternativa para o fim de vida de edifícios que gera RCD, a adoção da desconstrução reduz a geração de RCD e a condução para aterros (Thomsen et al., 2011).

3.8.7. Menores Impactes Negativos no Meio-Ambiente

A escolha pela desconstrução, em síntese, após todo o seu percurso, resulta em reduzido impacto no solo, lençol freático, vegetação, menor emissão de gases do efeito estufa (NAHB, 1997; Crowther, 1999a; Macozoma, 2001). A emissão de partículas de elementos perigosos no ar, como amianto e chumbo também é diminuído, além da diminuição dos fumos oriundos de edifícios incendiados (Sherman, 1998; Dolan et al., 1999; Storey et al., 2003a).

O reuso dos materiais oriundos da desconstrução tem como efeito ambiental a conservação dos recursos naturais (Kilbert e Languell, 2000; Storey et al., 2003b; Barkkume, 2008) e redução de perdas de espécies de fauna e flora tanto pela diminuição da necessidade de extração de matéria-prima para fabrico de novos materiais de construção, quanto pela menor condução para aterro (Crowther, 1999a; PATH, 2000; Kilbert e Chini, 2000; Kowalczyk et al., 2000; Kilbert et al., 2000; Macozoma, 2001).

A adoção da desmontagem melhora a imagem pública das empresas de demolição, que se mostram preocupadas com os impactes ambientais que suas obras provocam (Sherman, 1998).

A obra de desconstrução incomoda menos aos vizinhos e tem menor impacto nos ecossistemas próximos do que a demolição (NAHB, 1997; Sherman, 1998; PATH, 2000; Kilbert e Chini, 2000).

Os RCD são compostos de materiais de construção que tem o potencial de serem recuperados, reutilizados ou reciclados, o que evita a extração de materiais brutos e redução dos recursos naturais (Umar, 2017 e Gorgolewiski, 2018).

3.9. Constrangimentos para a Desconstrução

3.9.1. Considerações Iniciais

Em geral, os constrangimentos à adoção da desconstrução classificam-se de duas formas: projeto ou políticas (Kilbert e Chini, 2000). Tais constrangimentos dizem respeito a barreiras físicas ou práticas (Hurley et al., 2002). Os principais constrangimentos detalhados neste item são dos tipos legal, económico, técnico e temporal.

A alta variedade de materiais com potencial de recuperação, a dispersão geográfica das obras de desconstrução, falta ou inconsistência de instrumentos regulatórios, facilidade de condução de RCD para aterros, custos de execução e baixo valor de revenda são constrangimentos à adoção da desconstrução. Devem ser identificados e avaliados os custos relativos a materiais, energia, investimento, condições dos materiais recuperados e cronograma para avaliar viabilidade da desconstrução (Dolan et al., 1999). Infelizmente, a desconstrução só é considerada quando os materiais a serem recuperados tem alto valor de revenda e são facilmente desmontáveis (Hurley et al., 2002).

3.9.2. Constrangimentos Legais

Em muitas jurisdições não há legislação especialmente voltada para a adoção da desconstrução, ou não há diferença entre a permissão concedida para trabalhos de demolição tradicional ou desconstrução. Tais permissões levam muito tempo para serem concedidas, o que diminui o tempo disponível para a execução dos trabalhos (CEPA, 2001; Storey et al., 2003a; Couto e Couto, 2010).

O papel da influência legal na adoção da desconstrução pode determinar a tendência ao aumento das demolições ou a adoção definitiva da desconstrução como alternativa para o fim de vida de edifícios. As legislações com exigências rígidas de atendimento de critérios técnicos por todos os edifícios, sem distinção do ano de construção e técnicas construtivas muitas vezes tornam a demolição de edifícios antigos muito mais viável do que as reabilitações para atendimento destas mesmas legislações (Thomsen et al., 2011).

Segundo Ross (2017), as práticas de desconstrução estão profundamente ligadas à legislação local para gestão de resíduos sólidos. Mesmo instituições certificadoras, como o LEED, dão crédito para somente algumas formas de reuso.

Segundo a CEPA (2001) é preciso que haja estímulo legal à desconstrução e reutilização de materiais, assim como aumento de valores cobrados pelos governos para taxas para a condução de resíduos para aterros e que processos burocráticos, que necessitam longos períodos de espera para obtenção da permissão para demolição e que acarretam atraso no cronograma de obra e deixam pouco tempo para realização da desconstrução com o cuidado necessário, sejam otimizados.

É preciso o desenvolvimento de uma estratégia regional (legislação específica, apoio governamental, etc.) para a recuperação, armazenagem e comercialização de elementos e materiais recuperados (Ross, 2017). É necessário que seja claramente atribuída a responsabilidade para cada um dos envolvidos na desconstrução, como por exemplo os projetistas, arquitetos, engenheiros, executores e responsáveis pelo descarte (Dolan et al., 1999), o que pode ser feito por meio de normas bem definidas, considerando-se que a cadeia produtiva dos envolvidos em obras de construção e demolição é resistente a mudar os métodos e procedimentos adotados para adaptarem-se a novas propostas (Dolan et al., 1999; Couto e Couto, 2010).

3.9.3. Constrangimentos Económicos

Instrumentos que favorecem novas construções, como taxas mais baixas e melhores condições de financiamento, em detrimento de remodelações e requalificações prejudicam a adoção da desconstrução (Thomsen et al., 2011). Thomsen et al. (2011) destaca dois exemplos: o primeiro exemplo de que o imposto sobre construções novas era de 0%, enquanto o mesmo imposto sobre renovação e manutenção era de 20% em 2011 no Reino Unido; o segundo de que em 2011 os custos de renovação de infraestrutura eram subsidiados pelo governo na Holanda no caso de novas construções, mas não no caso de edificações existentes.

Ross (2017) destaca que a desconstrução é desestimulada quando o foco está voltado para a construção de edifícios se não for avaliado o parque habitacional existente antes. O que se verifica são edifícios existentes a serem demolidos para dar lugar a novos, e os RCD gerados conduzidos para aterros.

Por levar mais tempo e necessitar treinamento e mão-de-obra mais especializada, o custo de mão-de-obra tende a ser maior para a desconstrução, pois é necessários recolher, separar e processar os itens recuperados (Sherman, 1998; Schultmann, 2000; McGrath et al., 2000; Kilbert et al., 2000, Kilbert e Languell, 2000; CEPA, 2001; Storey et al., 2003a; Couto e Couto, 2010; Couto e Mendonça, 2011). Pode também haver riscos à saúde dos trabalhadores pelo trabalho manual repetitivo e possibilidade de trabalho em condições insalubres ou inseguras (McGrath et al., 2000; Storey et al., 2003a). É necessário ainda algum nível de treinamento em técnica e segurança, o que muitas vezes exige que um especialista seja consultado (BMRA, 2015).

Ross (2017) aponta ainda outros custos associados à desconstrução:

- Custo relacionados com a inativação de materiais tóxicos ou perigosos, que necessitam da intervenção de especialistas para serem tratados com segurança.
- Necessidade de infraestrutura de armazenagem dos itens recuperados em armazéns apropriados.
- Pouco valor percebido para elementos e materiais recuperados.

- Falta de comparação entre os custos de renovação e adaptação de edifícios antigos versus a demolição para criar espaço para novas construções.
- Recuperação somente de materiais com alto valor económico percebido e destino de outros materiais reusáveis, entretanto com menor valor, para reciclagem ou aterro.
- Mercados de trocas e materiais pouco desenvolvidos, o que provoca um acúmulo de material não reusado e gera custos de armazenagem.
- Desvalorização de outros valores intrínsecos, como valores históricos e sociais dos itens recuperados, que herdaram tais valores dos edifícios dos quais fizeram parte.

Frequentemente os custos para condução para aterro são baixos, o que desestimula ações para divergir os RCD deste tipo de destino (Kilbert e Chini, 2000; Kilbert et al., 2000; Storey et al., 2003a). Enquanto os custos para condução para aterro forem baixos, esta prática seguirá como a escolha preferida dos empreiteiros (McGrath et al., 2000).

Para cortar custos, tanto as obras de construção quanto as de demolição procuram os menores valores para descarte de seus RCD. Baixas taxas para condução para aterro desestimulam a separação e recuperação de elementos e materiais por meio da desconstrução (Dolan et al., 1999, Kilbert e Languell, 2000).

Consumidores desinteressados em materiais recuperados, ou que considerem tais materiais como tendo baixa qualidade desestimulam toda a cadeia da desconstrução (Chini e Bruening, 2003; Storey et al., 2003a). Faltam recursos para treinamento, pesquisa e ferramentas para a implementação da desconstrução (Storey et al., 2003a). A percepção social de que os materiais recuperados para serem reusados e reciclados tem pouco valor pode justificar a falta de esforço para tratamento quando a matéria-prima virgem é mais valiosa e mais barata (Kilbert e Languell, 2000; Storey et al., 2003a).

Caixilharias e acabamentos interiores, armários, metais, loiças e equipamentos tem pouco valor de revenda. A desmontagem de paredes de alvenaria leva mais tempo e recupera menor quantidade de material de pouco valor para reuso (NAHB, 1997). Tijolos cerâmicos são trabalhosos para serem recuperados e processados, o que resulta em um preço de revenda pouco competitivo face ao material novo (Kowalczyk et al., 2000), por exemplo.

A falta de um mercado para reintrodução de materiais recuperados no ciclo produtivo, assim como legislações que proíbem o uso de materiais reciclados para determinados usos são alguns dos constrangimentos à adoção da desconstrução como alternativa viável à demolição (Dolan et al., 1999; CEPA, 2001; Barkkume, 2008). A implantação de mercados de troca de elementos e materiais recuperados encontra os seguintes fatores limitantes (CEPA, 2001; PATH, 2001; Storey et al., 2003a):

- Falta de conhecimento público sobre a disponibilidade de materiais recuperados.

- Falta de conhecimento sobre os valores mais baixos de materiais recuperados.
- Nem sempre é possível encontrar o material necessário na altura da execução das obras.
- Nem sempre é possível encontrar a quantidade necessária de material recuperado para atender a necessidades específicas.
- Falta de conhecimento sobre os benefícios ambientais do uso de elementos e materiais recuperados.
- Perceção errônea de que os elementos e materiais recuperados têm qualidade inferior.
- Nem sempre os elementos e materiais recuperados atendem as exigências técnicas.
- Mercados dispersos espacialmente e elementos e materiais pulverizados entre esses mercados, o que aumenta o custo de transporte.

Muitas vezes, por falta de procura, o valor dos materiais recuperados é considerado baixo o suficiente para não justificar a escolha pela desconstrução (Kilbert et al., 2000).

Na União Europeia há falta de confiança na qualidade e segurança no uso de materiais recuperados, o que prejudica a procura por este tipo de material e compromete o desenvolvimento dos mercados de troca de materiais em segunda-mão (CE, 2016). A falta de um mercado estabelecido para materiais recuperados justifica-se também por uma perceção negativa por parte do público consumidor sobre a qualidade e confiabilidade de elementos e materiais recuperados (PATH, 2001).

3.9.4. Constrangimentos Técnicos

Muitos edifícios existentes, assim como seus componentes, não foram projetados para a desconstrução. Há poucas ferramentas de desconstrução aplicáveis a diferentes tipos de edifícios existentes (Kilbert e Chini, 2000; Kilbert, 2002a; Storey et al., 2003a). Edifícios em betão armado são mais difíceis de serem desconstruídos (Kowalczyk et al., 2000).

Há também a questão da falta de documentação ou documentação insuficiente para estudos de viabilidade da desconstrução (Storey et al., 2003a). Somado a isto, há perda de informação importante, como plantas de construção e modificação e registos das remodelações, modificações e manutenção (McGrath et al., 2000).

As normativas de construção muitas vezes não preveem a possibilidade do uso de elementos e materiais recuperados, portanto novos projetos não incorporam o reuso nos seus planos (Kilbert e Chini, 2000).

Sistemas fixos ou inseridos em outros sistemas, como por exemplo canalizações inseridas na estrutura, dificultam a desconstrução. Os diferentes sistemas devem ser diferenciados desde o projeto para permitir a recuperação material (Couto e Mendonça, 2011).

Novos materiais compostos e conexões soldadas e coladas não são adequadas à desconstrução (Sherman, 1998; CEPA, 2001). O uso de materiais sem potencial de reuso ou reciclagem, materiais ineficientes e escolhas técnicas que resultem em desperdícios material são constrangimentos à desconstrução (Dolan et al., 1999; Storey et al., 2003a).

A inconsistência no tipo e quantidade de materiais recuperados por causa da variabilidade de tipos de edifícios desconstruídos é um dos constrangimentos à adoção da desconstrução (PATH, 2001).

Ainda sobre técnicas aplicadas à construção, há falta de indicadores concretos que liguem a desconstrução aos seus benefícios ambientais e permitam a quantificação destes benefícios (Kilbert e Chini, 2000).

A maior parte dos executores de obras de renovação, construção e demolição consideram os RCD como um produto homogêneo das intervenções, particularmente no caso de renovações (Dolan et al., 1999). Muitos locais exigem determinadas características técnicas para o seu uso em construção (Storey et al., 2003a). A dificuldade em caracterizar, classificar e certificar materiais recuperados por falta de técnicas, procedimentos ou certificações é um dos constrangimentos à desconstrução e ao reuso de materiais (Dolan et al., 1999; Kilbert e Chini, 2000; Kilbert e Languell, 2000; Barkkume, 2008; Couto e Couto, 2010; Couto e Mendonça, 2011).

Dolan et al. (1999) afirma que uma das grandes barreiras para a revalorização dos materiais recuperados é a variabilidade no volume de RCD para indústrias de reciclagem e para os mercados de troca de materiais, e isto se dá devido à composição inconsistente dos RCD, à alta dispersão geográfica das atividades de demolição, à falta de regulação e controle da gestão de RCD, da prática de deposição final irregular e dos custos baixos para a condução para aterros.

Do ponto de vista do estaleiro, é necessário um espaço considerável para processamento e armazenagem de elementos e materiais recuperados, e muitos estaleiros, em particular de remodelações, não dispõem de espaço suficiente (Dolan et al., 1999; Schultmann, 2000).

Quanto aos materiais perigosos, há o exemplo do amianto, utilizado para coberturas de edifícios, e tintas à base de chumbo que contaminam materiais e dificultam a desconstrução (Couto e Couto, 2010). Deve ser feita uma análise prévia da presença de materiais perigosos e equipas especializadas na sua remoção devem ser contratadas, pois requerem treinamento especial para manuseio e descarte (Sherman, 1998; Macozoma, 2001; PATH, 2001; Couto e Mendonça, 2011). Materiais perigosos, quando descartados junto a materiais inertes, contaminam os inertes e inviabilizam a reutilização dos últimos e conseqüentemente, dos trabalhos de desconstrução (Dolan et al., 1999; CEPA, 2001).

3.9.5. Constrangimentos Temporais

Como já dito antes, a desconstrução leva mais tempo do que a demolição (NAHB, 1997; Kilbert e Chini, 2000; Schultmann, 2000; McGrath et al., 2000; Couto e Mendonça, 2011). A pressão temporal para execução da demolição no menor tempo possível muitas vezes inviabiliza a desconstrução (PATH, 2001; Couto e Couto, 2010).

Segundo Kilbert e Languell (2000), o tempo de execução da desconstrução pode ser de duas até dez vezes o tempo de execução da demolição tradicional e, em geral, a remoção de edifícios tem pouco tempo para ser executada (CEPA, 2001).

3.10. Exemplos de Adoção da Desconstrução no Mundo

Vários casos de estudo, particularmente dos Estados Unidos e do Canadá provam que a desconstrução é uma opção económica e ecologicamente viável à demolição e posterior condução para aterro (Kilbert e Languell, 2000).

Estados Unidos

Algumas cidades dos EUA desenvolveram políticas de gestão de resíduos de demolição de edifícios antigos com o objetivo de recuperar e reusar tais elementos e materiais em outros edifícios antigos (Ross, 2020). A desconstrução e reuso material é predominante em áreas onde o custo para a condução para aterro de RCD é mais caro (Kilbert et al., 2000).

As forças armadas norte-americanas iniciaram alguns programas de desconstrução já no princípio dos anos 1990 (Kilbert et al., 2000), sendo Fort McCoy um dos casos de estudo da adoção da desconstrução para desmontagem e reaproveitamento de instalações militares em madeira. Esta obra em particular tornou-se um caso de estudo detalhado sobre a capacidade e custos de desconstrução (Dolan et al., 1999).

Em 1997, o NAHB Research Center, Inc. publicou um relatório detalhado sobre um processo de desconstrução em Riverdale, relativo à desconstrução de um edifício residencial de quatro unidades e 186 m² de área em Baltimore County, Maryland. Este caso de estudo deu origem a um guião que serviu de referência para muitos outros estudos e iniciativas governamentais (NAHB, 1997).

Madeiras usadas em construções residenciais pré-II Guerra Mundial são os materiais mais procurados por conta da sua alta qualidade, por isso houve esforços de entidades, tais como a Universidade da Flórida no início dos anos 2000, para recertificar madeiras recuperadas (Kilbert et al., 2000). Também na Flórida em 2000 foi feito um estudo detalhado da possibilidade de adoção da desconstrução como regra para o fim de vida dos edifícios do estado, em particular edifícios militares e administrativos com valor histórico e social (Kilbert e Languell, 2000).

Já mercados para o comércio de materiais recuperados foram estabelecidos desde os anos 2000 em vários estados, como Califórnia, Washington, (Kilbert e Languell, 2000).

Os casos de estudo em Miami, El Paso, Milwaukee e Nashville apresentados por PATH (2001) mostraram que a adoção bem sucedida da desconstrução está relacionada com o apoio de agências governamentais à implementação de mercados de trocas, uso de elementos e materiais recuperados nos projetos públicos, desestímulo ao uso de aterros por meio de altos custos de condução, inclusão dos princípios da desconstrução nas políticas públicas de incentivo à habitação popular, e ampla divulgação dos benefícios da desconstrução para a população em geral.

Canadá

Desde o início dos anos 2000 a cidade de Vancouver desenvolveu estudos que concluíram que edifícios de melhor qualidade podem ser construídos com o uso de até 95% de materiais recuperados (nomeadamente madeira) por um preço competitivo (Kilbert e Languell, 2000).

Em 2014, em resposta à demolição de mais de 900 edifícios antigos por ano, a cidade de Vancouver publicou a “Lei de Demolição Verde”²² com regras rígidas para demolição de edifícios construídos antes dos anos 1940 com carácter arquitetónico “especial”. Tal lei determina que 95% dos materiais resultantes da demolição de tais edifícios seja reutilizado, reciclado ou de outra forma, desviado da condução final para aterros. Os objetivos da política são tanto encorajar que as casas não sejam demolidas, quanto estimular que elementos e materiais com valores históricos e sociais sejam reutilizados (Ross, 2020).

Portugal

O pavilhão Expo 98 montado em Lisboa foi desmontado em maio de 2005 em um período de 14 semanas e foi remontado novamente em Loures em maio de 2007. Mesmo com a perda de alguns elementos, elementos semelhantes foram fabricados para permitir a remontagem. Tal operação divergiu o volume de elementos e materiais de serem conduzidos para aterro e salvou a energia incorporada. Tal operação foi possível com o auxílio governamental (Santos e Brito, 2007).

Outro caso foi a remoção do Cacém Polis em Lisboa, referente a um conjunto de edificações construídas entre 1900 e 1945. Tal operação foi conduzida por uma empresa especializada que realizou desconstrução não-estrutural seguida de demolição tradicional para estrutura e alvenaria. O estudo conclui que quanto maiores as taxas para condução para aterro, mais economicamente favorável será a desconstrução. (Coelho e Brito, 2011b).

Reino Unido

A publicação em 1996 de leis que taxavam pesadamente a condução para aterro estimulou um aumento significativo de estações de reciclagem de RCD. No início dos anos 2000, cerca de 3

²² No original, “Green Demolition Law”. Tradução da autora.

milhões de toneladas de RCD eram recuperadas por desconstrução no Reino Unido, o que envolve menor processamento do que a reciclagem, assim como cria mais e melhores empregos e usa os recursos de forma mais eficaz (McGrath et al., 2000).

Alemanha

Desde o início dos anos 1990 diversos casos de estudo sobre a adoção da desconstrução foram conduzidos na Alemanha com resultados de recuperação de até 97% de material que seria descartado. Foram desenvolvidos estudos pelo Deutsch-Französisches Institut für Umweltforschung – DFIU para investigar os custos da desconstrução versus a demolição tradicional (Schultmann, 2000).

Holanda

O Governo holandês publicou uma lei em 1997 que tornava ilegal conduzir para aterro materiais recuperados reusáveis, o que estimulou a recuperação de materiais. A desconstrução na Holanda encontra dificuldades pelo fato da maioria dos edifícios ter sido construída em betão armado, que é uma técnica construtiva difícil de ser desmontada, no entanto foram feitos esforços para conscientizar os atores envolvidos na indústria da construção sobre o *design* para a desconstrução (Kowalczyk et al., 2000).

Noruega

O reuso de edifícios, elementos e materiais é tradicional na Noruega, particularmente para as tradicionais casas de toras de madeira norueguesas. No início dos anos 2000 foi desenvolvido o sistema Building System for Reuse²³ – BfO com o objetivo de eliminar o uso de materiais compósitos, estimular a adoção de técnicas construtivas tradicionais e dar preferência a materiais locais. O sistema buscava a adoção generalizada de elementos de *design* para a desconstrução com objetivo de projetar edifícios que fossem facilmente montados e desmontados e adaptáveis à diferentes necessidades de diferentes pessoas (Myhre, 2000).

Austrália

Desde os anos 1990 há relatos da adoção da desconstrução como estratégia para recuperação de elementos e materiais na Austrália (Crowther, 2000). Crowther (2000) afirma que para edifícios residenciais, de 50% a 80% dos materiais foram recuperados, no caso particular do betão, entre 70% e 80% foi recuperado.

Nova Zelândia

Desde os anos 2000 foram desenvolvidos casos de estudos sobre a capacidade de desconstrução e gestão de resíduos na Nova Zelândia, como por exemplo, a Lambie House, em Wellington, apresentado por Storey (2002). O engajamento das partes envolvidas é fator chave para o sucesso

²³ Sistema de Construção para Reúso”, tradução da autora.

da adoção da desconstrução, assim como o apoio governamental em promover e educar a população e a indústria sobre os benefícios da desconstrução.

Casos de estudo em Christchurch mostraram que houve significativa economia na adoção da desconstrução e gestão de RCD, e que até 50% dos resíduos podem ser desviados dos aterros e reinseridos no ciclo económico (Storey, 2003a). Há também casos de reuso adaptativo de e relocação de edifícios.

Japão

No início dos anos 2000, 90% das conduções ilegais para aterros japoneses eram RCD. Para edifícios acima de certo tamanho, a desconstrução para recuperação de materiais específicos, como concreto, asfalto e madeira é obrigatório (Futaki, 2000).

Israel

No início dos anos 2000 as técnicas de desconstrução foram usadas primeiramente pelo exército para que unidades de acampamento militar pudessem ser movidas, desmontadas e remontadas repetidamente. Tais técnicas foram também usadas experimentalmente para a edificação de um parque de garagens de 4 andares (Katz, 2000).

Turquia

Empresas de construção e desconstrução da cidade de Ankhara desenvolveram um sistema coordenado de reuso e reciclagem de RCD. Após a avaliação prévia da edificação em fim de vida, as empresas escolhem uma das três alternativas de parceria: a empresa de desconstrução paga pelos materiais recuperados; a empresa de construção paga pelos materiais recuperados; ou não há pagamento e a empresa de desconstrução retém os materiais recuperados. Isto estimula empresas de desconstrução a investir no treinamento de seus funcionários a fim de garantir que os materiais recuperados retenham o máximo valor. Esta estratégia só é bem-sucedida pois existe um mercado de troca de materiais bem consolidado e os preços de materiais de segunda mão são atrativos (Omar et al., 2019; Elias-Özkan, 2002).

3.11. Nota Final

A desconstrução como técnica alternativa à demolição tradicional é uma das ferramentas essenciais para a transformação do paradigma da indústria da construção do modelo atual de consumo para uma economia circular (Storey et al., 2003a; Thomsen et al., 2011; BMRA, 2017).

Esta abordagem para o fim de vida de edifícios, embora possa ser aplicada a diferentes tipos de técnicas construtivas, é especialmente positiva para edifícios antigos, particularmente os portugueses, pois estes estão em conformidade com vários princípios do *design* para a desconstrução (NAHB, 1997; Sherman, 1998; PATH, 2001; Guy, 2002) e possuem várias características favoráveis à desconstrução.

Algumas vantagens na adoção da desconstrução são a revalorização dos elementos e materiais recuperados e a manutenção ou crescimento de seus valores intrínsecos (Kilbert e Chini, 2000; Kowalczyk et al., 2000; Kilbert e Languell, 2000; Couto e Couto, 2010); a recuperação da energia incorporada nos materiais (NAHB, 1997; Sherman, 1998, Kilbert e Languell, 2000; Macozoma, 2001); a preservação e recuperação de valores históricos, culturais e sociais (Kilbert e Languell, 2000; Macozoma, 2001; Chini e Balachandran, 2002); a redução na geração de RCD (Crowther, 1999a; Kilbert e Chini, 2000; Kilbert e Languell, 2000; CEPA, 2001; Storey et al., 2003b; Couto e Couto, 2010); a redução no impacto ambiental, seja por meio da redução na necessidade de extração de matéria-prima, seja pela redução do uso de aterros como destino para condução final de RCD (Crowther, 1999a; PATH, 2000; Kilbert e Chini, 2000; Kowalczyk et al., 2000; Kilbert et al., 2000; Macozoma, 2001); e a geração de empregos para trabalhadores com baixa formação por meio do fortalecimento da cadeia da economia circular aplicada à construção civil (Kilbert e Languell, 2000; CEPA, 2001; Macozoma, 2001; PATH, 2001; Chini e Bruening, 2003; Storey et al., 2003b).

Entretanto, a falta de legislação, financiamento e estímulo à desconstrução; falta de indicadores claros sobre os benefícios da desconstrução (CEPA, 2001; Thomsen et al., 2011; Ross, 2017); edifícios existentes pouco adequados à desconstrução (Kilbert e Chini, 2000; Kilbert, 2002a; Storey et al., 2003a); a dispersão espacial dos edifícios a serem desconstruídos e a variabilidade dos componentes recuperados (Dolan et al., 1999; PATH, 2001); o maior tempo de obra e maiores custos de mão-de-obra (NAHB, 1997; Kilbert e Chini, 2000; Schultmann, 2000; McGrath et al., 2000; Couto e Mendonça, 2011); pouco custo para condução para aterro e pouca fiscalização para descargas ilegais (Kilbert e Chini, 2000; Kilbert et al., 2000; Storey et al., 2003a); presença de materiais perigosos e perda de valor de materiais recuperados (Dolan et al., 1999; Kilbert e Languell, 2000; CEPA, 2001; Storey et al., 2003a); e a falta de um mercado consolidado para revenda de elementos e materiais recuperados ou desinteresse do público por tais componentes (Dolan et al., 1999; CEPA, 2001; Barkkume, 2008) são constrangimentos à adoção da desconstrução.

Para a adoção da desconstrução como alternativa preferencial para o fim de vida de edifícios é necessário o envolvimento de vários diferentes atores, mas de forma destacada, dos governos nacionais e locais, que devem criar uma legislação que não só estimule a desconstrução, mas desencoraje a demolição tradicional e a condução para aterro (Dolan et al., 1999; PATH, 2000; Crowther, 2000; Kowalczyk et al., 2000; Macozoma, 2001); Kilbert, 2002b). Além destes, é necessária a educação e sensibilização de proprietários de obras e consumidores, arquitetos e engenheiros (Chini e Bruening, 2003). É necessária também a adesão de empresas de demolição e construção às técnicas de desconstrução (Kilbert e Languell, 2000; Chini e Bruening, 2003; Storey et al., 2003a). E, por fim, a criação de mercados de troca de elementos e materiais recuperados bem estabelecidos (Kowalczyk et al., 2000; Macozoma, 2001).

Os conceitos relacionados com a desconstrução devem fazer parte das várias fases do ciclo de vida de um edifício, entretanto, quanto mais cedo tais conceitos forem considerados, por exemplo, já na fase de projeto e conceção, mais conforme com os princípios da desconstrução será o edifício (Macozoma, 2001; Durmisevic e Brouwer, 2002; Chini e Bruening, 2003; Crowther, 2009). Já há várias técnicas desenvolvidas para adoção da desconstrução nas diferentes fases do ciclo de vida dos edifícios e, particularmente para a execução de uma desconstrução, seja ela não-estrutural ou estrutural (Macozoma, 2001; PATH, 2001).

A desconstrução tem custos associados, particularmente no que diz respeito à mão-de-obra, mas também pode se mostrar vantajosa economicamente justamente pela revenda dos materiais recuperados. Por isto, mais uma vez, são tão importantes o estabelecimento de um mercado de revenda de componentes recuperados e a mudança da cultura de consumo destes mesmos materiais (Macozoma, 2001; CEPA, 2001).

Como prova da efetividade da desconstrução e das vantagens na sua adoção, há vários exemplos nacionais e internacionais, com destaque para os Estados Unidos, que já experimentam com a desconstrução desde os anos 1990; o Canadá, Reino Unido, Alemanha, Holanda, Noruega, Austrália, Nova Zelândia, Japão, Israel e Turquia também já tiveram experiências com a desconstrução. Por fim, em Portugal, apesar de não ter legislação especialmente voltada para a desconstrução, já houve algumas experiências bem-sucedidas com a adoção da desconstrução.

CAPÍTULO 4 - METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DESCONSTRUÇÃO E RECUPERAÇÃO MATERIAL PARA EDIFÍCIOS ANTIGOS

METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DESCONSTRUÇÃO E RECUPERAÇÃO MATERIAL PARA EDIFÍCIOS ANTIGOS

4.1. Enquadramento

4.2. Fundamentação da Metodologia

4.3. Apresentação da Metodologia

4.4. Exemplos de Aplicação da Metodologia

4.5. Nota Final

4. METODOLOGIA DE AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE DESCONSTRUÇÃO E RECUPERAÇÃO MATERIAL PARA EDIFÍCIOS ANTIGOS

4.1. Enquadramento

A passagem do tempo é um fator que influencia a perceção dos valores intrínsecos e a capacidade de manutenção ou recuperação das construções. A respeito do tempo, Macozoma (2002) afirma que é importante perceber três coisas acerca dos edifícios: não são eternos; são formados por camadas com funções e vida úteis diferentes entre si; e o seu desempenho com o tempo depende diretamente das necessidades dos utilizadores e do ambiente. O que suscita algumas reflexões sobre as intervenções em edifícios antigos na adaptação às necessidades modernas e nas decisões a respeito de seu fim de vida.

Conforme visto em capítulos anteriores, os edifícios antigos portugueses são muitos e variados nas suas características técnicas. A maioria necessita de intervenções de adaptação às necessidades modernas de habitabilidade. Durante os estudos de viabilidade da intervenção é necessário avaliar a possibilidade de adoção do caminho da renovação ou da desmontagem, os sistemas que devem ser reparados ou substituídos e as necessidades dos utilizadores e do meio ambiente que o edifício tem capacidade técnica para atender.

Outra análise resultante dos capítulos anteriores é que os edifícios antigos tanto podem ser reabilitados para atenderem às necessidades de seus utilizadores, quanto para servirem de fonte para a mineração de componentes reaproveitáveis para reuso na reabilitação de outros edifícios antigos (Tavares et al., 2011). São necessárias contribuições técnicas para a tomada de decisão a respeito do destino dos edifícios próximos do fim de vida útil por meio de propostas de processos que auxiliem a avaliação da sua capacidade de voltarem a atender as necessidades modernas, em primeiro lugar, e, na impossibilidade de atenderem, de terem seus elementos e materiais recuperados, com respeito à hierarquia material.

Em resumo, após análise bibliográfica dos temas, foram identificados os seguintes pontos:

- Há muitos edifícios antigos portugueses com necessidade de intervenção;
- Os edifícios antigos foram construídos segundo técnicas e materiais constituintes variados;
- Os edifícios antigos possuem valores económicos, históricos e sociais intrínsecos aos mesmos e aos seus materiais constituintes;

- Na reabilitação de edifícios antigos, o uso de técnicas e materiais incompatíveis pode levar a patologias e à ruína destes edifícios;
- Os edifícios antigos, em fim de vida útil, são muitas vezes demolidos completamente ou passam pelo processo de “fachadismo”, que é a manutenção das fachadas com a demolição das estruturas internas;
- Os materiais resultantes das demolições de edifícios antigos são comumente conduzidos para aterro, ou, na melhor das hipóteses, destinados à trituração e reciclagem para novos materiais;
- A condução para aterros ou reciclagem dos componentes oriundos da intervenção no edificado antigo descarta valores intrínsecos dos mesmos;
- A melhor forma de preservar os valores intrínsecos dos componentes oriundos de edifícios antigos é o respeito pela hierarquia material. Tal hierarquia não é comumente respeitada;
- A implantação da economia circular na construção civil depende de materiais recuperados, com os seus valores intrínsecos preservados, assim como do estabelecimento de uma plataforma de troca entre os produtores e os consumidores.

A metodologia apresentada neste capítulo tem por objetivo contribuir para a preservação de edifícios antigos portugueses e dos valores intrínsecos de seus componentes por meio do estímulo à adoção da desconstrução e da economia circular. Esta metodologia apresenta análises tanto em etapas de planeamento, quanto de execução, com o objetivo de oferecer uma alternativa completa do “túmulo a berço”. São objetivos desta metodologia:

Preservação:

- Preservar valores intrínsecos aos edifícios, elementos e materiais, por meio do uso de critérios de desconstrução;
- Estimular a reabilitação do edificado antigo, por meio da disponibilização de componentes compatíveis;
- Evitar a demolição, como solução primária, para o fim de vida de edifícios antigos.

Desconstrução:

- Identificar as diferentes estratégias de intervenção possíveis num edifício;
- Identificar a capacidade de desconstrução de um edifício;
- Identificar diferentes técnicas, elementos e materiais constituintes de edifícios.

Economia Circular:

- Desviar a condução para aterro de componentes oriundos de edifícios antigos, por meio da gestão e reparação dos componentes recuperados na desconstrução;
- Estimular a adoção e fortalecimento da economia circular na construção civil, por meio de disponibilização de materiais de

melhor qualidade em plataformas robustas de troca entre produtores e consumidores.

A metodologia é proposta em 2 Etapas: planeamento e execução; 4 fases: as duas primeiras fases relacionam-se com o planeamento da desconstrução e as duas últimas relacionam-se com a execução da desconstrução; e em 12 atividades: 3 atividades por fase, conforme apresentado na Figura 4.1.

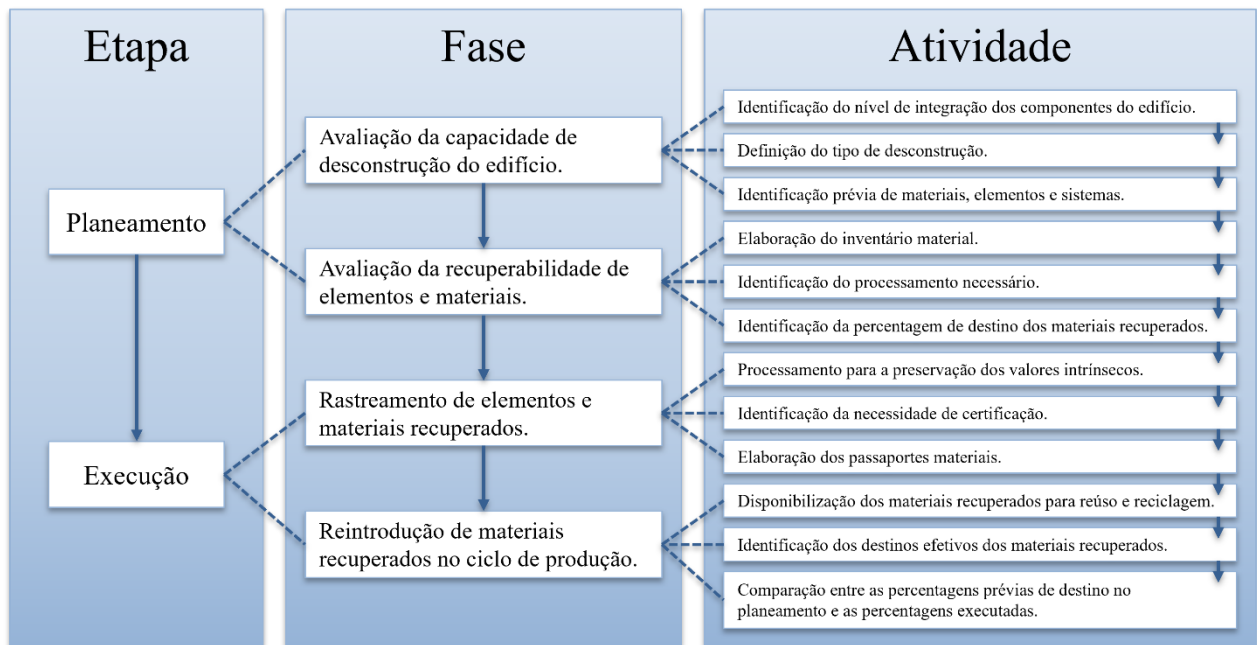


Figura 4.1 – Estrutura da Metodologia de Avaliação da Capacidade de Desconstrução e Recuperação Material para Edifícios Antigos.

A divisão em 4 fases tem por objetivos: em primeiro lugar, contribuir para a avaliação da capacidade de recuperação dos edifícios antigos e destes atenderem necessidades de uso e segurança; em segundo lugar, avaliar a capacidade de desconstrução dos edifícios em fim de vida; em terceiro lugar, recuperar os valores intrínsecos máximos de elementos e materiais recuperados; e, em quarto lugar, estimular a reintrodução de tais itens recuperados no processo produtivo. A síntese da metodologia é apresentada na Tabela 4.1.

Tabela 4.1 - Metodologia de avaliação da capacidade de recuperação e desconstrução em 4 fases.

Fases da Metodologia de Avaliação da Capacidade de Desconstrução		
Planeamento	1	Avaliação da capacidade de desconstrução do edifício: uso de ferramentas de avaliação para identificar a presença de critérios de projeto para a desconstrução.
	2	Avaliação da recuperabilidade de elementos e materiais: uso de ferramentas de avaliação para identificar a presença de critérios de projeto para a recuperação de elementos e materiais.
Execução	3	Rastreamento de elementos e materiais recuperados: uso de ferramentas de identificação e catalogação para associar critérios qualitativos e quantitativos a cada um dos materiais recuperados.
	4	Reintrodução de materiais recuperados no ciclo de produção: identificação dos mercados de troca e revenda de elementos e materiais recuperados, em diferentes estados de conservação e para diferentes usos.

4.2. Fundamentação da Metodologia

4.2.1. Considerações Iniciais

Um das primeiras considerações acerca da metodologia proposta é que os edifícios podem ser avaliados em diferentes níveis, conforme mostra a Figura 4.2.




Nível da Edificação		<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da capacidade técnica de atender aos critérios de saúde e segurança e determinar se ainda há vida útil. • Avaliação da possibilidade de melhorar o desempenho atual por meio de obras de reabilitação e reparos. • Avaliação da flexibilidade de uso da edificação. • Avaliação da capacidade de desconstrução em diferentes sistemas e elementos.
Nível dos sistemas e/ou elementos construtivos		<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da capacidade técnica de atender aos critérios de saúde e segurança e determinar se ainda há vida útil. • Avaliação da possibilidade de melhorar o desempenho atual por meio de reparos. • Avaliação da capacidade de desconstrução em diferentes materiais.
Nível dos materiais		<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da possibilidade de recuperação. • Avaliação da possibilidade de reúso.

Figura 4.2 - Abordagem de avaliação da desconstrução em diferentes níveis.

Partindo-se do princípio de que os edifícios são formados por sistemas, os sistemas por elementos e os elementos por materiais, é possível o uso de indicadores quantitativos e qualitativos para prever e posteriormente verificar os destinos dos componentes intervencionados, como mostra o exemplo da Figura 4.3.

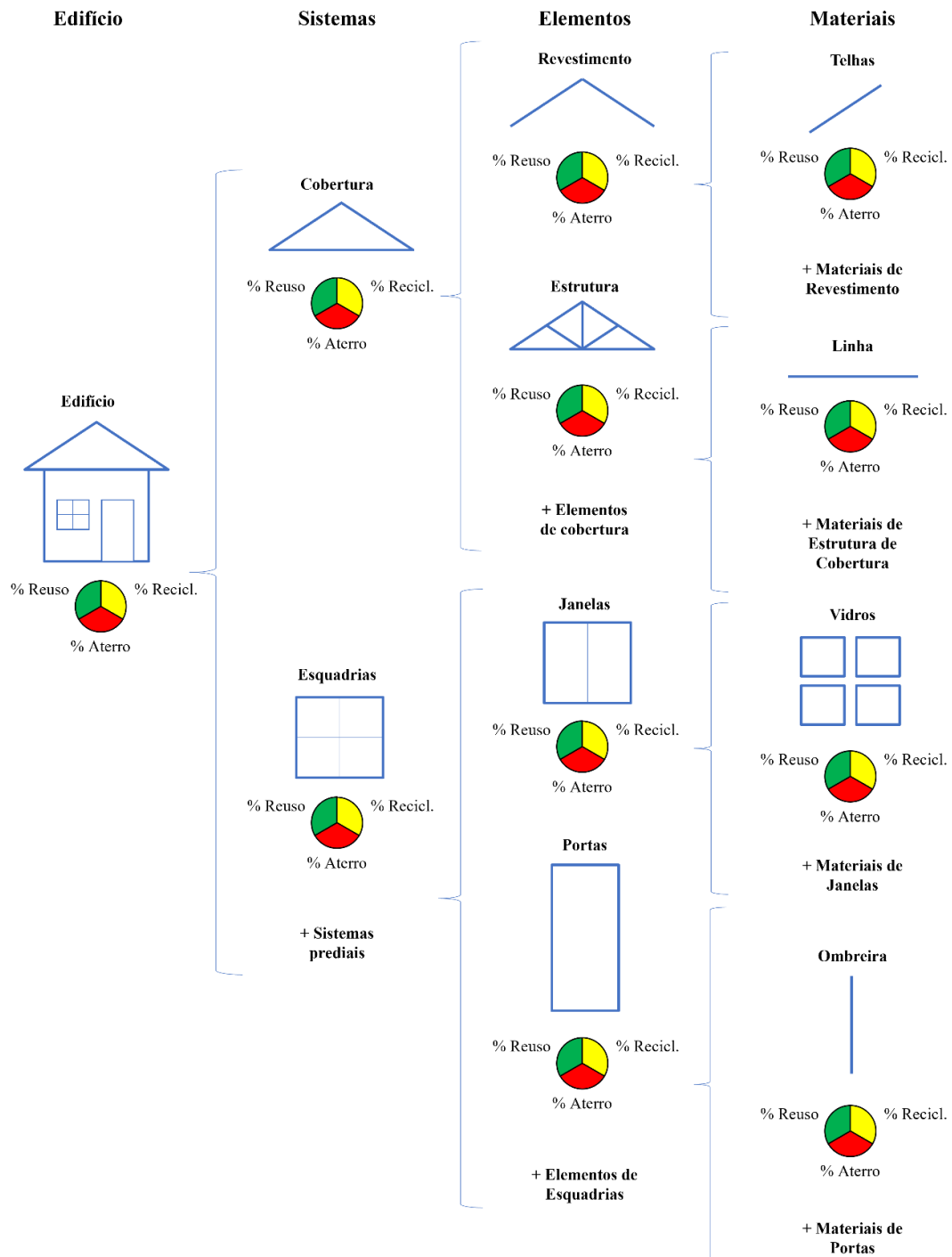


Figura 4.3 - Abordagem da capacidade de reuso, reciclagem ou descarte em diferentes níveis.

As decisões técnicas sobre os níveis de intervenção devem ser tomadas, pelos responsáveis pela obra. Destaca-se na figura que pode ou não haver outros sistemas, elementos ou materiais a serem intervencionados, e, caso haja, estes devem ser devidamente analisados e avaliados.

- **Nível do edifício:** As intervenções, a nível do edifício, suscitam uma avaliação cuidada da estratégia de reúso do edifício: se este será completamente reutilizado, independentemente das necessidades de reparações, o que faz sentido para edifícios com grande valor histórico e social; se será desmontado e um outro edifício contruído em seu lugar; se será desmontado e nenhum outro edifício será construído em seu lugar. Em todas as alternativas acima, a escolha da desconstrução possibilita o aproveitamento dos valores intrínsecos de componentes constituintes, de acordo com a hierarquia material.
- **Nível dos sistemas:** Neste exemplo hipotético, o edifício somente sofreria intervenção em parte de seus sistemas, em destaque a cobertura e as caixilharias. No caso da escolha pela intervenção em todos os sistemas, cada um deve ser avaliado profundamente.
- **Nível dos elementos:** Dentro dos sistemas devem ser identificados os elementos intervencionados. No exemplo posto, os elementos de cobertura a sofrerem intervenção são o revestimento e a estrutura, e os elementos das caixilharias são as janelas e portas. Na hipótese de que todo um sistema do edifício precisasse de intervenção, cada um dos elementos deve ser avaliado profundamente.
- **Nível dos materiais:** Este nível de intervenção pode ser abrangente ou pontual, consoante a necessidade. Neste exemplo, dentro do sistema da cobertura e do elemento de revestimento, somente as telhas sofreriam desconstrução; já no elemento de estrutura, somente as linhas seriam intervencionadas. Já dentro do sistema de caixilharias e do elemento janelas, somente os vidros seriam intervencionados, e, no elemento portas, as ombreiras. Mais uma vez, no caso de um elemento precisar de intervenção completa, cada um dos materiais constituintes precisaria de passar pela avaliação do destino adequado.

Objetivamente, para se conhecer as percentagens de cada destino, é preciso partir dos níveis menores para os maiores. Ao isolar-se um determinado material, é fácil conseguir identificar as percentagens deste que foram destinados ao reúso, à reciclagem e ao aterro. Entretanto, a identificação das percentagens relativas a um determinado elemento composto de diferentes materiais, principalmente quando nem todos os materiais são intervencionados, torna-se mais complexa. Cabe aos técnicos, com base na sua experiência e *expertise*, identificar a percentagem que cada material representa num dado elemento. Isto pode ser feito com base na quantidade, no volume ou na importância que cada material tem dentro do elemento. Da mesma forma, é ainda mais difícil identificar as percentagens relativas de cada elemento dentro de um sistema e do sistema dentro do edifício. Nestes casos, segue-se o mesmo princípio: as percentagens dependerão da

determinação por parte dos técnicos de critérios de quantidade, volume ou importância e poderão variar de acordo com o elemento, sistema ou edifício.

É importante destacar que a metodologia proposta oferece a capacidade de avaliar edificações em diferentes níveis, de forma integral ou estratificada, consoante a necessidade de intervenção. Portanto, não é somente uma metodologia aplicável a grandes intervenções globais, mas também a reparações de partes independentes.

Em última análise, esta metodologia pretende integrar estratégias de intervenção de diferentes graus, estratégias de adoção da desconstrução, como alternativa primária, estratégias de reaproveitamento de elementos e materiais e estratégias de reintrodução de componentes recuperados no ciclo produtivo.

4.2.2. Avaliação da Capacidade de Desconstrução de Edifícios

Ao contrário das tendências da sociedade industrializada de uso e descarte, a abordagem cíclica para a vida de um edifício implica que, após o fim de sua vida útil, este edifício seja destinado de alguma forma como matéria-prima para uma nova finalidade. Há alguns cenários possíveis para o reuso do edifício, com quatro resultados bem definidos (Crowther, 2009):

- 1) Reutilização de todo o edifício: reutilização das facilidades ou realocação do edifício;
- 2) Produção de um novo edifício: reutilização ou realocação de componentes num novo edifício;
- 3) Produção de novos componentes: reutilização de materiais;
- 4) Produção de novos materiais: reciclagem de materiais.

Os quatro cenários, acima apresentados, dependem da escolha da desconstrução como técnica para o fim de vida dos edifícios ou de suas partes (sistemas, elementos e materiais).

Os edifícios apresentam duas características importantes que influenciam a sua capacidade de desconstrução: a durabilidade e a flexibilidade. A durabilidade diz respeito à capacidade do edifício de resistir às condições a que, com o passar dos anos, é exposto, e pode concretizar-se com o uso de escolhas de projeto que dificultem a desconstrução. Já a flexibilidade permite que os edifícios sejam versáteis. Entretanto, isto pode significar menor durabilidade (Macozoma, 2002).

A integração entre os componentes do edifício é uma das características que irá determinar o seu grau de flexibilidade e durabilidade. Segundo Durmisevic e Brouwer (2002), existem três níveis de integração de componentes, elementos e materiais num edifício:

- **Fixo:** máxima integração e dependência entre componentes construtivos. Frequentemente, as escolhas de projeto são por montagem sequencial, conexões fixas, com pouca ou nenhuma consideração pelas diferentes vidas úteis de sistemas durante a decisão da ordem

de montagem, muitas vezes integrando sistemas que necessitarão de ser substituídos amiúde, dentro de outros sistemas de vida útil mais longa (por exemplo, canalizações dentro de paredes que precisarão ser perfuradas para acesso e reparação).

- **Parcialmente desmontável:** escolha de estruturas fixas e elementos de fecho e instalações flexíveis. Por exemplo, escolha de estrutura de betão armado com pisos em plano aberto, onde as paredes divisórias e instalações poderão ter diversas configurações, modificadas consoante a necessidade de uso.
- **Totalmente desmontável:** estruturas e elementos de fecho e função podem ser totalmente desmontados, recolocados e reconfigurados. Em geral, são usadas conexões mecânicas altamente desmontáveis, padronizadas e com múltiplos empregos, montagem paralela e hierarquia aberta entre sistemas, além de elementos intercambiáveis em relação às funções que exercem.

Entretanto, para efeitos do modelo proposto, assumem-se níveis de integração reformulados para melhor adaptação aos critérios de desconstrução:

- 1) **Altamente integrado:** Quando a totalidade dos sistemas, elementos e materiais num edifício são dependentes entre si e encontram-se ligados quimicamente por ligações fortes cuja intervenção quase certamente ocasionaria o dano do componente a ser recuperado. Caracteriza-se pela pouca ou nenhuma consideração pelas diferentes vidas úteis de sistemas e componentes e pela inserção de diferentes sistemas em outros, com dificuldade de acesso a não ser por meio de intervenção em ambos os sistemas ao mesmo tempo (por exemplo, canalizações dentro de paredes que precisarão ser perfuradas para acesso e sua reparação).
- 2) **Moderadamente integrado:** Quando há um misto de sistemas desmontáveis em maior ou menor grau dentro de um mesmo edifício e quando são usadas ligações químicas mais fracas e mais fáceis de desmontar.
- 3) **Pouco integrado:** Quando todos os sistemas, elementos e materiais de um edifício são desmontáveis, com pouco ou nenhum dano dos componentes. É privilegiado o uso de conexões mecânicas em detrimento das químicas, da padronização de elementos e da intercambiabilidade de funções de um mesmo elemento dentro do edifício.

A flexibilidade e durabilidade do edifício em estudo, influenciam a escolha pela desconstrução não-estrutural ou estrutural. É importante salientar que a construção não-estrutural se relaciona com a desconstrução de componentes sem capacidade estrutural e a desconstrução estrutural relaciona-se à total intervenção do edifício: tanto de seus elementos estruturais como não estruturais.

A decisão sobre o nível de intervenção do edifício dependerá também do estudo das técnicas construtivas do edifício; do custo e da disponibilidade de mão-de-obra local para executar a desconstrução.

Faz parte da avaliação da capacidade de desconstrução de um edifício a sua descrição detalhada (NAHB, 1997) e o levantamento histórico e documental para avaliar não só os valores económicos, e ambientais de qualquer intervenção que possa ser planeada, mas principalmente os valores históricos e sociais. Para tal levantamento, são necessárias visitas, registos fotográficos, análise de plantas, escrituras e todo o documento que possa clarificar informações sobre a vida útil do edifício.

A avaliação proposta baseia-se também no conceito de “*design* para a desconstrução”, apresentado no item 3.7.2.

Classes de desconstrução adotadas

Esta metodologia propõe que cada edifício em análise passe pela determinação da sua classe de desconstrução. A determinação da classe de desconstrução de um edifício dependerá das características construtivas, como uso de ligações fortes ou fracas entre os elementos, do nível de integração dos componentes do edifício e do tipo de desconstrução a ser aplicada. A classe de desconstrução relaciona-se com a capacidade percebida de recuperação de componentes, tanto em qualidade quanto em quantidade, com a possibilidade preferencial de reuso, seguido de reciclagem. São determinadas, nesta metodologia, da seguinte forma:

- Classe de Desconstrução Baixa: referente a edifícios cujos materiais, elementos e sistemas são altamente integrados, por meio de conexões químicas. Os componentes recuperados têm maior probabilidade de sofrer danos durante a retirada. Maior probabilidade de destino de componentes para reciclagem e aterro.
- Classe de Desconstrução Moderada-Baixa: referente a edifícios moderadamente integrados que irão sofrer desconstrução completa. Componentes recuperados, mesmo que ligados por ligações químicas fortes, irão ser sujeitos a tratamento com maior possibilidade de manutenção dos valores intrínsecos, pois os sistemas a quais estiveram ligados também serão alvo de desconstrução. Também referente a edifícios moderadamente integrados que irão sofrer desconstrução não-estrutural, pois a sua classificação prevê a recuperação de componentes não-estruturais com pouco dano e a manutenção das características desejáveis para reuso destes componentes.
- Classe de Desconstrução Moderada-Alta: referente a edifícios moderadamente integrados que irão sofrer desconstrução completa, e a edifícios pouco integrados que irão sofrer desconstrução não estrutural com alto reaproveitamento de todos os componentes, seja para reuso, seja para reciclagem. No caso dos últimos, são assim classificados por não aproveitarem completamente o potencial de desconstrução durante a intervenção em análise.
- Classe de Desconstrução Alta: referente a edifícios pouco integrados que irão sofrer desconstrução estrutural, projetados para terem seus componentes completamente reutilizados.

A partir da resposta e identificação da classe de desconstrução, diferentes caminhos podem ser escolhidos. Prioritariamente, deve-se verificar a capacidade de reutilização de um edifício, na sua maior parte, o que pode significar que tal construção não precisa, necessariamente, de ser desconstruída.

4.2.3. Avaliação da Capacidade de Recuperação de Elementos e Materiais

Acerca da intervenção em edifícios, quanto menos invasivas e destrutivas forem as intervenções, mais ambientalmente desejáveis (Crowther, 2009), com maior preservação da energia incorporada nos materiais e menor necessidade de gasto energético, valorizando os materiais.

Muitas vezes a desconstrução só é considerada quando os materiais recuperados possuem alta procura, alto valor de revenda e são facilmente extraídos e desmontados (Hurley et al., 2002). Por outro lado, quanto mais frequente é a escolha pela desconstrução, mais elementos e materiais, em quantidade e variedade, são reinseridos no ciclo produtivo, tornando-se, cada vez mais, alternativas preferenciais dos consumidores. Para isto, tais componentes precisam de ser bem identificados nas fases de planeamento.

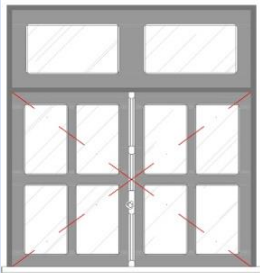
Inventário de elementos e materiais recuperados

Conforme referido no item 3.7.4, o inventário é uma importante forma de detalhar não só as características físicas dos elementos e materiais, mas também o processamento necessário para garantir o seu uso mais nobre, os usos sugeridos e a capacidade de reintrodução no mercado.

A quantidade e qualidade dos materiais a serem recuperados deverá ser determinada por uma criteriosa auditoria prévia. Já existem no mercado algumas ferramentas que podem ser utilizadas para este fim, como a SMARTWaste™, desenvolvida pelo UK Building Research Establishment - BRE (BRE, 2021). Apesar do uso do termo “*waste*”, ou resíduo, tal ferramenta avalia também a taxa e viabilidade da recuperação e do reuso de elementos e materiais em construções.

Sobre o inventário de materiais, é importante a reflexão sobre o nível de detalhamento necessário dos materiais encontrados. É preciso que seja avaliado, durante o processo de planeamento, que materiais são viáveis do ponto de vista da recuperação e reciclagem e quais serão contabilizados, durante a atividade de inventariação de materiais. A Tabela 4.2 exemplifica três diferentes níveis de inventário de materiais, possíveis para uma caixilharia externa - janela hipotética. A decisão sobre o nível de detalhamento adotado em uma análise da capacidade de recuperação material deve ser definida desde o início do processo pelo corpo técnico levando em consideração critérios como o tempo disponível, procura por materiais específicos, valor agregado, uso pretendido do componente recuperado, dentre outros.

Tabela 4.2 - Diferentes níveis de detalhamento de inventário de material.

Elemento	Detalhamento Superficial	Detalhamento Intermédio	Detalhamento Profundo
<p>Janela externa de abrir, estrutura em madeira e vidro.</p> <p>Medidas: 1,30 x 1,35 m</p> <p>h= 0,90 m</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Madeiras • Vidros • Ferragens • Mármore 	<ul style="list-style-type: none"> • Madeira das portas • Madeira do caixilho • Vidro da bandeira • Vidro das folhas • Dobradiças • Puxadores • Mecanismo • Mármore do peitoril 	<ul style="list-style-type: none"> • Carvalho - 1,30 x 0,15 x 0,03 m • Carvalho - 1,35 x 0,15 x 0,03 m • Cedro - 1,30 x 0,05 x 0,02 m • Cedro - 0,25 x 0,05 x 0,02 m • Cedro - 0,80 x 0,05 x 0,02 m • Cedro - 0,65 x 0,05 x 0,02 m • Cedro - 0,55 x 0,03 x 0,02 m • Cedro - 0,39 x 0,03 x 0,02 m • Vidro 5mm - 0,60 x 0,35 m • Vidro 3mm - 0,39 x 0,26 m • Mármore - 1,30 x 0,20 x 0,03 m • Dobradiças da bandeira • Dobradiças das folhas • Puxador da bandeira • Puxadores das folhas • Mecanismo de fechamento das folhas • Betume de vidraceiro • Parafusos das dobradiças • Pregos de montagem

Processamento de elementos e materiais recuperados

Paralelamente ao inventário de elementos e materiais recuperados, deve ser feita uma relação entre as necessidades de limpeza e reparação para cada item recuperado, de forma que sejam garantidos o futuro uso mais nobre possível e a valorização material (BMRA, 2015).

Os elementos e materiais recuperados possuem 3 diferentes níveis de qualidade: Baixa Qualidade; Boa Qualidade; e Alta Qualidade. Os níveis de qualidade referem-se não só ao valor de mercado, mas também à necessidade de processamento de elementos e materiais recuperados, ou seja, componentes de baixa qualidade, com baixa percentagem de valor equivalente a um similar novo,

necessitam muito processamento, o que muitas vezes encarece e torna inviáveis a recuperação e o reuso; componentes de qualidade mediana, com percentagem média de valor equivalente a um similar novo, necessitam manejo e processamento para melhorar sua capacidade de reintrodução no ciclo produtivo; por outro lado, componentes de alta qualidade, com valor igual ou superior a equivalentes novos, necessitam pouco ou nenhum processamento (Kilbert e Languell, 2000 e Macozoma, 2001).

Para cada elemento ou material recuperado, é necessário classificá-los em uma das três opções: reuso imediato (nenhum processamento necessário), processamento necessário (com indicação do tipo de processamento necessário), e descarte (quando não há possibilidade de reuso ou reciclagem).

Um dos objetivos da avaliação da capacidade de recuperação material é evitar ao máximo não só o descarte de materiais com valor de reuso, mas também o *downcycling*, que é a aplicação de elementos e materiais em usos menos nobres do que aqueles que tais componentes exerceram no passado. Por exemplo, tijolos cerâmicos devem ser limpos de restos de argamassa e depois disponibilizados novamente para a construção de alvenarias, em vez de serem triturados e utilizados como agregado.

4.2.4. Rastreamento de Elementos e Materiais Recuperados

Promover a mudança de paradigma de consumo para a economia circular no setor da construção civil exige uma imensa quantidade e organização das informações. O acesso amplo a todos os envolvidos e interessados a tais informações é parte fundamental de sua implantação (Heinrich and Lang, 2019).

Segundo Ross (2020), o modelo adotado pela certificação de madeiras de áreas reflorestadas é um interessante exemplo de como pode ser feita a gestão de informações relacionadas com os itens recuperados em demolições seletivas: isto tem a função também de garantir que materiais valiosos de edifícios existentes não sejam recuperados de forma ilegal ou antiética. Ou seja, o registo e a identificação clara da origem dos componentes recuperados são também um fator de segurança.

Para controlo tanto da procedência, quanto da escolha do melhor destino para elementos e materiais recuperados, é necessário o uso de ferramentas de classificação dos itens recuperados.

Há algumas ferramentas já desenvolvidas para identificação de RCD. Um exemplo é o Catálogo LAGA, desenvolvido desde a década de 90 do século passado, que atribui códigos para os diferentes tipos de RCD (Schultmann, 2000). Já no início dos anos 2000, foi estabelecida pela Comissão Europeia a decisão 2000/532/EC, que consiste numa lista hierárquica de resíduos chamada Catálogo Europeu de Resíduos, cuja última alteração data de 2014. O Catálogo Europeu de

Resíduos classifica, de forma uniforme, dentro da União Europeia, os códigos referentes a cada tipo de resíduo, inclusive RCD (CE, 2021). Mesmo que este trabalho tenha por intenção contribuir para a mudança de paradigma de classificação do resultado de atividades de fim de vida de edifícios como “resíduos”, o Catálogo Europeu de Resíduos oferece uma forma de classificar os diferentes componentes de forma organizada, e, por isto, será a lista de classificação adotada.

Passaporte Material

Para descrever os elementos e materiais recuperados e, para reunir as informações espaciais, temporais e físicas relativas aos itens recuperados, será proposta a adoção do “passaporte material”.

Os “passaportes materiais”, “passaportes de produto” ou “passaportes circulares” são um conjunto de dados que descrevem as características dos materiais, elementos, sistemas e até do edifício, e atribuem valores de uso imediato, reúso, recuperação, *upcycling*, *downcycling* e reciclagem (Heinrich and Lang, 2019), ou seja, não só as informações físicas e históricas, mas o processamento necessário para cada tipo de uso futuro e é uma ferramenta para armazenagem de informação relevante (Heinrich and Lang, 2019).

Na União Europeia, não há regulamentação técnica que descreva as informações obrigatórias a constar num passaporte material, tais como a adequação e os requisitos de qualidade e segurança (Almusaed, 2021).

A Tabela 4.3 apresenta informações importantes que, segundo Almused (2021), devem constar de um passaporte material.

Tabela 4.3 - Informações que devem constar do passaporte material. Fonte: Almused (2021).

Informações gerais	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de material. • Segurança de utilização. • Estado de conservação. • Onde e como foi usado anteriormente. • Historial.
Informações de produto	<ul style="list-style-type: none"> • Fabricante. • Processamento necessário. • Guião para desmontagem e remontagem. • Usos recomendados. • Restrições.
Informações sustentáveis	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidade de reutilização. • Reciclabilidade. • Cuidados no transporte. • Descarte final adequado.

De acordo com BAMB (2021), alguns dos benefícios da adoção de passaportes materiais são:

- Manter ou aumentar a garantia do valor, a qualidade e a segurança de elementos e materiais recuperados;

- Incentivar o fabrico de materiais de construção sustentáveis e circulares e incentivar a mudança para um modelo de economia circular para materiais, elementos, sistemas e edifícios;
- Estimular o projeto de produtos em conformidade com os conceitos de economia circular, cadeia de responsabilidade dos fabricantes e recuperação material, e dar suporte à escolha de materiais de reduzido impacto ambiental em projetos reversíveis;
- Reduzir a pegada ambiental;
- Facilitar o acesso e a escolha de elementos e materiais circulares e de reduzido impacto ambiental para proprietários, projetistas, arquitetos e engenheiros, ao manter dados relevantes disponíveis em vários níveis hierárquicos;
- Facilitar a logística reversa de elementos e materiais;
- Avaliar e prever fluxos de elementos e materiais e prever a sua disponibilização futura;
- Gerir a oferta e procura de materiais de construção novos e recuperados;
- Identificar novas estratégias de recuperação e reutilização de elementos e materiais recuperados;
- Reduzir custos, por meio da gestão de recursos, ao contrário da gestão de resíduos, minimizando a geração de resíduos e o consumo de matérias-primas.

Outras informações, como as referentes a transporte e logística, à cadeia de responsabilidades e afins, também podem fazer parte dos dados registados no passaporte material (Heinrich and Lang, 2019).

Pelo volume de informação contido em cada passaporte material para cada elemento ou material recuperado, o passaporte material não é concretizado como uma caderneta, mas sim como um relatório digital que deve ter amplo acesso por qualquer interessado (Heinrich and Lang, 2019). A impressão de fichas, em papel, dos passaportes materiais apresenta algumas desvantagens, principalmente no que respeita ao elevado número de informações na base de dados de cada material, à variedade de materiais recuperáveis numa desconstrução e à alta possibilidade de extravio das fichas. Para evitar a impressão de fichas e as desvantagens que as fichas de papel representam, a forma para disponibilizar a base de dados do passaporte material escolhida por este método é o QR Code, um código *online*, de acesso amplo, que pode conter dados de diferentes naturezas. Esta forma permite que qualquer parte interessada em reusar o componente recuperado possa ter acesso a todas as suas características. Outra vantagem do uso de um QR Code, caso os elementos e materiais sejam disponibilizados numa base de dados para um mercado de materiais unificado nacionalmente, é a possibilidade de disponibilizar no QR Code a morada onde os materiais se encontram armazenados e os preços de revenda, dentre outras informações.

Os passaportes materiais podem ser integrados em sistemas BIM para levantamento e armazenamento de dados precisos, pois um conceito complementa o outro. Apesar do setor da

construção se encontrar atrasado na digitalização, em comparação com outros setores industriais, o rápido crescimento das inovações na tecnologia da informação oferece uma imensa oportunidade para a implantação da economia circular (Almusaed, 2021).

O recurso a BIM é particularmente interessante no registo das informações relativas ao uso integral e operação dos edifícios, particularmente no caso de muitas e complexas informações, como mostra a Figura 4.4.

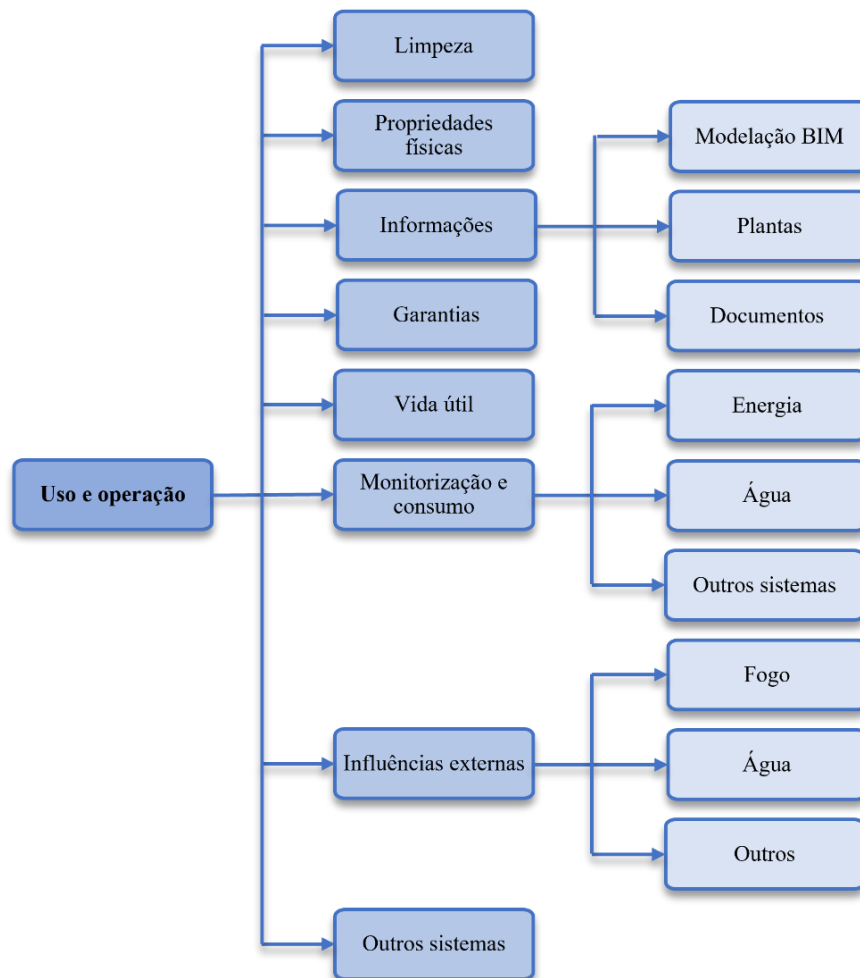


Figura 4.4 - Informações para o passaporte material de um edifício, em fase de uso e operação.
Fonte: Heinrich and Lang (2019).

As informações contidas nos passaportes materiais podem ser utilizadas em vários mecanismos de certificação, em conformidade com conceitos ambientalmente amigáveis, mas também na recertificação de elementos e materiais recuperados (Heinrich and Lang, 2019). Tais informações formam uma cadeia dinâmica que se distribui do edifício para seus sistemas, elementos e materiais. Isto quer dizer que o passaporte de um material contém as informações de todos os níveis superiores, como mostra a Figura 4.5.

É importante salientar que a reintrodução dos componentes recuperados no ciclo produtivo com respeito à economia circular prevê que um mesmo componente tenha diversas vidas úteis, portanto as informações constantes no seu passaporte material são dinâmicas, com mais informações acrescentadas com o passar do tempo e com o passar das diferentes utilizações deste componente pelos técnicos responsáveis pela sua reintrodução ao ciclo produtivo, com maior rastreabilidade de tais componentes. Portanto o ideal é que o passaporte material permita a adição de novas informações ao mesmo tempo em que mantenha as informações originais.

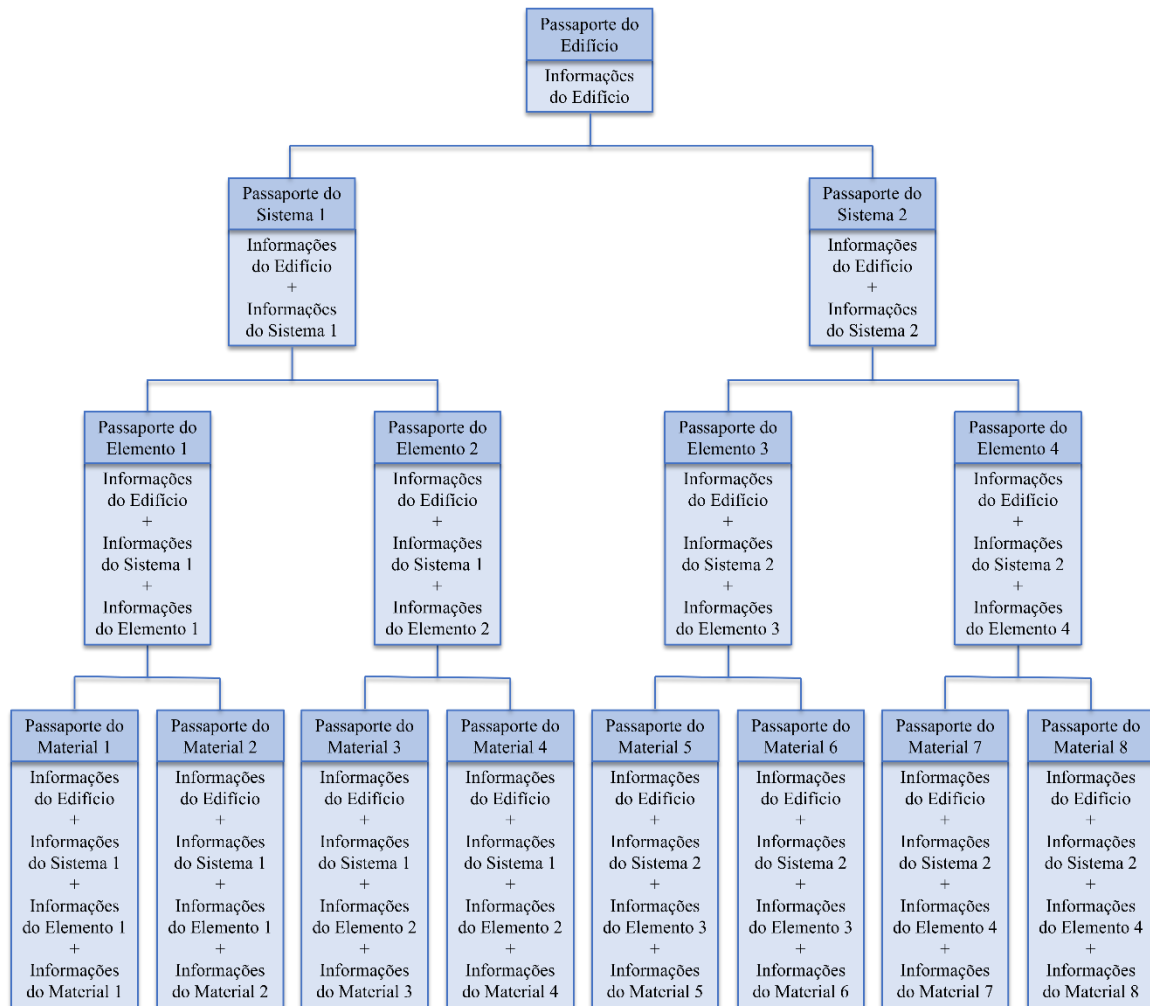


Figura 4.5 - Árvore de informação dos passaportes materiais (exemplo com 2 sistemas, 4 elementos e 8 materiais).

Certificação

Uma das barreiras no reúso de elementos e materiais recuperados são as regras de desempenho obrigatórias para certos materiais. Uma das formas de reintroduzir os componentes recuperados é a certificação ou recertificação. Em edifícios antigos, em particular, é pouco provável que tenham sido utilizados componentes certificados, a não ser em casos de reabilitações anteriores à intervenção de desconstrução.

Dos critérios considerados relevantes para a emissão de certificados, destacam-se a resistência material, seja resistência à compressão, à tração ou ao fogo; controle de emissões de gases ou fumos tóxicos; toxicidade; desempenho energético e outros critérios relativos a aspetos que variam de material para material e de uso para uso.

É importante garantir que os componentes recuperados certificáveis sejam certificados. A intenção desta atividade é revalorizar tais componentes e aumentar a sua procura por parte dos consumidores.

4.2.5. Reintrodução dos Materiais Recuperados no Ciclo Produtivo

A última parte da metodologia diz respeito à reintrodução no ciclo de produção dos componentes recuperados. Como já foi dito antes, é necessário orientar os itens recuperados para usos mais elevados, de acordo com a hierarquia de valoração do material, de modo a evitar a perda de valores intrínsecos. Por isso, é necessário avaliar a necessidade de intervenção e processamento, e usar o passaporte material para juntar a informação dos componentes recuperados disponíveis para revenda ou doação. A Figura 4.6, adaptada de Crowther (2000), exemplifica os quatro cenários de reutilização de materiais e componentes oriundos de demolição seletiva em comparação com o fluxo corrente de construção de edifícios.

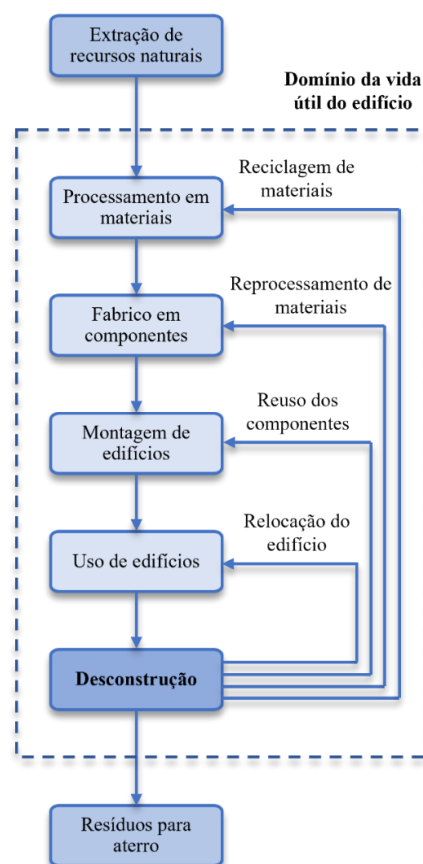


Figura 4.6 - Cenários para a reutilização de materiais. Fonte: Crowther (2000).

Usos para materiais recuperados

Conforme demonstrado na Figura 4.6, os componentes recuperados podem ser reintroduzidos em várias fases da vida útil de edifícios. Além disto, os elementos e materiais recuperados podem ser utilizados de diferentes formas.

Em primeiro lugar, é necessário estabelecer com os responsáveis e donos da obra se estes têm interesse nos elementos e materiais recuperados (BMRA, 2015); em seguida, os materiais devem ser disponibilizados, para reintrodução no ciclo produtivo, a outras partes interessadas, seja por meio de venda, leilões ou doação (NAHB, 1997; PATH, 2001).

Mercado de materiais

É também necessário disponibilizar os materiais para revenda ou até mesmo doação. Para isto, é necessário o contacto com potenciais destinatários, como mercados de materiais de segunda-mão, plantas de reciclagem, reprocessadores de materiais tanto para *downcycling* quanto para *upcycling* e organizações que aceitem doações (BMRA, 2015).

4.3. Apresentação da Metodologia

4.3.1. Considerações Iniciais

Com base nos princípios apresentados no item anterior, foi desenvolvido o processo para aplicação da metodologia proposta neste trabalho. A Figura 4.7 mostra a estrutura simplificada da metodologia.

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Reintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.7 – Estrutura simplificada da Metodologia de Avaliação da Capacidade de Desconstrução e Recuperação Material para Edifícios Antigos.

A primeira fase da metodologia, dentro da etapa de planeamento, procura, em primeiro lugar, identificar a capacidade de desconstrução do edifício. Consoante os critérios identificados de integração entre os componentes (fixo, parcialmente desmontável e totalmente desmontável) e o tipo de desconstrução pretendido (estrutural ou não estrutural), será determinada a prévia classe de desconstrução.

Em seguida, na segunda fase, será necessário avaliar que materiais, elementos, sistemas e percentagem do edifício estarão nos planos de intervenção. A metodologia permite a avaliação dos diferentes cenários de intervenção: o réuso de todo o edifício na forma atual com a execução dos

reparos necessário - intervenção mínima; o reuso do edifício mediante intervenção intermédia, com reaproveitamento maximizado de componentes; e a reutilização integral de todos os componentes do edifício depois da desmontagem geral - intervenção máxima.

Decidido o cenário ou cenários de intervenção, será elaborado o inventário de materiais para cada tipo de intervenção, com a consequente identificação das intervenções necessárias, ajudando a garantir que os componentes recuperados tenham os destinos mais nobres, segundo a hierarquia material.

A terceira fase da metodologia, já dentro da etapa de execução, identifica as necessidades reais de intervenção nos componentes recuperados, assim como as necessidades de recertificação dos mesmos para reinserção no ciclo produtivo. As informações dos componentes, inclusive relativas à certificação, irão alimentar os dados do passaporte material.

Com os componentes já identificados nos seus passaportes materiais, a quarta fase da metodologia propõe a disponibilização possível aos consumidores finais. A identificação dos destinos efetivos pode ser comparada com os destinos projetados no fim da segunda fase, e fornece indicadores que podem ser utilizados no diagnóstico de implementação da economia circular e planeamento de ações de melhoria.

Esta metodologia relaciona-se com as 4 fases do Ciclo PDCA de Melhoria Contínua: P - *Plan* (planear), D - *Do* (executar), C - *Check* (verificar) e A - *Act* (agir corretivamente) (Silva, 2014). As atividades da metodologia proposta estão distribuídas pelas fases do Ciclo PDCA da seguinte forma:

- **Planeamento:**

- **Atividade 01:** Identificação do nível de integração dos componentes do edifício, de acordo com as suas características construtivas.
- **Atividade 02:** Definição do tipo de desconstrução que será aplicada ao edifício em análise.
- **Atividade 03:** Identificação prévia de materiais, elementos e sistemas, constantes do edifício em análise, que serão alvo de intervenção.
- **Atividade 04:** Elaboração do inventário para todos os elementos e materiais alvo de desconstrução. Elaboração do inventário material para cada um dos cenários possíveis de acordo com os sistemas, elementos e materiais intervencionados.
- **Atividade 05:** Identificação do processamento necessário à preservação da maior parte dos valores intrínsecos dos elementos e materiais.
- **Atividade 06:** Identificação da percentagem do destino dos materiais, elementos e sistemas recuperados por desconstrução.

- **Execução:**
 - **Atividade 07:** Identificação e execução do processamento necessário à preservação dos máximos valores intrínsecos associados a cada componente recuperado.
 - **Atividade 08:** Identificação da necessidade de certificação e realização da certificação necessária.
 - **Atividade 09:** Elaboração dos passaportes materiais.
 - **Atividade 10:** Disponibilização dos elementos e materiais recuperados para reuso e reciclagem.

- **Verificação:**
 - **Atividade 11:** Identificação dos destinos efetivos dos elementos e materiais recuperados.

- **Ações corretivas:**
 - **Atividade 12:** Comparação entre as percentagens prévias de destino dos componentes, na etapa de planeamento, e as percentagens executadas, na etapa de execução.

Todas as atividades apresentadas a seguir terão uma imagem (Figuras 4.8, 4.9, 4.11, 4.13, 4.14, 4.15, 4.18, 4.19, 4.20, 4.22, 4.23 e 4.24) como elemento visual para representar o progresso da metodologia proposta.

4.3.2. Primeira Fase: Avaliação da Capacidade de Desconstrução de Edifícios

Esta primeira fase concentra-se na proposição de um fluxo de ações que permita a avaliação da capacidade de desconstrução de edifícios na fase de planeamento da intervenção. Parte-se do princípio de que o edifício em análise já teve as suas particularidades identificadas por meio de acesso a documentos técnicos, vistorias e quaisquer outros meios, e que foram identificados os seus sistemas, elementos e materiais constituintes.

Atividade 01: Identificação do nível de integração dos componentes do edifício, de acordo com as suas características construtivas

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Rcintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.8 – Estrutura da metodologia: atividade 01.

Em primeiro lugar, deve ser feita a identificação da integração entre os diferentes sistemas do edifício. A integração dependerá do tipo de ligações entre componentes e sistemas: maior ou menor interdependência entre sistemas e do tipo de conexão utilizada: maior ou menor predominância de ligações fortes ou fracas. Nesta metodologia os edifícios em análise podem ser classificados como Altamente integrados, Moderadamente integrados ou Pouco integrados, conforme Tabela 4.4.

Tabela 4.4 - Nível de integração de edifícios.

Integração do Edifício	Integração de sistemas	Conexões
Alta	Predominantemente integrados	Predominantemente fortes.
Moderada	Misto de sistemas integrados e não integrados	Misto de conexões fracas e fortes.
		Predominantemente fracas.
Baixa	Predominantemente pouco integrados	Predominantemente fracas.

Atividade 02: Definição do tipo de desconstrução aplicável ao edifício em análise

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Reintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.9 – Estrutura da metodologia: atividade 02.

É preciso também avaliar os tipos de desconstrução possíveis: não-estrutural ou estrutural. A desconstrução não-estrutural diz respeito somente a sistemas, elementos ou materiais sem influência na segurança estrutural do edifício e a desconstrução estrutural abrange a intervenção completa, inclusive em elementos não-estruturais. A Tabela 4.5 exemplifica alguns sistemas e elementos que podem ser alvo de desconstrução não-estrutural ou estrutural.

A combinação entre o nível de integração por meio da percentagem percebida de ligações fortes ou fracas entre os sistemas, o destino possível para os materiais recuperáveis (ou seja, aqueles que podem ser reusados ou reciclados, excluindo-se componentes que devem ser conduzidos para aterro) e o volume de componentes recuperáveis influenciado pelo tipo de desconstrução resulta na identificação da classe de desconstrução do edifício: baixa, moderadamente-baixa, moderadamente-alta, ou alta.

Tabela 4.5 - Componentes de desconstrução não-estrutural e estrutural.

Componentes	Desconstrução	
	Não-Estrutural	Estrutural
Caixilharias	X	X
Armários	X	X
Metais	X	X
Loiças	X	X
Bancadas	X	X
Equipamentos	X	X
Cobertura	X	X
Alvenaria não estrutural	X	X
Alvenaria estrutural	-	X
Revestimentos de parede	X	X
Revestimento de piso	X	X
Bases de piso	X	X
Estrutura de pavimentos	-	X
Pilares	-	X
Vigas	-	X
Lajes	-	X
Caves	-	X
Escadas	-	X
Fundações	-	X
Instalações hidráulicas	X	X
Instalações sanitárias	X	X
Instalações elétricas	X	X

A Figura 4.10 mostra uma proposta de ferramenta estimativa na forma de ábacos para identificação da classe de desconstrução do edifício. Neste trabalho foi considerado que edifícios com área de construção inferior a 1000m² correspondem à geração de baixo volume de componentes recuperáveis; edifícios com área de construção maior ou igual a 1000m² e menor e igual a 3000m² correspondem à geração de volume médio; e edifícios com de construção superior a 3000m² correspondem à geração de alto volume de componentes recuperáveis.

Os volumes de componentes recuperáveis para a desconstrução estrutural e não-estrutural devem ser considerados como parâmetros para tomada de decisão sobre a intervenção no edifício.

Volume de componentes reaproveitáveis

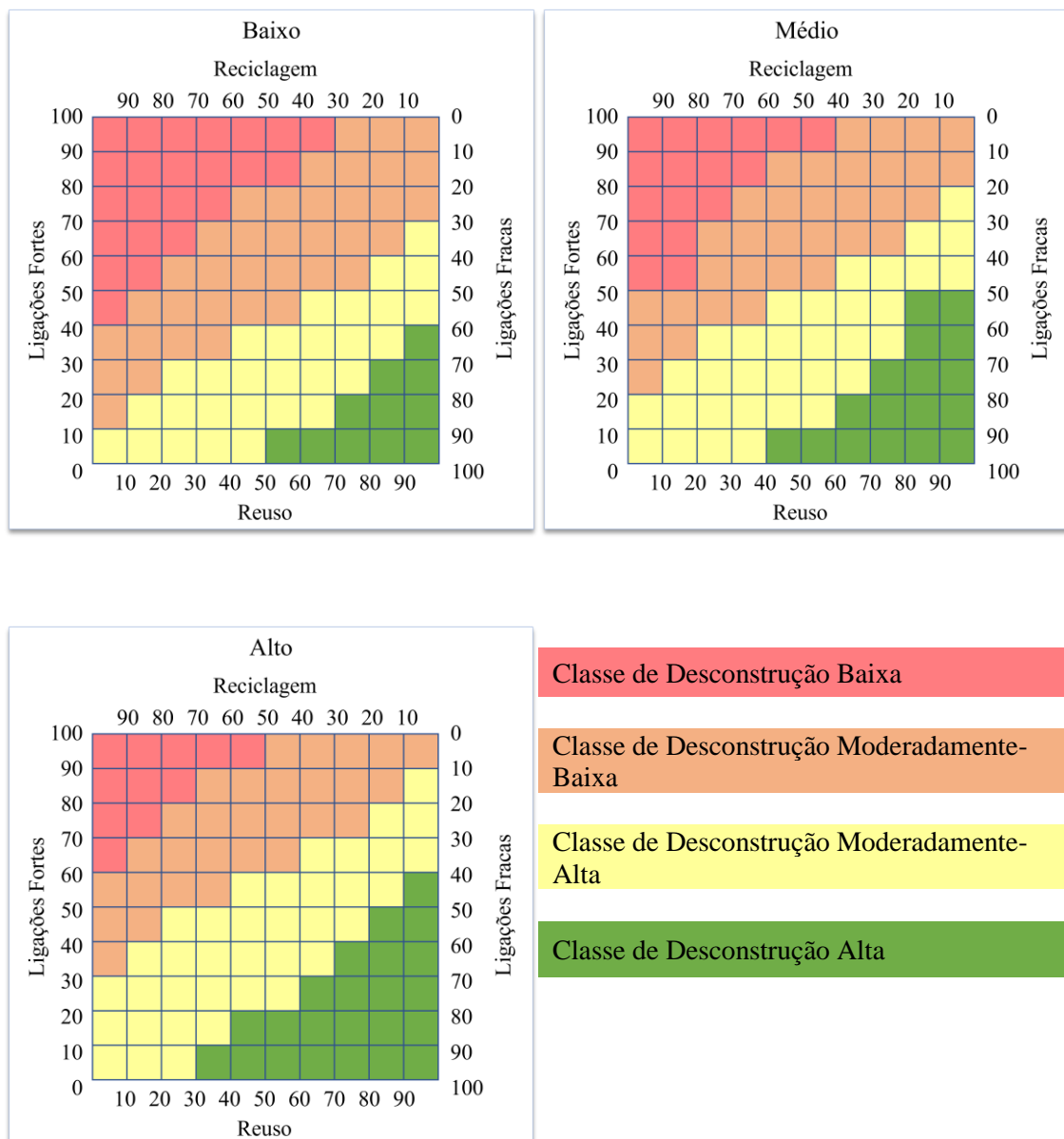


Figura 4.10 – Ábacos para definição das classes de desconstrução.

Atividade 03: Identificação prévia de materiais, elementos e sistemas, constantes do edifício em análise, que serão alvo de intervenção

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Reintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.11 - Estrutura da metodologia: atividade 03.

A identificação prévia dependerá da escolha do cenário de intervenção. Esta metodologia apresenta 3 cenários de intervenção possíveis:

- Cenário 01 – Preservação máxima do edifício: Intervenção somente em sistemas não estruturais, com foco em recuperação e reparação de componentes aproveitáveis e substituição somente daqueles componentes sem capacidade de atendimento das necessidades de segurança e habitabilidade. Todo componente recuperado deve ser tratado para acondicionamento e disponibilizado para reuso. Reparação de todos os danos. Manutenção máxima das características originais com objetivo de preservação do edifício na sua forma mais próxima do original. Cenário de intervenção mínima, entretanto com garantia da habitabilidade e segurança conforme parâmetros do Decreto-Lei 95/2019 (PCM) e demais normativas pertinentes.
- Cenário 02 – Preservação de alguns sistemas do edifício: Sistemas estruturais não intervencionados a menos que ofereçam risco ao uso. Substituição de sistemas não estruturais, seja por motivos funcionais ou estéticos. Componentes recuperados devem ser limpos, reparados ou mesmo desmontados e ser disponibilizados para reuso. Componentes recuperados com maior probabilidade de reuso do que o cenário anterior, que somente descarta componentes com pouca capacidade de reaproveitamento na mesma edificação. Características originais podem ser modificadas em favor da funcionalidade.
- Cenário 03 – Desconstrução completa: Desconstrução total do edifício tanto dos sistemas não-estruturais, quanto dos sistemas estruturais. Abordagem global de todos os componentes recuperáveis, com limpeza e reparação daqueles reusáveis, desmontagem daqueles com pouca funcionalidade e reciclagem dos materiais recicláveis. O edifício não mantém mais nenhuma característica original e os valores intrínsecos serão conservados somente nos materiais disponibilizados para outros consumidores.

Portanto para cada cenário é necessário identificar os sistemas, elementos e materiais intervencionados, seja de forma parcial ou global para o edifício inteiro. Somando-se a isso as informações a respeito do nível de integração dos componentes (alto, moderado ou baixo), do tipo de desconstrução (não-estrutural ou estrutural), da classe de desconstrução (baixa, moderadamente-baixa, moderadamente-alta, ou alta), é possível estabelecer um índice de desconstrução para cada edifício, conforme a Tabela 4.6.

Tabela 4.6 - Índice de desconstrução.

Cenários	Tipo de desconstrução	VOLUME de Reaproveitáveis	Classe de desconstrução	Índice de Desconstrução		
Cenário 01	Não-Estrutural	Zero	Baixa	1 - 2		
			Baixo	Baixa	3 - 4	
				Moderadamente-baixa	5 - 6	
				Moderadamente-alta	7 - 8	
				Alta	9 - 10	
		Médio	Baixa	11 - 12		
			Moderadamente-baixa	13 - 14		
			Moderadamente-alta	15 - 16		
			Alta	17 - 18		
		Alto	Baixa	19 - 20		
			Moderadamente-baixa	21 - 22		
			Moderadamente-alta	23 - 24		
			Alta	25 - 26		
			Cenário 02	Não-Estrutural	Baixo	Baixa
		Moderadamente-baixa				29 - 30
		Moderadamente-alta				31 - 32
Alta	33 - 34					
Médio	Baixa	35 - 36				
	Moderadamente-baixa	37 - 38				
	Moderadamente-alta	39 - 40				
	Alta	41 - 42				
Alto	Baixa	43 - 44				
	Moderadamente-baixa	45 - 46				
	Moderadamente-alta	47 - 48				
	Alta	49 - 50				
Estrutural	Estrutural	Baixo			Baixa	51 - 52
					Moderadamente-baixa	53 - 54
					Moderadamente-alta	55 - 56
					Alta	57 - 58
		Médio	Baixa	59 - 60		
			Moderadamente-baixa	61 - 62		
			Moderadamente-alta	63 - 64		
			Alta	65 - 66		
		Alto	Baixa	67 - 68		
			Moderadamente-baixa	69 - 70		
			Moderadamente-alta	71 - 72		
			Alta	73 - 74		

Cenários	Tipo de desconstrução	Volume de Reaproveitáveis	Classe de desconstrução	Índice de Desconstrução
Cenário 03	Estrutural	Baixo	Baixa	75 - 76
			Moderadamente-baixa	77 - 78
			Moderadamente-alta	79 - 80
			Alta	81 - 82
		Médio	Baixa	83 - 84
			Moderadamente-baixa	85 - 86
			Moderadamente-alta	87 - 88
			Alta	89 - 90
		Alto	Baixa	91 - 92
			Moderadamente-baixa	93 - 94
			Moderadamente-alta	95 - 96
			Alta	97 - 98
		Total	Alta	99 - 100

A partir da avaliação da capacidade de desconstrução, por meio da conformidade dos edifícios antigos com conceitos de *design* para a desconstrução, é possível chegar ao primeiro ponto de decisão a respeito do edifício em fim de vida, conforme a Figura 4.12.

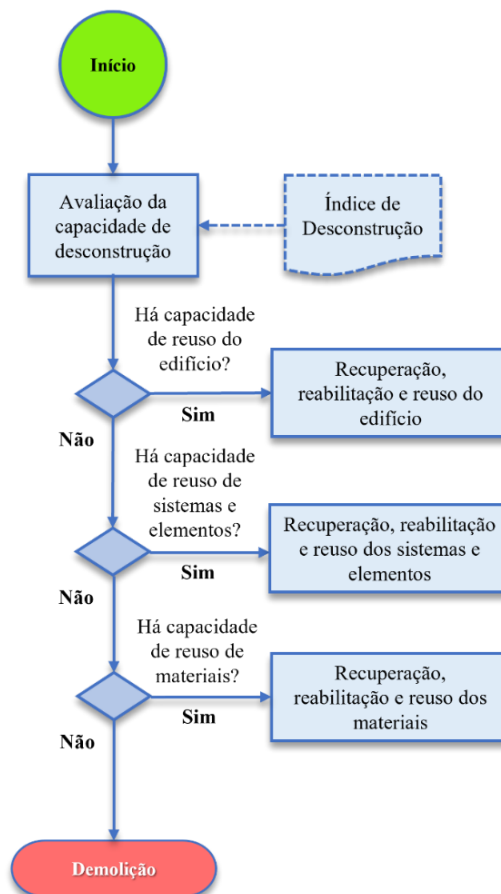


Figura 4.12 - Avaliação da capacidade de desconstrução do edifício.

4.3.3. Segunda Fase: Avaliação da Capacidade de Recuperação de Elementos e Materiais

A segunda fase da metodologia, também dentro da etapa de planeamento, concentra-se em garantir os melhores usos para os componentes que se pretende que sejam recuperados, segundo os melhores usos na hierarquia de materiais.

Inicialmente, avalia-se a capacidade de reuso de sistemas completos, e, no caso de impossibilidade de reuso, os sistemas são separados em elementos, que também serão avaliados na sua capacidade de reaproveitamento. Por fim, se os elementos não tiverem capacidade de reaproveitamento, tais elementos são divididos em materiais, que passarão pelo mesmo tipo de avaliação.

Atividade 04: Elaboração do inventário para todos os elementos e materiais alvos de desconstrução e para cada um dos cenários possíveis de acordo com os sistemas, elementos e materiais intervencionados

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Rcintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.13 - Estrutura da metodologia: atividade 04.

Para cada um dos 3 cenários de intervenção, devem ser relacionados os sistemas, elementos e materiais a serem intervencionados. Os cenários propostos apresentam um grau crescente de intervenção, seja em número de sistemas alvo de análise, seja em volume de componentes recuperados. Portanto, em geral, o inventário material do primeiro cenário apresentará menos itens do que o do segundo cenário e o inventário material do segundo cenário apresentará menos itens do que o terceiro. Os componentes alvos de intervenção no primeiro cenário serão também contemplados no segundo e todos os componentes do segundo cenário serão também contemplado no terceiro, como no exemplo da Tabela 4.7.

Tabela 4.7 – Exemplo de inventários materiais para 3 cenários diferentes no mesmo edifício.

Componentes	Inventário Cenário 01	Inventário Cenário 02	Inventário Cenário 03
Caixilharias	X	X	X
Revestimento de paredes	X	X	X
Beiras da cobertura	X	X	X
Alvenarias internas	-	X	X
Alvenarias externas	-	-	X

Dentro de cada sistema deve ser feito o detalhamento daquilo que será intervencionado consoante os cenários de intervenção. Deve ser também feita a estimativa da quantidade e do volume de material a ser recuperado.

Atividade 05: Identificação do processamento necessário à preservação da maior parte dos valores intrínsecos dos elementos e materiais

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Rcintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.14 - Estrutura da metodologia: atividade 05.

A seguir ao inventário material para cada cenário é necessário especificar, por meio de uma avaliação prévia, o processamento necessário para os componentes a serem recuperados.

Seguem alguns exemplos dos processamentos possíveis:

- Limpeza geral.
- Reparação.
- Pintura.
- Desmontagem.
- Corte de partes danificadas.
- Substituição de partes danificadas.

Pode ser necessário mais de um tipo de tratamento para um único componente. O que deve ser devidamente registado.

Atividade 06: Identificação da percentagem do destino dos materiais, elementos e sistemas recuperados por desconstrução

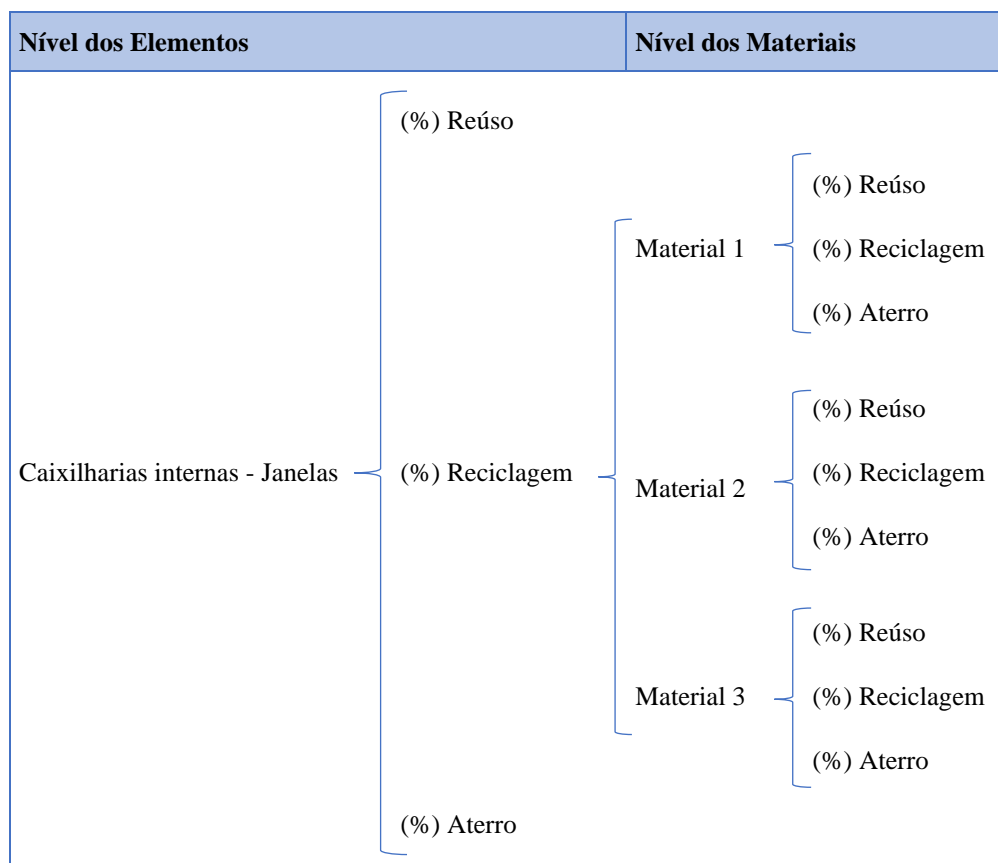
Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Rcintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.15 - Estrutura da metodologia: atividade 06.

A atividade 06 deve ser feita concomitantemente à atividade 05 para identificar o destino adequado dos componentes consoante o estado de conservação e o processamento necessário, respeitando a hierarquia material.

Devem ser avaliadas as capacidades de reuso, reciclagem ou condução para aterro dos componentes alvo da avaliação de recuperação material resultantes de desconstrução. A Tabela 4.8 exemplifica a avaliação das percentagens prévias de reuso, reciclagem e condução para aterro de elementos e materiais. O somatório final dos volumes de cada destino prévio será posteriormente comparado com os volumes dos destinos dos componentes efetivamente intervencionados na etapa de execução.

Tabela 4.8 - Avaliação prévia para desconstrução – Percentagens de destino – Exemplo.



A avaliação deve ser replicada para cada tipo de sistema, elemento e material identificado na avaliação do edifício em análise, tendo em vista a obtenção das percentagens de destino dos componentes.

A avaliação, ao nível dos edifícios, determina o destino inicial dos mesmos, ou seja, o quanto do edifício será destinado para reuso e o quanto será avaliado separadamente e decomposto em sistemas e elementos. Em seguida, no nível dos sistemas e elementos, os mesmos serão avaliados mediante a percentagem referente à sua capacidade de reuso (dentro do próprio edifício de origem ou noutras construções) e a percentagem de decomposição em materiais. Por fim, no nível dos materiais, estes serão avaliados através das percentagens relativas à sua capacidade de reuso, reciclagem ou condução a aterro do que não for económica ou tecnicamente viável para reuso ou reciclagem.

A Figura 4.16 representa as percentagens dos fluxos dos destinos do edifício, sistemas, elementos e materiais.

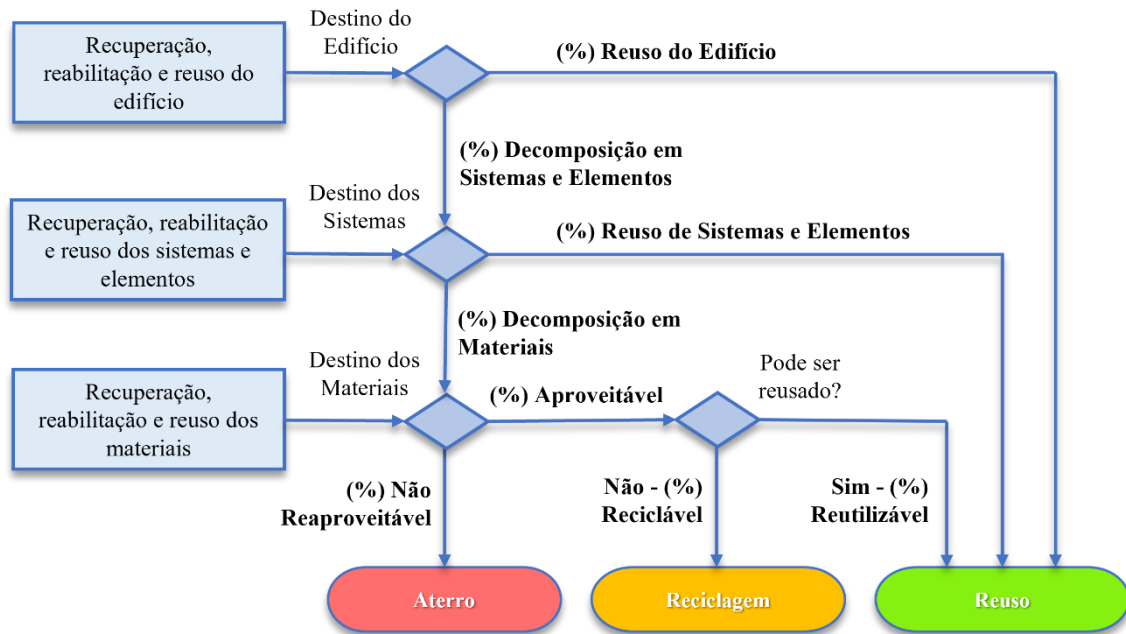


Figura 4.16 - Percentagens dos destinos dos componentes recuperados por desconstrução.

A Figura 4.17 demonstra o fluxo de todas as atividades e informações de entrada e saída das duas primeiras fases do método apresentado, que dizem respeito à etapa de planeamento e preparação para a desconstrução.

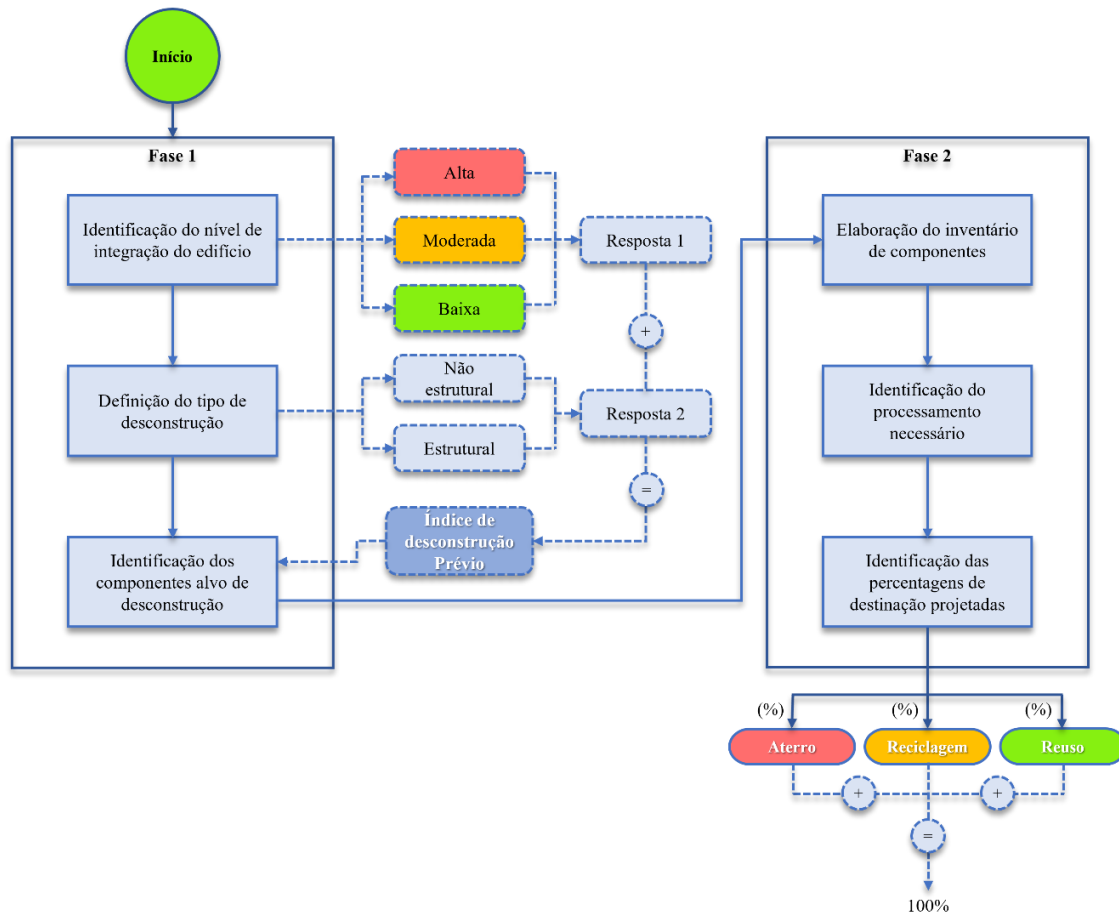


Figura 4.17 - Fluxo e informações das fases 1 e 2 da metodologia.

4.3.4. Terceira Fase: Rastreamento de Elementos e Materiais Recuperados

A terceira e a quarta fases da metodologia proposta referem-se à etapa de execução da desconstrução e os seus resultados devem ser comparados com os resultados prévios advindos da análise feita na primeira e na segunda fases.

Dentro da terceira fase deve ser feito o processamento necessário para cada elemento ou material recuperado, garantindo a manutenção ou aumento dos seus valores intrínsecos. Componentes cujo uso mais nobre dependa de certificação da sua capacidade técnica, em geral determinada por normas e regulamentos técnicos e de segurança, devem passar pelos processos de certificação disponíveis para garantir a equidade de uso em relação a componentes novos. As informações relativas a cada componente ou grupo de componentes semelhantes têm de constar no passaporte material.

Atividade 07: Identificação e execução do processamento necessário à preservação dos máximos valores intrínsecos associados a cada componente recuperado

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Reintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.18 - Estrutura da metodologia: atividade 07.

A atividade 07 pressupõe a execução da desconstrução segundo os parâmetros estabelecidos na literatura, assim como a implementação de estratégias e ações de controlo de material e armazenagem para evitar desvios e perdas. O método de desconstrução e as estratégias de controlo não são objeto deste estudo.

Devem ser usadas ferramentas, tais como fichas ou quaisquer outros meios existentes ou a serem desenvolvidos, para controlo da quantidade e qualidade dos componentes recuperados na etapa de execução da desconstrução. Tais ferramentas devem ter espaço para a relação do processamento necessário para garantir o melhor uso segundo a hierarquia material para o componente recuperado.

Tal processamento deve ser executado. As obras de desconstrução devem prever a existência de um espaço adequado para o processamento e armazenamento adequado de elementos e materiais recuperados. Aqueles componentes sem capacidade de reuso ou reciclagem devem ser devidamente conduzidos para aterro nesta fase.

Atividade 08: Identificação da necessidade de certificação e realização da certificação necessária

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Reintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.19 - Estrutura da metodologia: atividade 08.

Na mesma ficha utilizada para controlo na atividade 07 devem feitas as anotações referentes à necessidade de certificação dos componentes recuperados. Os elementos e materiais cuja necessidade de certificação for verificada devem ser encaminhados para o processo de certificação.

Produtos para construção civil elegíveis para a marcação CE, de acordo com o Regulamento (UE) N.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho (PEC, 2011) e demais normativas aplicáveis devem ser processados e marcados adequadamente.

Atividade 09: Elaboração dos passaportes materiais

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Rcintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prêvia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prêvia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.20 - Estrutura da metodologia: atividade 09.

Com as informações de quantidades e volumes, assim como o estado de conservação e as certificações dos elementos e materiais, deve ser elaborado o passaporte material para cada grupo de componentes semelhantes recuperados. Para fins de classificação, este trabalho propõe que os materiais recuperados sejam codificados de acordo com a Lista de Resíduos da União Europeia (CE, 2014). Sugere-se que seja criado um cadastro nacional para os passaportes materiais de materiais recuperados, cujo acesso seja facultado a todas as partes envolvidas, desde os geradores e comercializadores, aos consumidores finais.

A Tabela 4.9 apresenta a sugestão de organização das informações constantes do passaporte material, proposto neste trabalho. É importante destacar que as informações no passaporte material podem ser mais ou menos completas de acordo com o elemento ou material e com as informações disponíveis.

Tabela 4.9 - Organização das informações no passaporte material.

Passaporte Material		
1º Nível de Informação	2º Nível de Informação	3º Nível de Informação
Informações de Projeto	<u>Projeto</u> * nome atribuído pela equipa de avaliação, que pode ser o nome pelo qual o edifício é conhecido.	
	<u>Data</u> *: data de início de preenchimento do passaporte.	
Informações Históricas	<u>Nome do edifício</u> : nome pelo qual o edifício é conhecido ou nome atribuído pela equipa de avaliação.	
	<u>Local</u> *: morada	
	<u>Ano de Construção</u> *: aproximado, caso não existam registos confiáveis.	
	<u>Data de construção</u> : data específica, caso existam registos confiáveis.	
	<u>Arquiteto</u> : nome do arquiteto responsável, caso haja registo.	
	<u>Empresa de construção</u> : nome da empresa ou engenheiro responsável pela construção, caso haja registo.	
	<u>Mais informações históricas relevantes</u> : breve resumo das informações históricas do edifício e sua influência social, caso haja.	

Passaporte Material			
1º Nível de Informação	2º Nível de Informação	3º Nível de Informação	
Informações do Componente	<u>Componente*</u> : nome do componente descrito no passaporte material. O componente pode ser sistemas, elementos ou materiais.		
	<u>Quantidade de diferentes materiais componentes*</u> : cada componente pode ser composto por mais de um material.		
	<u>Descrição geral*</u> : descrição do componente e suas funções.		
	<u>Composição*</u> : escolha da opção adequada dentre os diferentes grupos de resíduos recuperáveis por desconstrução segundo a Lista de Resíduos 2014/955/EU (CE, 2014).		
	<u>Material 1*</u> : detalhamento do primeiro material componente. Obs.: deve ser feito o detalhamento separadamente para cada material componente. A quantidade de submenús de materiais será determinada pelo número informado no campo “quantidade de diferentes materiais”.	<u>Descrição*</u> : descrição do material analisado.	
		<u>Código (2014/955/EU)*</u> : escolha do código adequado segundo a Lista de Resíduos 2014/955/EU (CE, 2014).	
		<u>Dimensões*</u> : medidas físicas do material.	
<u>Unidade*</u> : unidade pela qual é medida a quantidade do material.			
<u>Quantidade*</u> : quantidade de materiais num mesmo componente.			
Informações Gerais	<u>Estado atual*</u> : condições de conservação e limpeza atuais do componente.	Escolha dentre as opções oferecidas.	
	<u>Tipo de reuso*</u> : indicação do reuso mais adequado para o componente.	Escolha dentre as opções oferecidas.	
	<u>Destino indicado*</u> : indicação do destino mais adequado de acordo com a hierarquia material.		
	<u>Capacidade de reciclagem</u> : capacidade de o componente ser reciclado.	Escolha dentre as opções oferecidas.	
	<u>Certificação</u> : descrição do tipo de certificação aplicada ao componente.	<u>Data da certificação</u> : data do certificado.	
		<u>Validade da certificação</u> : data até quando a certificação é válida.	
	<u>Restrições</u> : descrição das restrições ao reuso, caso existam.		
	<u>Local de armazenagem*</u> : morada onde o componente encontra-se guardado.		
	<u>Cuidados para transporte</u> : descrição de cuidados a serem tomados no transporte, caso sejam necessários.		
	<u>Instruções de montagem</u> : descrição das instruções para remontagem, caso seja necessário.		

Passaporte Material		
1º Nível de Informação	2º Nível de Informação	3º Nível de Informação
	<u>Informações de comercialização</u> : informação referente à venda ou troca do componente.	<u>Agente de comercialização</u> : nome do estabelecimento comercial - físico ou virtual - de revenda do componente.
		<u>Preço de comercialização</u> : valor em € pelo qual o componente será oferecido para venda.

Nota: as informações obrigatórias estão marcadas com (*).

Na Figura 4.21, apresenta-se o fluxo de atividades e informações referentes à terceira fase desta metodologia.

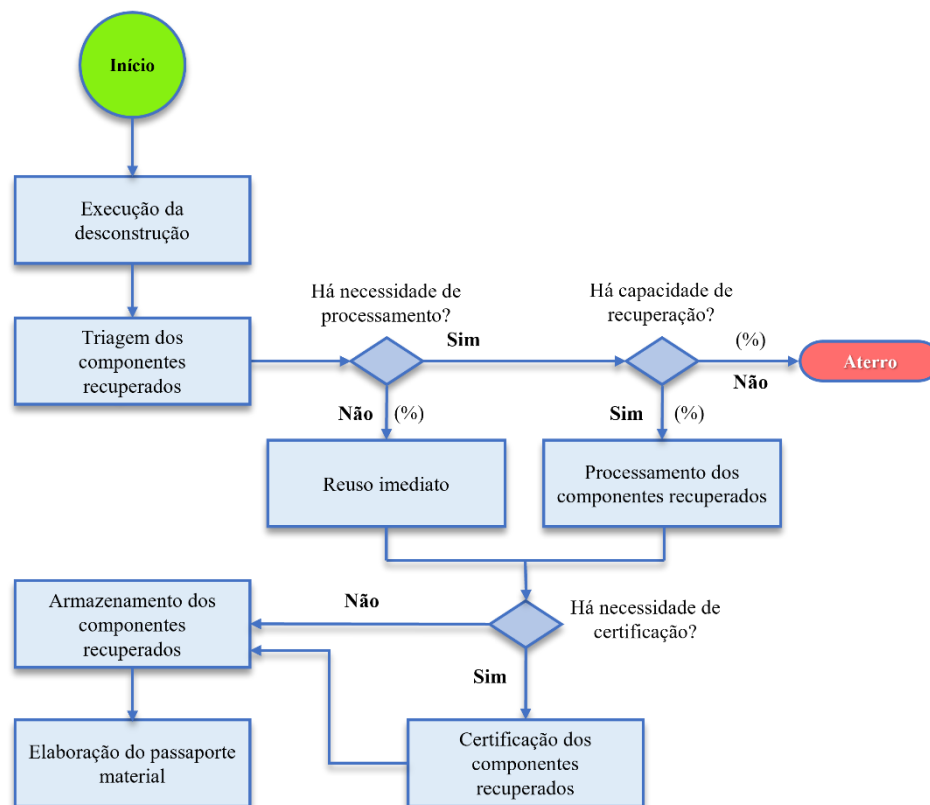


Figura 4.21 - Rastreamento de informações de elementos e materiais recuperados.

4.3.5. Quarta Fase: Reintrodução dos Materiais Recuperados no Ciclo Produtivo

A quarta e última fase da metodologia proposta refere-se à reinserção dos componentes recuperados no ciclo produtivo e pretende fornecer alternativas para tornar os componentes recuperados atrativos e disponíveis para os consumidores finais.

É importante que, depois de todo o cuidadoso processo de planeamento e execução, os elementos e materiais sejam devidamente disponibilizados para os consumidores finais por meio de venda ou doação.

Nesta fase também devem ser identificados os destinos dos elementos que passaram por todo o processo da metodologia, e, por fim, deve ser feita uma comparação entre as percentagens planeadas para reuso, reciclagem e condução para aterro e as percentagens efetivamente executadas.

Atividade 10: Disponibilização dos elementos e materiais recuperados para reuso e reciclagem

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Reintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.22 - Estrutura da metodologia: atividade 10.

Os elementos e materiais recuperados, previamente armazenados e catalogados junto aos seus passaportes materiais, devem ser disponibilizados para reuso ou reciclagem. Consoante os meios existentes ou criados para publicidade e venda ou doação, os componentes devem ser distribuídos adequadamente. É importante um levantamento prévio por parte dos coordenadores da obra de desconstrução dos meios de distribuição destes componentes:

- Caso tenham valor de mercado, devem ser disponibilizados para venda por meio de um mercado de venda ou troca de materiais tanto para reuso, quanto para reciclagem.
- Caso não tenham valor de mercado, devem ser encontrados meios de disponibilização para doação.

É importante que sejam identificados nos passaportes materiais os meios de disponibilização de cada componente recuperado para futuras auditorias e elaboração de relatórios.

Atividade 11: Identificação dos destinos efetivos dos elementos e materiais recuperados

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Reintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.23 - Estrutura da metodologia: atividade 11.

Após a disponibilização dos elementos e materiais recuperados, devem ser identificados os destinos efetivos: seja reuso, reciclagem ou condução para aterro. É possível, em último caso, que os componentes, mesmo depois de tratados, não sejam considerados atraentes para a reintrodução no ciclo produtivo. Neste caso, devem ser conduzidos para aterro.

É importante haver um registo das características técnicas, comerciais ou outras que estimulam a atratividade dos componentes recuperados para que sejam possíveis ações corretivas para, sempre que viável, adicionar valor aos componentes recuperáveis para estes sejam usados de forma mais nobre.

Os destinos efetivos são informações que também devem ser registadas nos passaportes materiais para futuras auditorias e elaboração de relatórios.

Atividade 12: Comparação entre as percentagens prévias de destino dos componentes, na etapa de planeamento, e as percentagens executadas, na etapa de execução

Planeamento		Execução	
Avaliação de desconstrução	Avaliação da recuperabilidade	Rastreamento de componentes	Reintrodução de componentes
1 - Nível de integração	4 - Inventário material	7 - Processamento	10 - Disponibilização
2 - Tipo de desconstrução	5 - Prévia de processamento	8 - Certificação	11 - Destinos efetivos
3 - Identificação prévia	6 - Prévia de destino	9 - Passaportes materiais	12 - Comparação

Figura 4.24 - Estrutura da metodologia: atividade 12.

Com os dados de destino obtidos por meio do passaporte material, nesta atividade deve ser feita a comparação entre os resultados projetados na atividade 06 e os efetivamente conseguidos no final da disponibilização dos materiais recuperados.

A comparação dos resultados é importante para identificar pontos do processo que precisem de ser melhorados e para que sejam tomadas decisões para melhoria da metodologia em geral.

Na Figura 4.25, apresenta-se o fluxo de atividades e informações referentes à quarta fase desta metodologia.

Já toda a etapa de execução da desconstrução, de acordo com a metodologia proposta, apresenta o fluxo de informações e atividades detalhado na Figura 4.26.

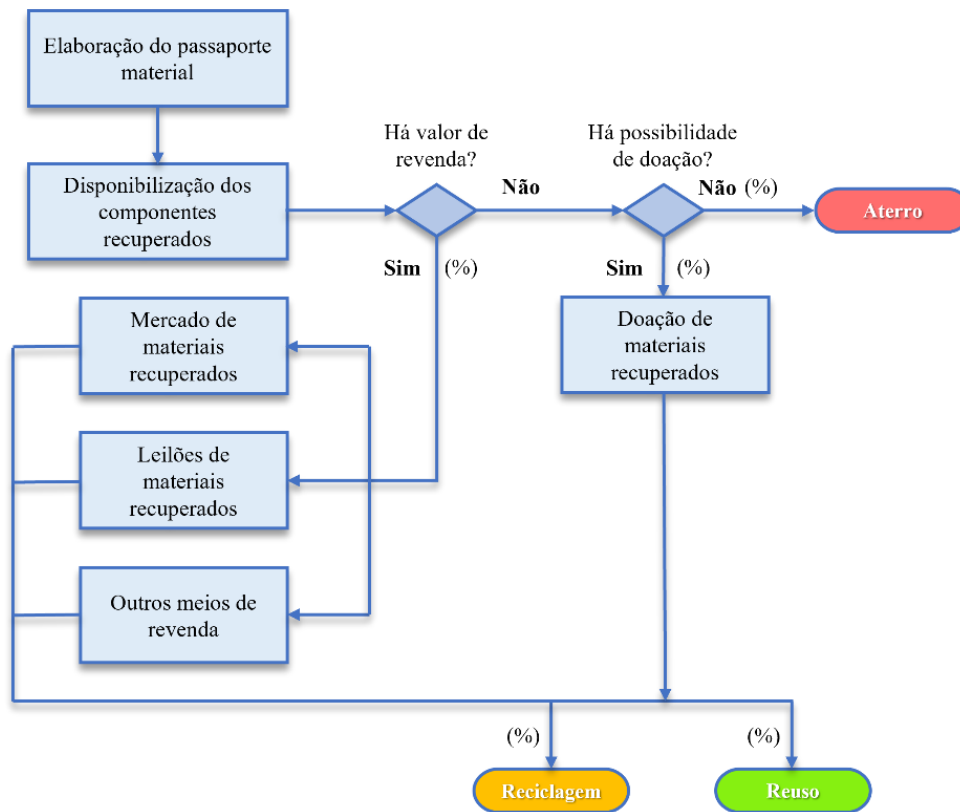


Figura 4.25 - Reintrodução dos Materiais Recuperados no Ciclo Produtivo.

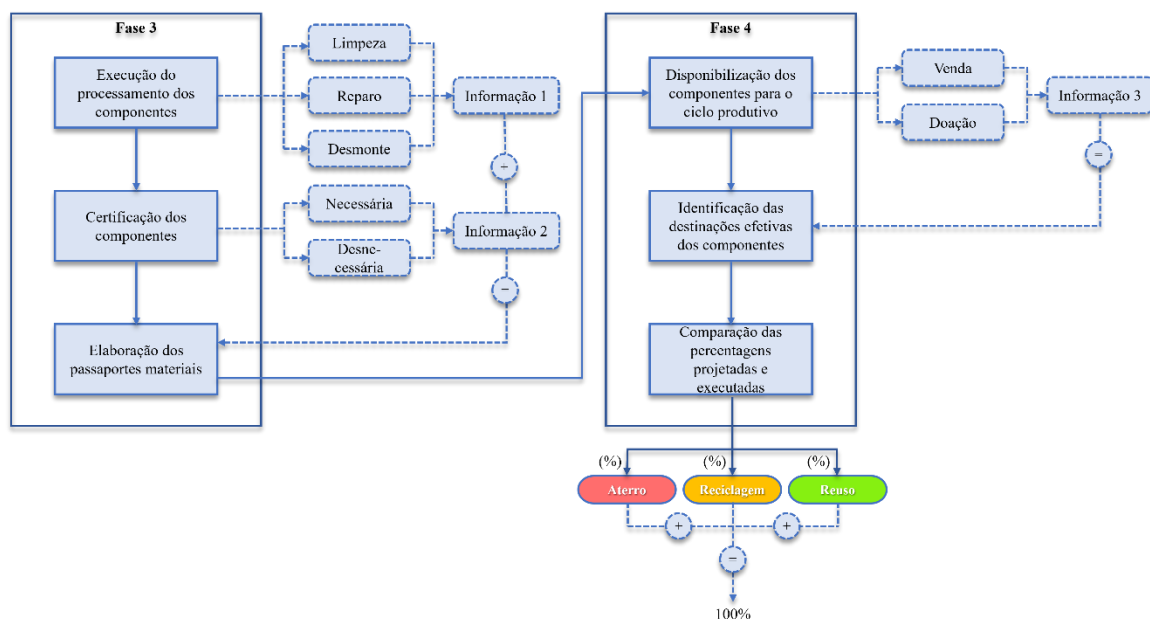


Figura 4.26 - Fluxo e informações das fases 3 e 4 da metodologia.

É importante destacar que tanto na fase 2, quanto na fase 4 há 3 finais previstos: aterro; reciclagem; e reúso. Seguindo a ordem de valorização material, o destino final mais desejável é o reúso, seguido da reciclagem.

Tanto na etapa de planeamento, quanto na etapa de execução, os finais podem ser interpretados da mesma forma. O primeiro final (aterro – assinalado a vermelho) diz respeito ao destino onde, depois das avaliações realizadas, é concluído pelos especialistas que os componentes em análise, sejam estes o edifício, os sistemas, elementos ou materiais, não possuem capacidade de recuperação ou valores intrínsecos que justifiquem a recuperação. Portanto, a decisão final de fim de vida do componente é a condução para aterro. O segundo final (reciclagem – assinalado a laranja) diz respeito aos elementos e materiais recuperados e avaliados que não têm capacidade de reúso, mesmo depois de executadas reparações. Entretanto, têm valores intrínsecos para o fabrico de outros elementos ou materiais. O terceiro final (reúso – assinalado a verde) é o destino mais desejável, depois da aplicação da metodologia proposta, onde os componentes recuperados são reinseridos no ciclo produtivo, com o seu valor intrínseco preservado.

Por fim, o fluxo completo das atividades do modelo proposto é apresentado na Figura 4.27.

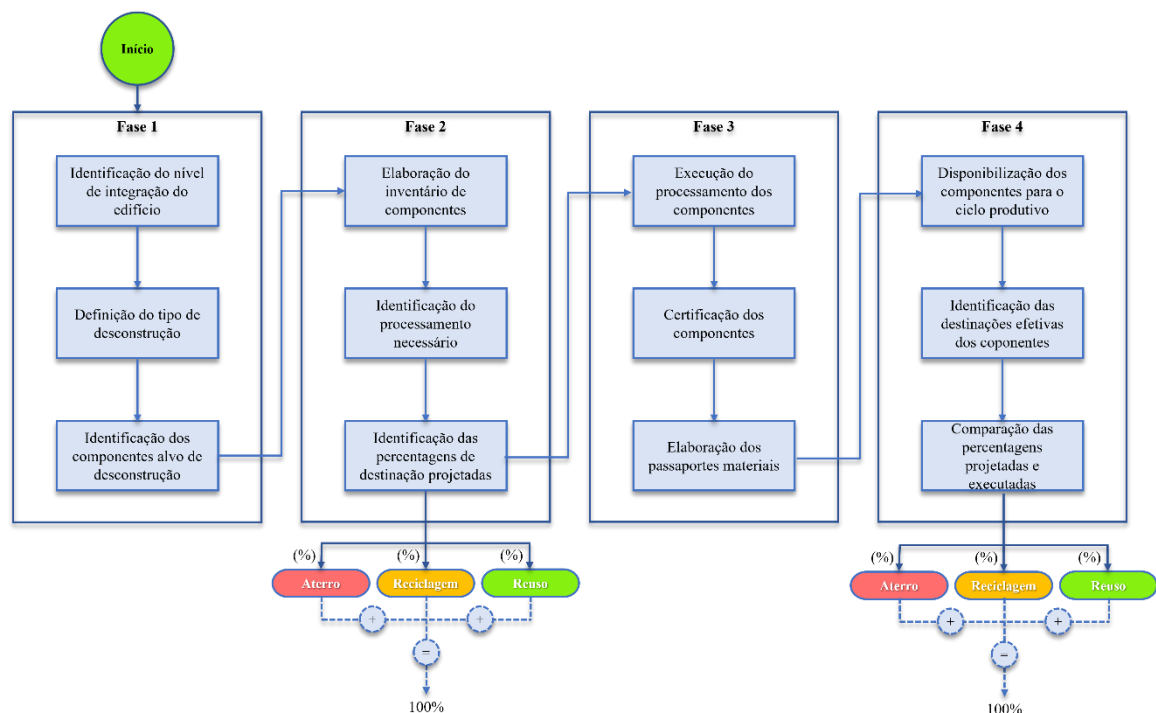


Figura 4.27 - Modelo de Avaliação da Capacidade de Desconstrução e Recuperação Material para Edifícios Antigos.

4.4. Exemplos de Aplicação da Metodologia

4.4.1. Considerações Iniciais

A metodologia proposta pretende oferecer uma alternativa global, do túmulo ao berço, que abranja desde a estratégia de intervenção ao controlo dos destinos dos elementos e materiais recuperados por meio de desconstrução. Esta metodologia também pretende atender a diferentes níveis de detalhamento e informações disponíveis e oferecer desde uma estimativa inicial a uma avaliação aprofundada da capacidade de desconstrução de diferentes edifícios.

Para avaliar os benefícios e vantagens possíveis no uso desta metodologia, serão apresentados, em seguida, três diferentes edifícios e uma expedita aplicação comparada da metodologia. Com isto procura-se demonstrar que mesmo edifícios contruídos com diferentes técnicas, em diferentes épocas e que se encontram em diferentes estados de conservação são elegíveis à aplicação da metodologia, e que a metodologia é capaz de apresentar resultados preliminares para avaliação da viabilidade da adoção da desconstrução para o fim de vida dos objetos de estudo.

4.4.2. Apresentação dos Casos de Estudo

Caso de Estudo 01: Edifício da Casa das Bocas

O edifício da Casa das Bocas é uma construção do final do século XVII e início do seguinte situada no Centro Histórico de Viseu. O nome “Casa das Bocas” deve-se a um conjunto de gárgulas localizadas na fachada principal. Este edifício, de 402 m² de área de implantação e, originalmente, 2 pavimentos, pertenceu, inicialmente, à Família Beltrão de Seabra, e, atualmente, pertence à Câmara Municipal de Viseu. A Casa das Bocas estava devoluta há algumas dezenas de anos, quando, em 2009, o seu telhado desabou. Em 2016, o edifício encontrava-se parcialmente demolido, restando apenas as paredes internas e externas de granito (IPN, 2016; Viseu Novo – SRU, 2016).

Durante a sua vida útil, a Casa das Bocas teve diferentes usos: no século XX, instalou-se no edifício um colégio particular; e, mais recentemente, no seu rés-do-chão, funcionou uma tipografia (Viseu Novo – SRU, 2016).

A Casa das Bocas, embora seja um edifício não-classificado, é um exemplo de edificado histórico com valores intrínsecos, inserido na Área de Reabilitação Urbana e em local identificado como sítio arqueológico pelo Plano Diretor Municipal de Viseu (Viseu Novo – SRU, 2016). Portanto, um bom candidato para a aplicação da metodologia proposta.

Durante a pesquisa não houve acesso a informações técnicas detalhadas deste edifício, como plantas baixas, vistas e cortes, portanto todo o levantamento foi feito com o auxílio de fotografias e

medições apresentadas nos relatórios técnicos encontrados. Ou seja, as quantidades levantadas para os componentes deste edifício apresentadas neste trabalho são estimativas.

A Tabela 4.10 detalha alguns aspetos particulares da Casa das Bocas e do seu estado de conservação em 2016.

A Casa das Bocas, entretanto, sofreu completa reabilitação em 2021 e hoje encontra-se com aspeto completamente diferente do apresentado nas fotografias de 2016. É objetivo da Câmara Municipal de Viseu de que o edifício da Casa das Bocas acolha uma Unidade de Saúde Familiar. Não foi possível verificar o destino dos componentes intervencionados durante a reabilitação.

A Figura 4.28, extraída em 2022, mostra a fachada lateral da Casa das Bocas já completamente reabilitada.



Figura 4.28 – Fachada da Casa das Bocas remodelada: Fonte: Município de Viseu (2022).

Caso de Estudo 02: Edifício da Casa Carlos Reis

A antiga residência do pintor Carlos Reis é uma construção do início do século XX, localizada na cidade de Lousã. O edifício tem área de implantação de 250 m² e apresenta cave, rés-do-chão, primeiro pavimento e sótão. O edifício foi construído em duas fases: na primeira, apresentava um volume de planta retangular; e, na segunda fase, a casa foi ampliada para uso residencial em temporada de férias. Seu nome foi dado justamente por, inicialmente, ter pertencido ao pintor Carlos Reis. Entretanto, a casa também é conhecida como “Casal da Lagartixa”. Em 2019, o edifício encontrava-se sem uso e degradado (Fernandes e Pinho, 2019).

Pela relevância histórica e cultural, por ter sido idealizada pelo pintor Carlos Reis e pelas suas características arquitetónicas singulares, a Casa Carlos Reis, embora não seja um edifício classificado, recebeu, em 2020, o estatuto de imóvel de interesse municipal pela Assembleia Municipal da Lousã (Ramos, 2021), sendo um exemplo de edificado histórico com valores intrínsecos, e, assim, um bom candidato à aplicação da metodologia proposta.

Acerca do edifício da Casa Carlos Reis foram encontrados relatórios e documentos técnicos e administrativos, entretanto não foi possível ter acesso às plantas baixas, vistas e cortes em escala e com qualidade detalhe necessário para realização de um levantamento aprofundado. Assim como o caso de estudo anterior, as quantidades levantadas para os componentes deste edifício apresentadas neste trabalho são estimativas, entretanto é possível afirmar que há um maior grau de certeza pela maior quantidade de informação técnica encontrada comparadamente ao caso de estudo 01.

A Tabela 4.11 detalha alguns aspetos particulares da Casa Carlos Reis e do seu estado de conservação, em 2019 (Fernandes e Pinho, 2019).

Caso de Estudo 03: Mercado de Angra do Heroísmo

O atual Mercado de Angra do Heroísmo, chamado também de Mercado Duque de Bragança, é uma construção de 1970, e remodelada em 1985, implantada no mesmo sítio onde antes esteve o antigo convento de Angra do Heroísmo, o Convento da Esperança, fundado em 1557, hoje sem qualquer vestígio. Antes da construção atual, ali esteve contruído o antigo Mercado Duque de Bragança, construção do século XIX, que sofreu danos depois do terramoto de 1980 que atingiu os Açores e a Ilha Terceira (Bettencourt, 2021).






O complexo do mercado tem uma área de implantação de cerca de 3350 m², e é constituído por 2 pisos e caracterizado por vários volumes interligados através de escadas, abrigando dezenas de lojas, bancas e restaurantes (Bettencourt, 2021).

A cidade de Angra do Heroísmo, e todas as suas construções, foi considerada pela UNESCO como Património Mundial. O Mercado de Angra do Heroísmo, pela carga histórica e sua localização como parte da cidade, possui valores intrínsecos, configurando-se também como um bom candidato à aplicação da metodologia proposta.

Apesar do complexo atual do Mercado de Angra do Heroísmo não estar caracterizado pelas definições de edificado antigo adotadas neste trabalho, a aplicação sumarizada da metodologia proposta busca demonstrar que esta, mesmo que direcionada para o edificado antigo, é também aplicável a edificações mais novas.

A Tabela 4.12 detalha alguns aspetos particulares do Mercado de Angra do Heroísmo e do seu estado de conservação, em 2022.

Tabela 4.10 - Detalhamento da Casa das Bocas.

Casa das Bocas - Viseu	
 <p>Fachada Principal</p>	<p>Localização: Edifício municipal situado na Rua João Mendes nº 70 - Viseu</p> <p>Área de Implantação: 402 m²</p> <p>Área de Construção: 960 m²</p> <p>Pavimentos: Rés-do-chão e Primeiro Piso</p> <p>Sistemas Existentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alvenarias externas • Alvenarias internas • Caixilharias
Detalhes da Casa das Bocas	
 <p>Alvenaria externa - Vista exterior</p>	 <p>Alvenaria externa - Vista interior</p>
<p>A maior parte da alvenaria externa encontrava-se, em 2016, estruturalmente sólida, apesar de apresentar patologias, como fissuras, descolamento de revestimento, sujidade, vandalismo e colonização biológica. Observa-se que as alvenarias externas são alvenarias estruturais, construídas com pedras aparelhadas e assentadas com argamassa de cal.</p>	
 <p>Alvenaria interna</p>	 <p>Alvenaria interna (detalhe)</p>
<p>A maior parte da alvenaria interna, encontrava-se ausente. As alvenarias presentes encontravam-se estruturalmente sólidas, apesar de também apresentarem as mesmas patologias, consequência da exposição às intempéries, após o desabamento da cobertura. As alvenarias internas, todas com função estrutural, também, foram construídas com pedras aparelhadas e assentadas com argamassa de cal.</p>	














Detalhes da Casa das Bocas		
		<p>Os elementos decorativos na fachada são de pedra. Algumas partes foram substituídas, apresentando reparações visíveis. Os detalhes apresentam algumas patologias, como desgaste, sujidade e colonização biológica. As gárgulas também apresentam patologias da mesma espécie dos outros detalhes e da fachada.</p>
<p>Gárgula característica da Casa das Bocas</p>	<p>Elemento decorativo na moldura da porta</p>	
		<p>As lumieiras da fachada possuem moldura em pedra de cantaria e são elementos característicos da arquitetura da época. As molduras apresentam também patologias, como fissuras, desalinhamento, sujidade, degradação, vandalismo e presença de colonização biológica.</p>
<p>Lumieira</p>	<p>Lumieira</p>	
		<p>As janelas da fachada têm molduras em pedra de cantaria, com detalhes esculpidos. Em geral, as caixilharias e cantarias apresentam uma série de patologias, como elementos ausentes, danificados ou sem função, desgaste, fissuras, vandalismo e colonização biológica.</p>
<p>Janela</p>	<p>Janela</p>	
		<p>As portas também têm molduras em pedra de cantaria, com detalhes esculpidos, assim como patologias semelhantes às encontradas nas janelas e na fachada em geral: partes ausentes ou sem função; fissuras; podridão; vandalismo; sujidade; e colonização biológica.</p>
<p>Portas</p>	<p>Portas</p>	

Tabela 4.11 - Detalhamento da Casa Carlos Reis.

Casa Carlos Reis - Lousã		
 <p>Fachada Principal</p>	<p>Localização: Zambujeiro, Lousã.</p> <p>Área de Implantação: 250 m²</p> <p>Área de Construção: 1000 m²</p> <p>Pavimentos: Cave, Rés-do-chão, Primeiro Piso e Sótão</p> <p>Sistemas Existentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alvenarias externas • Alvenarias internas • Paredes em tabique • Pavimentos • Escadas • Tetos • Cobertura • Caixilharias (janelas, portas e varandas) • Instalações técnicas (sanitárias e elétricas) • Acabamentos 	
Detalhes da Casa Carlos Reis		
 <p>Alvenaria externa - Vista exterior</p>	 <p>Alvenaria externa - Vista interior</p>	<p>A maior parte da alvenaria externa encontrava-se, em 2019, estruturalmente sólida, com revestimento praticamente intacto na parte exterior, entretanto sem revestimento na parte interior da maioria das paredes. Observa-se que as alvenarias externas são alvenarias estruturais, construídas com pedras de mão e assentadas com argamassa de cal.</p>
 <p>Tetos</p>	 <p>Tetos (patologia)</p>	<p>Os tetos de madeira detalhados apresentam algumas partes danificadas por patologias ligadas à água (apodrecimento, rutura, ausência de elementos).</p>

Detalhes da Casa Carlos Reis		
		A estrutura da cobertura foi construída com madeira rústica e encontrava-se em bom estado. O revestimento da cobertura havia sido trocado em intervenções anteriores.
Estrutura de cobertura	Estrutura de cobertura	
		As janelas sofreram intervenções anteriores e não estão no seu estado original. As janelas encontradas apresentam boas condições de funcionamento.
Janela	Janelas	
		Parte do pavimento do rés-do-chão, que também tinha a função de teto da cave, estava em ruína.
Cave	Cave	
		As escadas, apesar de apresentarem patologias, como sujidade e desgaste, encontravam-se estruturalmente sólidas.
Escadas	Escadas	

Tabela 4.12 - Detalhamento do Mercado de Angra do Heroísmo.

Mercado de Angra do Heroísmo – Ilha Terceira, Açores		
 <p>Fachada Principal</p>	<p>Localização: Rua do Rego – Sé – Angra do Heroísmo – Ilha Terceira – Arquipélago dos Açores</p> <p>Área de Implantação: 3350 m²</p> <p>Área de Construção: 3350 m²</p> <p>Pavimentos: Rés-do-chão e Primeiro Piso</p> <p>Sistemas Existentes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alvenarias externas • Alvenarias internas • Pavimentos • Escadas • Tetos • Cobertura • Caixilharias (janelas, portas e varandas) • Instalações técnicas (sanitárias e elétricas) • Acabamentos 	
Detalhes do Mercado de Angra do Heroísmo		
 <p>Alvenaria</p>	 <p>Alvenaria</p>	<p>As alvenarias internas e externas encontram-se em bom estado de conservação, com os seus revestimentos praticamente intactos e alguns pontos de perda de reboco. As alvenarias não são estruturais.</p>
 <p>Azulejos</p>	 <p>Azulejos</p>	<p>Há painéis de azulejos em diversas paredes e colunas. Os azulejos, na sua maioria, também se encontram íntegros. Alguns apresentam patologias, como fissuras e ausência de peças.</p>

Detalhes do Mercado de Angra do Heroísmo		
		<p>A estrutura da cobertura foi contruída com madeira aparelhada e encontra-se em bom estado. O revestimento da cobertura é feito de telhas cerâmicas tipo lusa (aba e canudo), com grandes claraboias, para permitir a entrada de luz solar durante o dia.</p>
<p style="text-align: center;">Cobertura</p>	<p style="text-align: center;">Cobertura</p>	
		<p>As portas e janelas encontram-se em bom estado de conservação e funcionamento, assim como os guarda-corpos das varandas.</p>
<p style="text-align: center;">Portas e janelas</p>	<p style="text-align: center;">Varandas</p>	
		<p>As escadas de acesso aos diferentes níveis não possuem revestimento de piso além de betonilha. Os corrimãos e as paredes apresentam patologias decorrentes da exposição às intempéries, como sujidade, descascamento de revestimento e colonização biológica.</p>
<p style="text-align: center;">Escadas</p>	<p style="text-align: center;">Escadas</p>	
		<p>Os 3 vãos de entrada apresentam cantaria e candeeiros antigos. São encontradas patologias, como desgaste, sujidade e colonização biológica.</p>
<p style="text-align: center;">Entrada</p>	<p style="text-align: center;">Entrada</p>	

4.4.3. Aplicação da Metodologia aos Casos de Estudo

Atividade 01: Identificação do nível de integração dos componentes do edifício, de acordo com as suas características construtivas

A combinação entre a integração dos sistemas e os tipos de conexões terá como resultado o tipo de integração dos edifícios dos casos de estudo, conforme mostrado na Tabela 4.13.

Tabela 4.13 - Nível de integração dos casos de estudo.

Casos de Estudo	Integração	Conexões	Resultado
Casa da Bocas	Sistemas predominantemente integrados	Predominantemente fracas (>80% Fracas)	Moderadamente integrado
Casa Carlos Reis	Misto de sistemas integrados e não integrados	Misto de conexões fracas e fortes (60% Fracas / 40% Fortes)	Moderadamente integrado
Mercado de Angra do Heroísmo	Sistemas predominantemente integrados	Predominantemente fortes (>80% Fortes)	Altamente integrado

Atividade 02: Definição do tipo de desconstrução aplicável ao edifício em análise

Os sistemas a serem intervencionados de forma não-estrutural ou estrutural, assim como os destinos dos componentes intervencionáveis e os volumes e estimativa de destino dos componentes reaproveitáveis são informações necessárias para o uso dos ábacos para definição da classe de desconstrução do edifício. As informações necessárias para uso dos ábacos para cada caso de estudo estão disponíveis na Tabela 4.14.

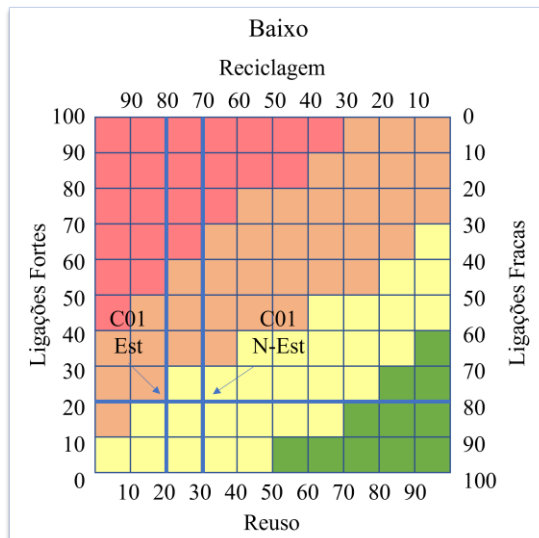
Tabela 4.14 - Sistemas intervencionáveis e seus destinos previstos para cada caso de estudo.

Casos de Estudo	Sistemas intervencionados		Destino	Volume de reaproveitáveis	
Casa das Bocas	<ul style="list-style-type: none"> • Caixilharias de janelas, portas e lumieiras • Detalhes de fachada • Revestimento de paredes • Beiral da cobertura • Alvenarias internas • Alvenarias externas 	Não-Est.	Estrutural	Reciclagem / Aterro	Baixo
				Reuso	
				Reciclagem / Aterro	
				Reuso / Reciclagem	
				Reuso / Reciclagem	
				Reuso / Reciclagem	
Estimativa de destinação de reaproveitáveis: N-Est: 30% Reuso / 70% Reciclagem Est: 20% Reuso / 80% Reciclagem					

Casos de Estudo	Sistemas intervencionados		Destino	Volume de reaproveitáveis	
Casa Carlos Reis	<ul style="list-style-type: none"> • Caixilharias de janelas, portas e varandas • Revestimento de paredes • Beiral da cobertura • Revestimento da cobertura • Corrimãos de escadas • Tetos • Pisos • Escadas • Pavimentos • Estruturas de cobertura • Alvenarias internas • Alvenarias externas 	Não-Estrutural	Estrutural	Reuso	Médio
				Reciclagem / Aterro	
				Reuso / Reciclagem	
				Reuso / Reciclagem	
				Reuso / Reciclagem	
				Reuso / Reciclagem / Aterro	
				Reuso / Reciclagem	
				Reuso / Reciclagem	
				Reuso / Reciclagem	
				Reuso	
				Reciclagem	
				Reciclagem	
				Estimativa de destinação de reaproveitáveis: N-Est: 60% Reuso / 40% Reciclagem Est: 50% Reuso / 50% Reciclagem	

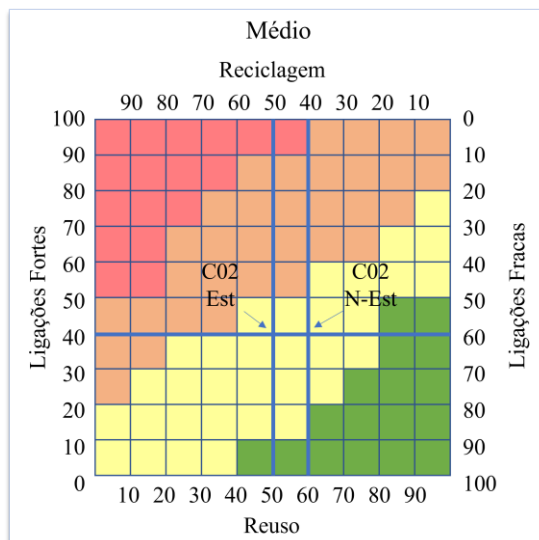
Mercado de Angra do Heroísmo	<ul style="list-style-type: none"> • Caixilharias de janelas, portas e varandas • Revestimento de paredes • Revestimento da cobertura • Revestimentos de pisos • Azulejos • Estrutura de cobertura • Escadas • Pavimentos • Estruturas de cobertura • Alvenarias internas • Alvenarias externas • Estruturas 	Não-Estrutural	Estrutural	Reuso	Alto
				Reciclagem / Aterro	
				Reuso / Reciclagem	
				Reciclagem / Aterro	
				Reuso / Reciclagem	
				Reuso / Reciclagem	
				Reciclagem / Aterro	
				Reciclagem / Aterro	
				Reciclagem / Aterro	
				Reuso / Reciclagem	
				Reciclagem / Aterro	
				Reciclagem / Aterro	
				Estimativa de destinação de reaproveitáveis: N-Est: 30% Reuso / 70% Reciclagem Est: 20% Reuso / 80% Reciclagem	

De posse das informações a respeito do volume de componentes reaproveitáveis, estimativa de destino dos elementos e materiais reaproveitáveis (destino para reuso ou reciclagem) e do tipo de ligações entre os componentes é possível determinar as posições dos casos de estudo nos ábacos e suas classes de desconstrução para desconstrução não-estrutural e estrutural, conforme mostrado na Figura 4.29.



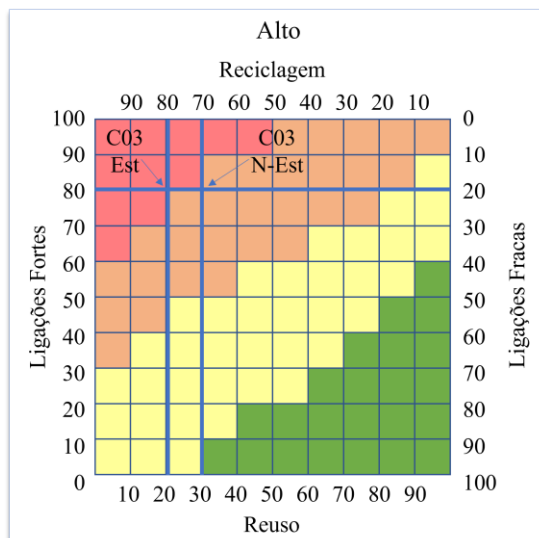
Caso de Estudo 01: Casa das Bocas

- Desconstrução Não-Estrutural: moderadamente-alta
- Desconstrução Estrutural: moderadamente-baixa



Caso de Estudo 02: Casa Carlos Reis

- Desconstrução Não-Estrutural: moderadamente-alta
- Desconstrução Estrutural: moderadamente-alta



Caso de Estudo 03: Mercado de Angra do Heroísmo

- Desconstrução Não-Estrutural: moderadamente-baixa
- Desconstrução Estrutural: baixa

Figura 4.29 – Classes de desconstrução dos casos de estudo.

Atividade 03: Identificação prévia de materiais, elementos e sistemas, constantes do edifício em análise, que serão alvo de intervenção

As informações do tipo de desconstrução, volume de componentes reaproveitáveis, classes de desconstrução encontradas no ábaco relativas a cada um dos cenários possíveis de intervenção são utilizadas para obtenção do índice de desconstrução dos casos de estudo para cada cenário, conforme mostrado na Tabela 4.15.

Tabela 4.15 - Identificação prévia de componentes e índice de desconstrução dos casos de estudo.

Casos de Estudo	Cenário 01	Cenário 02	Cenário 03
Casa da Bocas	<ul style="list-style-type: none"> Janelas Portas Lumieiras Revestimentos das paredes Beiral da cobertura 	<ul style="list-style-type: none"> Janelas Portas Lumieiras Revestimentos das paredes Beiral da cobertura Alvenarias internas 	<ul style="list-style-type: none"> Janelas Portas Lumieiras Revestimentos das paredes Beiral da cobertura Alvenarias internas Alvenarias externas
	Tipo de Desconstrução: Não-estrutural		Tipo de Desconstrução: Estrutural
	Volume de Reaproveitáveis: Baixo		
	Classe de Desconstrução: Moderadamente-alta		Classe de Desconstrução: Moderadamente-baixa
	Índice de Desconstrução: 7 - 8	Índice de Desconstrução: 31 - 32	Índice de Desconstrução: 77 - 78

Casos de Estudo	Cenário 01	Cenário 02	Cenário 03
Casa Carlos Reis	<ul style="list-style-type: none"> Tetos Pisos Revestimento das paredes internas 	<ul style="list-style-type: none"> Tetos Pisos Revestimento das paredes internas Janelas Portas Sacadas Corrimãos das escadas Beiral da cobertura Revestimento da cobertura 	<ul style="list-style-type: none"> Tetos Pisos Revestimento das paredes internas Revestimentos das paredes externas Janelas Portas Sacadas Corrimãos das escadas Beiral da cobertura Revestimento da cobertura Escadas Alvenarias internas Alvenarias externas
	Tipo de Desconstrução: Não-estrutural		Tipo de Desconstrução: Estrutural
	Volume de Reaproveitáveis: Médio		
	Classe de Desconstrução: Moderadamente-alta		
	Índice de Desconstrução: 15 - 16	Índice de Desconstrução: 39 - 40	Índice de Desconstrução: 87 - 88

Casos de Estudo	Cenário 01	Cenário 02	Cenário 03	
Mercado de Angra do Heroísmo	<ul style="list-style-type: none"> • Janelas • Portas • Guarda-corpos • Revestimento de paredes • Revestimento dos pisos • Azulejos • Tetos 	<ul style="list-style-type: none"> • Janelas • Portas • Guarda-corpos • Revestimento da cobertura • Revestimento das paredes • Revestimento dos pisos • Azulejos • Tetos • Estrutura da cobertura 	<ul style="list-style-type: none"> • Janelas • Portas • Guarda-corpos • Revestimento da cobertura • Revestimento das paredes • Revestimento dos pisos • Azulejos • Tetos • Estrutura da cobertura • Escadas • Estruturas de betão • Paredes internas de alvenaria • Paredes externas de alvenaria 	
	Tipo de Desconstrução: Não-estrutural	Tipo de Desconstrução: Estrutural		
	Volume de Reaproveitáveis: Alto			
	Classe de Desconstrução: Moderadamente-baixa	Classe de Desconstrução: Baixa		
	Índice de Desconstrução: 21 - 22	Índice de Desconstrução: 67 - 68	Índice de Desconstrução: 91 - 92	

Atividade 04: Elaboração do inventário para todos os elementos e materiais alvos de desconstrução e para cada um dos cenários possíveis de acordo com os sistemas, elementos e materiais intervencionados

Nesta fase devem ser identificadas as quantidades ou volumes dos sistemas intervencionáveis para cada cenário projetado, conforme exemplo da Tabela 4.16. É importante destacar que, nesta fase de aplicação expedita da metodologia, as quantidades declaradas são estimativas.

Tabela 4.16 - Inventário material dos casos de estudo.

Inventário Material					
Casa das Bocas					
Cenário 01	Quant.	Cenário 02	Quant.	Cenário 03	Quant.
Janelas	22	Janelas	22	Janelas	22
Portas	6	Portas	6	Portas	6
Lumieiras	5	Lumieiras	5	Lumieiras	5
Revestimentos das paredes	355 m ²	Revestimentos das paredes	625 m ²	Revestimentos das paredes	625 m ²
Beiral da cobertura	10 m	Beiral da cobertura	50 m	Beiral da cobertura	50 m
-	-	Alvenarias internas	62 m ²	Alvenarias internas	62 m ²
-	-	-	-	Alvenarias externas	250 m ²

Inventário Material					
Casa Carlos Reis					
Cenário 01	Quant.	Cenário 02	Quant.	Cenário 03	Quant.
Tetos	150 m ²	Tetos	260 m ²	Tetos	260 m ²
Pisos	100 m ²	Pisos	260 m ²	Pisos	260 m ²
-	-	Revestimento das paredes internas	500 m ²	Revestimentos das paredes internas	860 m ²
-	-	-	-	Revestimentos das paredes externas	540 m ²
-	-	-	-	Janelas	22 un.
-	-	-	-	Portas	29 un.
-	-	-	-	Lumieiras	2 un.
-	-	-	-	Corrimão das escadas em ferro	1,60 m ²
-	-	-	-	Corrimão das escadas em alvenaria	1,60 m ³
-	-	-	-	Corrimão das escadas em madeira	11 m ²
-	-	-	-	Sacadas	5,40 m ²
-	-	-	-	Beiral da cobertura	55 m
-	-	-	-	Revestimento da cobertura	165 m ²
-	-	-	-	Escadas de pedra	8 m ²
-	-	-	-	Escadas de madeira	10 m ²
-	-	-	-	Estrutura de cobertura	140 m ²
-	-	-	-	Paredes internas alvenaria	110 m ²
-	-	-	-	Paredes internas tabique	165 m ²
-	-	-	-	Paredes externas alvenaria	540 m ²

Inventário Material					
Mercado de Angra do Heroísmo					
Cenário 01	Quant.	Cenário 02	Quant.	Cenário 03	Quant.
Janelas	35 un.	Janelas	131 un.	Janelas	131 un.
Portas	15 un.	Portas	55 un.	Portas	55 un.
Guarda-corpo	10 un.	Guarda-corpo	22 un.	Guarda-corpo	22 un.
Revestimento das paredes	250 m ²	Revestimento da cobertura	2.135 m ²	Revestimento da cobertura	2.135 m ²
Revestimento dos pisos	300 m ²	Revestimento das paredes	5.000 m ²	Revestimento das paredes	5.000 m ²
Azulejos	50 m ²	Revestimento dos pisos	3.135 m ²	Revestimento dos pisos	3.135 m ²
Tetos	200 m ²	Azulejos	135 m ²	Azulejos	135 m ²
-	-	Tetos	1.970 m ²	Tetos	1.970 m ²
-	-	Estrutura da cobertura	1.970 m ²	Estrutura da cobertura	1.970 m ²
-	-	-	-	Escadas	70 m ²
-	-	-	-	Estruturas de betão	170 m ³
-	-	-	-	Paredes internas de alvenaria	325 m ³
-	-	-	-	Paredes externas de alvenaria	420 m ³

Atividade 05: Identificação do processamento necessário à preservação da maior parte dos valores intrínsecos dos elementos e materiais

Esta fase identifica os processamentos necessários para cada componente por cenário de intervenção, conforme exemplo demonstrado na Tabela 4.17.

Tabela 4.17 - Processamento dos componentes dos casos de estudo.

Legenda:
L – Limpeza geral
R – Reparo
P – Pintura
D – Desmontagem
C – Corte de partes danificadas
S – Substituição de partes danificadas

Casos de Estudo																		
Casa das Bocas	Cenário 01						Cenário 02						Cenário 03					
	L	R	P	D	C	S	L	R	P	D	C	S	L	R	P	D	C	S
Janelas	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X
Portas	X	X	X	-	-	X	X	X	X	X	-	X	X	X	X	X	X	X
Lumieiras	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	X	-	X
Revest. das paredes	X	X	X	-	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	-
Beiral da cobertura	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	X	X	-	-	X	-	-
Alvenarias internas	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	-	X	-	-	-	X	-	-
Alvenarias externas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-

Casos de Estudo																		
Casa Carlos Reis	Cenário 01						Cenário 02						Cenário 03					
	L	R	P	D	C	S	L	R	P	D	C	S	L	R	P	D	C	S
Tetos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	X	-
Pisos	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	-	-	-	X	X	-
Revest. par. internas	-	-	-	-	-	-	-	X	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-
Revest. par. externas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Janelas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X
Portas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X
Lumieiras	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-
Corrimãos em ferro	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-
Corrimãos em alvenaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Corrimãos em madeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	X	X
Sacadas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	-
Beiral da cobertura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-
Revest. da cobertura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-
Escadas de pedra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-
Escadas de madeira	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-
Estrutura de cobertura	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	X	-
Paredes int. alvenaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Paredes int. tabique	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Paredes ext. alvenaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-

Mercado de Angra do Heroísmo	Cenário 01						Cenário 02						Cenário 03					
	L	R	P	D	C	S	L	R	P	D	C	S	L	R	P	D	C	S
Janelas	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-
Portas	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	-
Guarda-corpo	X	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-	-
Revest. da cobertura	-	-	-	-	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-	X	-	-
Revest. das paredes	-	X	X	-	-	X	-	X	X	X	X	X	-	-	-	X	-	-
Revest. dos pisos	X	X	-	-	-	X	X	X	-	X	X	X	-	-	-	X	-	-
Azulejos	X	X	-	-	-	X	X	X	-	X	-	X	X	-	-	X	-	-
Tetos	X	X	X	-	-	-	X	X	X	-	-	X	-	-	-	X	-	-
Estrutura da cobertura	-	-	-	-	-	-	X	X	X	X	-	X	X	X	-	X	-	-
Escadas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Estruturas de betão	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Alvenarias internas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-
Alvenarias externas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-

Atividade 06: Identificação da percentagem do destino dos materiais, elementos e sistemas recuperados por desconstrução

Nesta atividade serão apresentadas as percentagens estimativas de destino previsto de cada componente intervencionado por cenário de intervenção para cada um dos casos de estudo apresentados neste trabalho, conforme demonstrado na Tabela 4.18.

Ao final, as percentagens de destino previsto são combinadas para que sejam estimadas as percentagens globais de destino para cada um dos cenários de intervenção.

Tabela 4.18 - Percentagens de destinos dos componentes dos casos de estudo.

Legenda:
 1 – Reúso
 2 – Reciclagem
 3 – Aterro

Casos de Estudo									
Casa das Bocas	Cenário 01			Cenário 02			Cenário 03		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Janelas	30%	50%	20%	30%	50%	20%	30%	50%	20%
Portas	30%	50%	20%	30%	50%	20%	30%	50%	20%
Lumieiras	90%	5%	5%	90%	5%	5%	90%	5%	5%
Revest. das paredes	90%	5%	5%	0%	90%	10%	0%	90%	10%
Beiral da cobertura	90%	5%	5%	90%	5%	5%	90%	5%	5%
Alvenarias internas	-	-	-	90%	5%	5%	50%	45%	5%
Alvenarias externas	-	-	-	-	-	-	90%	5%	5%
Totais:	84%	9%	6%	19%	71%	10%	42%	50%	8%

Casa Carlos Reis	Cenário 01			Cenário 02			Cenário 03		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Tetos	50%	30%	20%	70%	20%	10%	70%	20%	10%
Pisos	80%	10%	10%	80%	10%	10%	80%	10%	10%
Revest. par. internas	-	-	-	50%	40%	10%	0%	90%	10%
Revest. par. externas	-	-	-	-	-	-	0%	90%	10%
Janelas	-	-	-	-	-	-	90%	5%	5%
Portas	-	-	-	-	-	-	80%	15%	5%
Lumieiras	-	-	-	-	-	-	90%	5%	5%
Corrimãos em ferro	-	-	-	-	-	-	90%	5%	5%

Casa Carlos Reis	Cenário 01			Cenário 02			Cenário 03		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Corrimãos em alvenaria	-	-	-	-	-	-	0%	90%	10%
Corrimãos em madeira	-	-	-	-	-	-	70%	20%	10%
Sacadas	-	-	-	-	-	-	90%	5%	5%
Beiral da cobertura	-	-	-	-	-	-	90%	5%	5%
Revest. da cobertura	-	-	-	-	-	-	80%	15%	5%
Escadas de pedra	-	-	-	-	-	-	70%	20%	10%
Escadas de madeira	-	-	-	-	-	-	60%	30%	10%
Estrutura de cobertura	-	-	-	-	-	-	80%	15%	5%
Paredes int. alvenaria	-	-	-	-	-	-	0%	90%	10%
Paredes int. tabique	-	-	-	-	-	-	60%	30%	10%
Paredes ext. alvenaria	-	-	-	-	-	-	0%	90%	10%
Totais:	62%	22%	16%	63%	27%	10%	28%	63%	9%

Mercado de Angra do Heroísmo	Cenário 01			Cenário 02			Cenário 03		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Janelas	95%	5%	0%	95%	5%	0%	95%	5%	0%
Portas	95%	5%	0%	95%	5%	0%	95%	5%	0%
Guarda-corpo	90%	10%	0%	90%	10%	0%	90%	10%	0%
Revest. da cobertura	-	-	-	95%	5%	0%	95%	5%	0%
Revest. das paredes	0%	90%	10%	0%	90%	10%	0%	90%	10%
Revest. dos pisos	0%	90%	10%	0%	90%	10%	0%	90%	10%
Azulejos	90%	10%	0%	90%	10%	0%	90%	10%	0%
Tetos	0%	90%	10%	0%	90%	10%	0%	90%	10%
Estrutura da cobertura	-	-	-	95%	5%	0%	95%	5%	0%
Escadas	-	-	-	-	-	-	0%	90%	10%
Estruturas de betão	-	-	-	-	-	-	0%	90%	10%
Alvenarias internas	-	-	-	-	-	-	0%	90%	10%
Alvenarias externas	-	-	-	-	-	-	0%	90%	10%
Totais:	27%	65%	7%	52%	43%	5%	38%	56%	6%

As percentagens globais de destino para cada um dos cenários de intervenção será a informação comparada com o resultado do uso da metodologia na atividade 12. Uma das formas para o cálculo das percentagens é o volume de material gerado pelo componente intervencionado, entretanto podem ser usados outros parâmetros, como quantidade de unidades.

A atividade 06 encerra a etapa de planeamento e seus resultados serão usados tanto para a decisão sobre o cenário adequado a ser escolhido para a intervenção nos edifícios, quanto para comparação entre os resultados projetados e os efetivos.

As atividades 04, 05 e 06 foram demonstradas de forma separada nesta parte do trabalho para facilitar o entendimento de suas fronteiras, entretanto podem ser feitas de forma conjunta conforme exemplo de ficha de levantamento apresentada no Anexo B.

Anteriormente à atividade 07, que inicia a etapa de execução desta metodologia, é necessário que seja decidido o cenário de intervenção efetivo do edifício, seja por critérios técnicos, económicos, históricos, sociais, ambientais ou outros definidos em conjunto pelo dono da obra e pelo corpo técnico assessorio.

Para fins demonstrativos, este trabalho irá comparar os cenários de intervenção mínima (cenário 01), intermédia (cenário 02) e máxima (cenário 03) para cada caso de estudo, assim como definir justificadamente o cenário de intervenção escolhido para a simulação de execução da desconstrução, conforme demonstrado na Tabela 4.19.

As motivações para a escolha dos cenários devem ser justificadas por estudos de viabilidade. Entretanto, neste trabalho as escolhas serão feitas para fins académicos de demonstração do uso da metodologia proposta.

Tabela 4.19 - Escolha do cenário de intervenção por caso de estudo.

Escolha do cenário de Intervenção		
Casa das Bocas		
Intervenção Mínima	Intervenção Intermédia	Intervenção Máxima
Prós: <ul style="list-style-type: none"> • Preservação máxima das características originais. • Conservação histórica e social. • Manutenção do edifício no mesmo local. 	Prós: <ul style="list-style-type: none"> • Atendimento às necessidades modernas. • Conservação histórica e social. • Manutenção do edifício no mesmo local. 	Prós: <ul style="list-style-type: none"> • Atendimento às necessidades modernas. • Disponibilização dos materiais para reuso e reciclagem. • Revitalização completa do espaço.
Contras: <ul style="list-style-type: none"> • Poucos elementos originais existentes. • Estado de degradação avançado dificulta a reabilitação. • Houve intervenções no passado que utilizaram materiais ou técnicas inadequadas. • Dificuldade de encontrar profissionais proficientes nas técnicas originais de construção. • Alto custo e muito trabalho para retornar os poucos sistemas existentes às condições originais. 	Contras: <ul style="list-style-type: none"> • Poucos elementos originais existentes. • Estado de degradação avançado dificulta a reabilitação. • Houve intervenções no passado que utilizaram materiais ou técnicas inadequadas. • Alto custo e muito trabalho para fazer os poucos sistemas existentes atenderem às necessidades modernas. 	Contras: <ul style="list-style-type: none"> • Perda completa do edifício original. • Perda da influência histórica e social do edifício no sítio onde foi construído.
Intervenção escolhida: Intervenção máxima		

Casa Carlos Reis		
Intervenção Mínima	Intervenção Intermédia	Intervenção Máxima
<p>Prós:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preservação máxima das características originais. • Conservação histórica e social. • Grande parte do edifício original conservado. • Manutenção do edifício no mesmo local. 	<p>Prós:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atendimento às necessidades modernas. • Preservação de muitas características originais. • Conservação histórica e social. • Grande parte do edifício original conservado. • Poucas reparações necessárias para devolver ao edifício características próximas às originais. • Manutenção do edifício no mesmo local. 	<p>Prós:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atendimento às necessidades modernas. • Disponibilização dos materiais para reuso e reciclagem. • Revitalização completa do espaço.
<p>Contras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Houve intervenções no passado que utilizaram materiais ou técnicas inadequadas. • Dificuldade de encontrar profissionais proficientes nas técnicas originais de construção. • Edifício não adaptado às necessidades modernas. 	<p>Contras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Houve intervenções no passado que utilizaram materiais ou técnicas inadequadas. 	<p>Contras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perda completa do edifício original. • Perda da influência histórica e social do edifício no sítio onde foi construído.
Intervenção escolhida: Intervenção intermédia		

Mercado de Angra do Heroísmo		
Intervenção Mínima	Intervenção Intermédia	Intervenção Máxima
<p>Prós:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preservação máxima das características originais. • Conservação histórica e social. • Complexo de edifícios funcional e bem conservado. • Manutenção do mercado no mesmo local e em funcionamento. • Poucas intervenções necessárias. • Manutenção de características condizentes com o resto da cidade. 	<p>Prós:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atendimento às necessidades modernas. • Preservação de muitas características originais. • Conservação histórica e social. • Grande parte do complexo original conservado. • Poucas reparações necessárias para devolver ao edifício características próximas às originais. • Manutenção do mercado no mesmo local. 	<p>Prós:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Atendimento às necessidades modernas. • Disponibilização dos materiais para reuso e reciclagem. • Revitalização completa do espaço.
<p>Contras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Não-modernização do complexo de edifícios existente. 	<p>Contras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alto custo devido ao tamanho do complexo de edifícios. 	<p>Contras:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Perda completa do edifício original. • Perda da influência histórica e social do edifício no sítio onde foi construído.
Intervenção escolhida: Intervenção mínima		

Para o caso de estudo da Casa das Bocas foi escolhida a intervenção máxima (Cenário 03) pelo fato do edifício encontrar-se em um estado extremamente degradado, o que torna muito difícil e custosa a obra de reabilitação tanto para retorno de suas características originais, quanto para assegurar que o edifício tenha um desempenho de habitabilidade e segurança aceitável para a ocupação. Com relação à recuperação material, qualquer intervenção com caráter de restauro, reparação ou reabilitação resultaria em um volume baixo de elementos reaproveitáveis.

Para o caso de estudo da Casa Carlos Reis foi escolhida a intervenção intermediária (Cenário 02) pelo fato do edifício histórico e com alta relevância arquitetônica e cultural já ter sido intervencionado anteriormente com o objetivo de recuperar a capacidade de atender às exigências legais de habitabilidade e segurança. Ou seja, parece fazer sentido continuar com a estratégia de terminar a reabilitação para modernizar o edifício sem perder a maior parte de suas características originais. Com relação à recuperação material, pelas características volumétricas do edifício e pela necessidade de intervenção para de substituição de sistemas danificados, acredita-se que o volume de materiais recuperados com valores intrínsecos seria moderadamente alto, o que facilitaria sua reintrodução no ciclo produtivo.

Para o caso de estudo do Mercado de Angra do Heroísmo foi escolhida a intervenção mínima (Cenário 01) pelo fato do edifício estar em atividade, estar inserido em uma cidade classificada pela Unesco, ter alta capacidade de atender às necessidades atuais mediante pequenas intervenções e porque qualquer intervenção maior resultaria num alto volume de resíduos.

Atividade 07: Identificação e execução do processamento necessário à preservação dos máximos valores intrínsecos associados a cada componente recuperado

A atividade 07 deverá ocorrer durante todo o processo de desconstrução e recuperação de elementos e componentes. Deve haver, por parte dos executores da desconstrução, uma estratégia de controlo para garantir que todos os componentes intervencionados sejam devidamente registados para evitar perda de informação e de valor. A Tabela 4.20 apresenta uma proposta de controlo de necessidade de processamento dos materiais recuperados na desconstrução para cada caso de estudo e alguns exemplos de aplicação. As datas apresentadas na Tabela 4.20 são meramente ilustrativas, já que os processamentos apresentados são usados como exemplo e não foram necessariamente executados.

Tabela 4.20 - Necessidade de processamento para materiais recuperados por caso de estudo.

Processamento de Componentes				
Casa das Bocas				
Componente	Destino	Quant.	Unid.	Vol.
Janela de guilhotina Madeira e vidro 1,00 x 1,40 m	Aterro:	9,00	Un.	3,80 m ³
	Reuso:	7,00	Un.	2,90 m ³
	Limpeza geral	Data:	03/01/2021	
	Reparo	Data:	10/01/2021	
	Substituição de partes	Data:	17/01/2021	
	Pintura	Data:	20/01/2021	
	Reciclagem:	6,00	Un.	2,50 m ³
	Corte para descarte	Data:	03/01/2021	
	Desmontagem	Data:	05/01/2021	
	• Madeira	1,30	m ³	2,0 m ³
	• Vidro	0,40	m ³	0,5 m ³
Componente	Destino	Quant.	Unid.	Vol.
Beiral de cobertura Cerâmica Aba e canudo 50 x 15 cm	Aterro:	10,00	m	1,5 m ³
	Reuso:	30,00	m	18,00 m ³
	Limpeza geral	Data:	03/01/2021	
	Reparo	Data:	-	
	Substituição de partes	Data:	-	
	Pintura	Data:	-	
	Reciclagem:	10,00	m	1,5 m ³
	Corte para descarte	Data:	-	
	Desmontagem	Data:	03/01/2021	
	• Cerâmica	10,00	m	1,5 m ³
	Componente	Destino	Quant.	Unid.
Alvenaria de pedra de mão Granito 30 cm de espessura	Aterro:	12,50	m ²	4,90 m ³
	Reuso:	175,00	m ²	68,20 m ³
	Limpeza geral	Data:	05/01/2021	
	Reparo	Data:	10/01/2021	
	Substituição de partes	Data:	12/01/2021	
	Pintura	Data:	-	
	Reciclagem:	62,50	m ²	24,40 m ³
	Corte para descarte	Data:	-	
	Desmontagem	Data:	05/01/2021	
	• Granito	62,50	m ²	24,40 m ³
	Casa Carlos Reis			
Componente	Destino	Quant.	Unid.	Vol.
Corrimão de madeira para escada interna 0,90 m de altura	Aterro:	1,25	m	0,20 m ³
	Reuso:	8,50	m	1,15 m ³
	Limpeza geral	Data:	01/02/2021	
	Reparo	Data:	02/02/2021	
	Substituição de partes	Data:	08/02/2021	
	Pintura	Data:	12/02/2021	
	Reciclagem:	2,45	m	0,40 m ³
	Corte para descarte	Data:	01/02/2021	
	Desmontagem	Data:	02/02/2021	
	• Madeira	2,45	m	0,40 m ³

Casa Carlos Reis				
Componente	Destino	Quant.	Unid.	Vol.
Sacadas de ferro fundido - Área externa 0,90 m de altura	Aterro:	0,00	m	0,00 m ³
	Reuso:	6,00	m	0,90 m ³
	Limpeza geral	Data:	01/02/2021	
	Pintura	Data:	05/02/2021	
	Reciclagem:	0,00	m	0,00 m ³
Componente	Destino	Quant.	Unid.	Vol.
Estrutura de cobertura em madeira bruta	Aterro:	6,90	m ²	3,50 m ³
	Reuso:	110,00	m ²	55,00 m ³
	Limpeza geral	Data:	15/02/2021	
	Reciclagem:	21,00	m ²	11,00 m ³
	Corte para descarte	Data:	15/02/2021	
	Desmontagem	Data:	15/02/2021	
	• Madeira	21,00	m ²	11,00 m ³

Mercado de Angra do Heroísmo				
Componente	Destino	Quant.	Unid.	Vol.
Revestimento cerâmico de piso – tipos diversos	Aterro:	15,00	m ²	2,90 m ³
	Reuso:	0,00	m	0,00 m ³
	Reciclagem:	135,00	m ²	26,30 m ³
	Desmontagem	Data:	05/03/2021	
	• Cerâmica	135,00	m ²	26,30 m ³
Componente	Destino	Quant.	Unid.	Vol.
Portas de madeira – tamanhos diversos	Aterro:	0,00	m	0,00 m ³
	Reuso:	30,00	Un.	8,80 m ³
	Limpeza geral	Data:	08/03/2021	
	Reparo	Data:	08/03/2021	
	Pintura	Data:	10/03/2021	
	Reciclagem:	1,00	Un.	0,50 m ³
	Desmontagem	Data:	11/03/2021	
	• Madeira	0,40	m ³	0,40 m ³
• Vidro	0,10	m ³	0,10 m ³	
Componente	Destino	Quant.	Unid.	Vol.
Azulejos para revestimento interno	Aterro:	0,00	m	0,00 m ³
	Reuso:	45,00	m ²	5,90 m ³
	Limpeza geral	Data:	15/03/2021	
	Reciclagem:	5,00	m ²	0,70 m ³
	Desmontagem	Data:	15/03/2021	
	• Cerâmica	5,00	m ²	0,70 m ³

Atividade 08: Identificação da necessidade de certificação e realização da certificação necessária

Durante a atividade 08 deverão ser identificadas as necessidades de certificação tanto dos elementos, quanto dos materiais, mesmo aqueles oriundos de desmontagem de elementos, desde que certificáveis, conforme exemplos apresentados na Tabela 4.21.

Tabela 4.21 - Exemplos de certificação de componentes para cada caso de estudo.

Certificação de Componentes			
Casa das Bocas			
Data de Solicitação: 20/01/2021		Data de Emissão: 18/02/2021	
Componente:	Quant.	Unid.	Certificação:
Janela de guilhotina Madeira e vidro 1,00 x 1,40 m	7,00	Un.	Capacidade de isolamento térmico e acústico.
Data de Solicitação: 25/01/2021		Data de Emissão: 25/02/2021	
Componente:	Quant.	Unid.	Certificação:
Peitoril Granito	92,60	m ³	Capacidade de resistência à compressão.

Casa Carlos Reis			
Data de Solicitação:		Data de Emissão:	
Componente:	Quant.	Unid.	Certificação:
Estrutura de cobertura em madeira bruta	110,00	m ²	Capacidade de resistência à flexão.

Mercado de Angra do Heroísmo			
Data de Solicitação:		Data de Emissão:	
Componente:	Quant.	Unid.	Certificação:
Portas de madeira – tamanhos diversos	30,00	Un.	Capacidade de isolamento térmico e acústico.

Atividade 09: Elaboração dos passaportes materiais

A atividade 09 corresponde à compilação das informações relativas aos elementos e materiais recuperados de forma organizada para facilitar a reintrodução dos componentes no ciclo produtivo por meio da economia circular. Para garantir efetivamente a introdução das informações, este trabalho sugere o desenvolvimento de fichas e ferramentas *online* às quais se possa ter acesso tanto por meio de computadores nos estaleiros, quanto por telemóveis.

A ferramenta utilizada neste trabalho foi desenvolvida com o auxílio do programa *online* gratuito e de livre acesso Cognito Forms (2022) e o acesso é feito por meio do *link*: <https://www.cognitoforms.com/GabrielaRanna/PassaporteMaterial>. As Figuras 4.30, 4.31 e 4.32 representam os ficheiros a serem preenchidos com os dados oriundos do levantamento. Tais ficheiros, assim que preenchidos, tornam-se em passaportes materiais que podem ter informações posteriormente adicionadas e podem ser disponibilizados para consulta das partes interessadas.

Passaporte Material

CONTRIBUTO PARA UMA GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS MATERIAIS E COMPONENTES RESULTANTES DE DEMOLIÇÃO E DESMONTAGEM DE EDIFÍCIOS ANTIGOS - Material para fins didáticos constante da Tese no âmbito do Doutoramento em Engenharia Civil, apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

1 página 1 2 página 2 3 página 3

Projeto *

(Nome do Projeto)

Data *

(Data de preenchimento da ficha)

Informações Históricas

Nome do edifício

Local *

Ano de construção *

Data de construção

Arquiteto

Empresa de construção

Mais informações históricas relevantes

Próxima >

1

[Denunciar abuso](#) | [Termos de Serviço](#)

Figura 4.30 - Ferramenta de preenchimento do passaporte material - página 1.

Passaporte Material

CONTRIBUTO PARA UMA GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS MATERIAIS E COMPONENTES RESULTANTES DE DEMOLIÇÃO E DESMONTAGEM DE EDIFÍCIOS ANTIGOS - Material para fins didáticos constante da Tese no âmbito do Doutoramento em Engenharia Civil, apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

1 página 1 2 página 2 3 página 3

Informações do Componente

Componente *

Quantidade de diferentes materiais componentes *

Descrição geral

Composição *

- 17 01-Betão, tijolos, ladrilhos, telhas e materiais cerâmicos
- 17 02-Madeira, vidro e plástico
- 17 03-Misturas betuminosas, alcatrão e produtos de alcatrão
- 17 04-Metals (incluindo ligas metálicas)
- 17 05-Solos (incluindo solos escavados de locais contaminados), rochas e lamas de dragagem
- 17 06-Materiais de isolamento e materiais de construção, contendo amianto
- 17 08-Materiais de construção à base de gesso
- 17 09-Outros resíduos de construção e demolição
-

Material - 1

Descrição *

Código (2014/955/UE) *

Dimensões *

Unidade *

Quantidade *

[< Voltar](#) [Próxima >](#)

2

[Denunciar abuso](#) [Termos de Serviço](#)

Figura 4.31 - Ferramenta de preenchimento do passaporte material - página 2.

Passaporte Material

CONTRIBUTO PARA UMA GESTÃO SUSTENTÁVEL DOS MATERIAIS E COMPONENTES RESULTANTES DE DEMOLIÇÃO E DESMONTAGEM DE EDIFÍCIOS ANTIGOS - Material para fins didáticos constante da Tese no âmbito do Doutoramento em Engenharia Civil, apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra

1 página 1
 2 página 2
 3 página 3

Informações Gerais

Estado atual *

Limpo

Desmontado

Reparado

Pintado

Outros

Tipo de reuso *

Geral

Estrutural

N/A

Destino indicado *

Capacidade de reciclagem

Sim Não

Certificação

Data da Certificação

Validade da Certificação

Restrições

Local de armazenagem *

Cuidados para transporte

Instruções de montagem

Informações de comercialização

Agente de comercialização

Preço de comercialização (€)

< Voltar
Submeter

3

[Denunciar abuso](#) | [Termos de Serviço](#)

Figura 4.32 - Ferramenta de preenchimento do passaporte material - página 3.

Os passaportes materiais completos devem estar sempre acessíveis para todas as partes interessadas. Este trabalho sugere o uso de ferramentas online, tais como QR Codes, que tanto podem ser impressos e afixados no lote de materiais disponibilizados para reuso, quanto em páginas de sítios online de disponibilização e comércio de elementos e materiais recuperados. A Figura 4.33 apresenta alguns QR Codes para acesso a exemplos de passaportes materiais de alguns componentes dos casos de estudo (QR Code Generator, 2021).



Figura 4.33 - QR Codes para passaportes materiais dos casos de estudo.

Para aceder à informação contida nos QR Codes, é necessário que a parte interessada tenha uma aplicação de leitura de QR Codes. Tais aplicações são gratuitas para telemóvel e permitem o acesso às informações, a qualquer hora, e em qualquer lugar.

Atividade 10: Disponibilização dos elementos e materiais recuperados para reuso e reciclagem.

A atividade 10 pressupõe a existência ou desenvolvimento de meios para disponibilização ampla dos materiais recuperados para revenda ou doação. O desenvolvimento, manutenção e publicidade de plataformas para venda, troca e doação de elementos e materiais recuperados não é alvo deste trabalho, entretanto é preciso destacar a importância de uma plataforma de disponibilização de componentes recuperados para o sucesso tanto desta metodologia proposta, quanto da implantação da economia circular na construção civil.

Este estudo sugere a criação de um Banco de Reuso de Materiais de Construção, cuja abrangência seja nacional. O Banco de Reuso de Materiais de Construção seria como um “*marketplace*”, um espaço virtual online, onde diferentes produtores (proprietários e empresas de demolição seletiva) poderiam oferecer os materiais recuperados na desconstrução e as partes interessadas poderiam aceder a todas as informações contidas nos passaportes materiais, fotografias, além do contacto direto com os vendedores ou doadores de elementos e materiais.

A Figura 4.34 apresenta um exemplo de página principal de uma plataforma de troca de elementos e materiais recuperados.



Figura 4.34 - Exemplo de página inicial do Banco de Reúso de Materiais de Construção.

A sugestão para o Banco de Reúso de Materiais de Construção contempla a possibilidade de buscas por região e negociação entre as partes sobre preços de revenda e transporte. Desta forma, não seria necessário o transporte dos materiais recuperados para armazéns distantes do estaleiro de desconstrução e disponibilização dos componentes para venda: os elementos e materiais podem ser armazenados de forma pulverizada, com menores custos para os vendedores.

A Figura 4.35 exemplifica a página de informações de um grupo de materiais recuperados e disponibilizados para comércio.

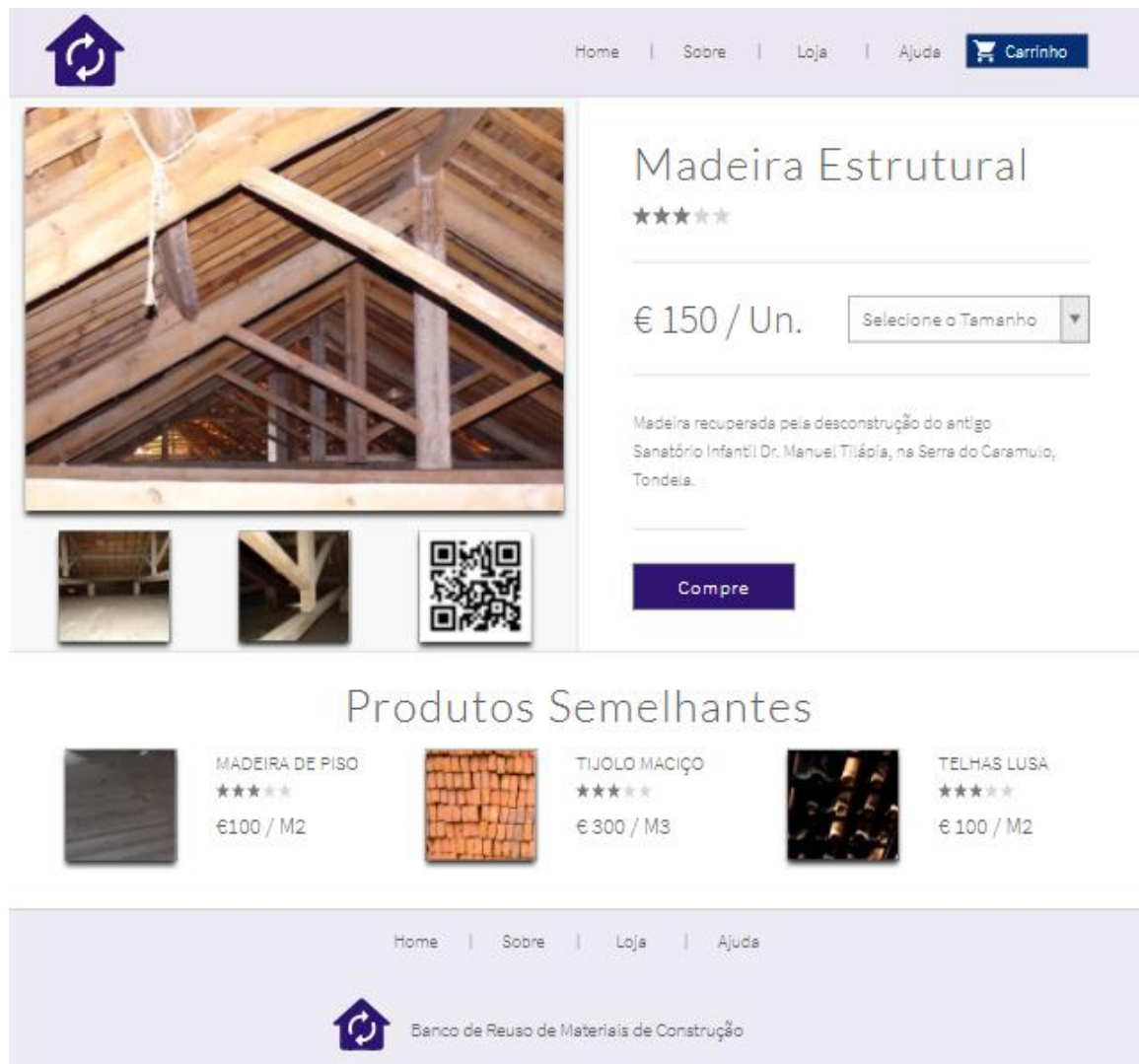


Figura 4.35 - Exemplo de página de produto do Banco de Reúso de Materiais de Construção.

Atividade 11: Identificação dos destinos efetivos dos elementos e materiais recuperados.

A atividade 11 tem importante papel na melhoria contínua da metodologia proposta, pois somente com as informações referentes ao destino dos elementos e materiais recuperados é possível realizar a comparação entre o que foi planeado e o que foi executado.

Para isto este trabalho sugere a criação de um cadastro nacional de componentes recuperados. O desenvolvimento e manutenção de tal cadastro não é alvo deste trabalho, apesar de ser importante destacar a importância desta ferramenta tanto para a metodologia proposta, quanto para a implantação da economia circular na construção civil, assim como foi dito sobre o mercado de troca de materiais recuperados.

Seria também preciso criar uma forma de compromisso entre os consumidores finais dos componentes recuperados e o cadastro nacional de componentes recuperados proposto para garantir a atualização das informações de destino. Desta forma seria possível traçar todo o caminho

percorrido pelo elemento ou material recuperado, desde a sua extração por meio de desconstrução, até o seu reuso, reciclagem ou aterro, com identificação dos locais onde o componente se encontra reusado, dos materiais que usaram componentes reciclados, ou dos aterros onde os componentes foram descartados. A Tabela 4.22 exemplifica a linha temporal desde a extração ao destino dos componentes utilizados como exemplo dos passaportes materiais para os casos de estudo.

Atividade 12: Comparação entre as percentagens prévias de destino dos componentes, na etapa de planeamento, e as percentagens executadas, na etapa de execução.

De posse da lista completa tanto dos elementos e materiais identificados na atividade 06 como alvo de intervenção, quanto da relação de destino efetivo dos componentes resultado da atividade 11 é possível realizar a comparação entre o que foi planeado e o que foi executado na atividade 12.

A atividade 12 relaciona-se com a melhoria contínua da metodologia, pois através da comparação entre resultados previstos e alcançados é possível identificar estratégias que sejam eficazes, assim como identificar pontos da metodologia que necessitem de ajuste.

A comparação desta atividade poderá ser feita tanto a nível de materiais, sistemas e edificação global. A Tabela 4.23 mostra uma proposta de ferramenta de comparação com alguns exemplos de componentes.

A atividades da segunda etapa da metodologia proposta foram separadas neste trabalho para evidenciar suas fronteiras, entretanto é favorável que todas as informações dos componentes intervencionados e eventualmente recuperados e reintroduzidos ao ciclo produtivo constem de um único cadastro facilmente acessível por todas as partes interessadas.

Tabela 4.22 - Linha temporal de componentes recuperados para os casos de estudo.

Casa das Bocas						
Componente:	Data de Extração:	Data de Processamento	Data de Armazenagem	Data de Reintrodução	Destino	
Janela de guilhotina - Madeira e vidro - 1,00 x 1,40 m	03/01/2021	20/01/2021	18/02/2021	28/02/2021	<input checked="" type="checkbox"/> Reúso <input type="checkbox"/> Reciclagem <input type="checkbox"/> Aterro	
	Local: Casa das Bocas	Local: Casa das Bocas	Local: Armazém 01	Local: Novo Edifício.01		
Casa Carlos Reis						
Componente:	Data de Extração:	Data de Processamento	Data de Armazenagem	Data de Reintrodução	Destino	
Sacadas de ferro fundido - Área externa 0,90 m de altura	01/02/2021	01/02/2021	05/02/2021	07/03/2021	<input checked="" type="checkbox"/> Reúso <input type="checkbox"/> Reciclagem <input type="checkbox"/> Aterro	
	Local: Casa Carlos Reis	Local: Casa Carlos Reis	Local: Armazém 01	Local: Novo Edifício.02		
Mercado de Angra do Heroísmo						
Componente:	Data de Extração:	Data de Processamento	Data de Armazenagem	Data de Reintrodução	Destino	
Portas de madeira – tamanhos diversos	08/03/2021	11/03/2021	15/03/2021	07/05/2021	<input checked="" type="checkbox"/> Reúso <input type="checkbox"/> Reciclagem <input type="checkbox"/> Aterro	
	Local: Mercado Municipal - Angra	Local: Mercado Municipal - Angra	Local: Armazém 02	Local: Novo Edifício.03		

Tabela 4.23 - Comparação entre resultados planeados e executados para os casos de estudo.

Comparação de Destino- Planeamentos Vs. Execução			
Casa das Bocas			
Componente:	Planeamento	Execução	Observações:
Janela de guilhotina Madeira e vidro 1,00 x 1,40 m	Destino (%):	Destino (%):	Foi possível reciclar mais do que o previsto.
	• Reúso: 30	• Reúso: 31	
	• Reciclagem: 50	• Reciclagem: 55	
	• Aterro: 20	• Aterro: 14	
Casa Carlos Reis			
Componente:	Planeamento	Execução	Observações:
Sacadas de ferro fundido - Área externa 0,90 m de altura	Destino (%):	Destino (%):	Todo o componente recuperado foi reusado.
	• Reúso: 90%	• Reúso: 100%	
	• Reciclagem: 5%	• Reciclagem: 0%	
	• Aterro: 5%	• Aterro: 0%	
Mercado de Angra do Heroísmo			
Componente:	Planeamento	Execução	Observações:
Portas de madeira – tamanhos diversos	Destino (%):	Destino (%):	Foram reusados menos e reciclados mais componentes do que o previsto.
	• Reúso: 95%	• Reúso: 87%	
	• Reciclagem: 5%	• Reciclagem: 10%	
	• Aterro: 0%	• Aterro: 3%	

4.4.4. Conclusões Sobre a Aplicação da Metodologia aos Casos de estudo

A aplicação da metodologia proposta aos casos de estudo identificou 3 diferentes estratégias de intervenção possíveis em edifícios construídos sem a intenção de adotar critérios de desconstrução em seus projetos: intervenção conservadora, com a intenção de preservar ao máximo as características presentes no edifício; intervenção moderada, com a intenção de manter a volumetria do edifício e melhorar o uso, de acordo com as necessidades modernas; intervenção extrema, com a proposta de desmontagem total da construção.

Com a aplicação da metodologia, foi possível identificar individualmente os sistemas, elementos e materiais constituintes, os valores intrínsecos associados e o tratamento necessário à preservação e mesmo ao aumento desses valores. Edifícios antigos possuem valores intrínsecos, não só relacionados com a sua história e importância cultural regional e nacional, mas também com valores económicos e de conservação ambiental, em seus sistemas, elementos e materiais. Mesmo edifícios mais novos, construídos com técnicas modernas e betão armado, apesar de necessitarem de adequações às necessidades atuais de uso, possuem valores intrínsecos, relacionados com a sua história e localização regional, além de valores económicos e de conservação ambiental, em seus sistemas, elementos e materiais.

Foi possível identificar que, mesmo em edifícios degradados, os valores intrínsecos presentes podem ser preservados nos níveis do edifício, sistemas, elementos e materiais. Optando pela

desconstrução estrutural ou não estrutural, os componentes recuperados e tratados adequadamente poderão ser usados tanto na própria construção, quanto em reparações e reabilitações de outros edifícios antigos, como em novas construções.

A adoção desta metodologia ajudaria a estimular a recuperação material e reuso dos componentes, no mesmo edifício ou noutros, assim como evitaria a condução para aterro dos componentes reusados, além do estímulo à economia circular, com a disponibilização de elementos recuperados.

4.5. Nota Final

A Metodologia de Avaliação da Capacidade de Desconstrução e Recuperação Material para Edifícios Antigos proposta foi pensada especialmente para atender às características particulares dos edifícios antigos portugueses, apesar de não haver limitações técnicas para que esta seja aplicada em qualquer outro edifício de qualquer outra origem.

Esta metodologia tem por objetivo contribuir, em primeiro lugar, para a recuperação da capacidade dos edifícios antigos em final de vida de atender a critérios de habitabilidade por meio da avaliação da sua capacidade de desconstrução. De acordo com esta avaliação, pode ser possível concluir-se que, por possuir uma grande parte de componentes recuperáveis e, apenas, necessitar de algumas reparações e remodelações, é mais vantajoso que tal edifício seja reabilitado e conservado num estado próximo do original, com capacidade de atender a necessidades modernas.

Em segundo lugar, a metodologia tem por objetivo avaliar a capacidade de recuperação de elementos e materiais, por meio do estabelecimento de inventários documentados dos componentes recuperáveis e da relação dos processamentos necessários para que os componentes recuperados retenham valores intrínsecos ou mesmo aumentem esses valores, e assim, tenham a maior capacidade possível de reinserção no ciclo económico.

O terceiro objetivo da metodologia proposta é o de estimular o rastreio e registo das informações associadas aos elementos e materiais recuperados. Como tais informações são várias e muitas, é proposta a adoção do passaporte material. Em conjunto com o registo dos materiais recuperados, e com o objetivo de assegurar a capacidade de atendimento de critérios particulares, é sugerida a recertificação de componentes, para garantir a qualidade dos mesmos.

Por fim, a metodologia propõe a reintrodução dos elementos e materiais no ciclo produtivo, seja na fase de processamento de materiais (reciclagem), fabrico de componentes (*downcycling*), montagem e manutenção de edifícios (*upcycling*). É dado destaque ao respeito pelos usos mais nobres possíveis para os componentes recuperados e à sua disponibilização ao público, por meio de mercados de materiais recuperados.

Apesar de ser necessário o desenvolvimento de ferramentas específicas para atender a esta metodologia e as decisões finais dependerem do entendimento daqueles que aplicam esta ferramenta aos seus casos de estudo, a metodologia proposta apresenta um fluxo simples e fácil de perceber, pode ser utilizada com ferramentas já existentes, está em conformidade com tendências de sustentabilidade e regulatórias, estimula os melhores usos possíveis, a disponibilização para mercados de componentes recuperáveis e a criação de empregos, e facilita a separação de materiais tóxicos ou perigosos.

A falta de legislação adequada à desconstrução, inclusive a que diz respeito à criação de taxas elevadas para a condução de resíduos para aterro e às multas para os despejos ilegais, assim como a falta de um mercado bem consolidado para revenda de componentes recuperados, a falta de técnicas de recertificação de materiais recuperados ou a falta de disposição da indústria da construção civil em mudar para uma economia circular influenciam negativamente a adoção desta metodologia. Por outro lado, como já há um movimento europeu a orientar a indústria da construção civil para a economia circular e a criar legislação neste sentido, inclusive aquela relativa à redução de condução de resíduos para aterro, as indústrias de demolição tradicional podem ver-se obrigadas a mudar as técnicas atuais de demolição para a desconstrução e ajudar a criar uma procura constante por elementos e materiais recuperados. Neste caso, esta metodologia proposta poderia ser de grande utilidade.

Os casos de estudo utilizados neste capítulo são diferentes entre si em termos de época de construção, materiais e técnicas. A aplicação da metodologia proposta a edifícios diferentes, com resultados semelhantes, mostra que a metodologia proposta é abrangente e inclusiva.

CAPÍTULO 5 – CASO DE ESTUDO

CASO DE ESTUDO

5.1. Enquadramento

5.2. Descrição do Caso de Estudo

5.3. Aplicação da Metodologia Proposta ao Caso de Estudo - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia

5.4. Análise da Aplicação da Metodologia ao Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia

5. CASO DE ESTUDO

5.1. Enquadramento

Com o objetivo de testar a aplicabilidade e identificar falhas e oportunidades de melhoria na metodologia proposta, foi analisado com detalhe o edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia, eleito como o principal objeto de estudo deste trabalho.

O caso de estudo em destaque foi escolhido para este trabalho pelos seguintes fatores:

- a existência de valores históricos e sociais intrínsecos;
- o uso de técnicas de construção antigas;
- a presença de diferentes sistemas construtivos relativamente bem conservados;
- a verificação da existência de uma estrutura sólida que permitisse a possibilidade de restauro;
- o acesso facilitado, por localizar-se em Portugal Continental;
- a atuação direta da autora nos levantamentos e elaboração das peças desenhadas utilizadas e conseqüente maior familiaridade da autora com o edifício.

5.2. Descrição do Caso de Estudo

O Edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia, originalmente construído em 1944, com acréscimos posteriores em 1955 e 1958, localiza-se na Rua Ameixoeiras, s/n, Caramulo, Vila do Caramulo, em Tondela. Este edifício é parte da Estância Sanatorial do Caramulo, projeto inicialmente idealizado para tratamento dos diversos tipos de doentes de tuberculose, e que contribuiu para o desenvolvimento da região por meio de infraestruturas, insumos e serviços, sendo responsável pelo florescimento de empresas e negócios durante os anos em que esteve ativo (Confort, 2019). O edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia foi idealizado e levado a cabo pelo Dr. Jerónimo Lacerda e o autor do projeto foi o Arquiteto Pardal Monteiro.

O edifício foi classificado como um sanatório de 3ª Classe e a sua função detinha-se no tratamento de crianças com tuberculose, com capacidade para 50 doentes em simultâneo. O edifício esteve ativo como sanatório até à década de 50 do século passado, quando o tratamento da tuberculose em sanatórios entrou em declínio após o avanço da medicina com a descoberta de medicamentos mais eficazes no tratamento do bacilo de Koch (Santos, 2015; Confort, 2019).

A construção em análise tem área de implantação de cerca de 400 m² e é constituída por rés-do-chão, primeiro piso e segundo piso, com área de construção de 1125 m² (Confort, 2019).

A Estância Sanatorial do Caramulo contribuiu para o desenvolvimento regional da Vila do Caramulo e de Tondela, por meio do afluxo de pessoas que procuravam os ares do campo para tratamento, o que estimulou a implantação de infraestruturas, serviços e diferentes indústrias e negócios na região. O Edifício do Sanatório Infantil, em particular pelas suas características arquitetónicas e por estar inserido num complexo de importância histórica, define-se como um bom candidato à aplicação da metodologia proposta.

A Figura 5.1 mostra a entrada principal do edifício, no seu estado de conservação, em março de 2018.



Figura 5.1 - Entrada principal do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

i. Caracterização Histórica e Documental

Inicialmente é preciso conhecer aspetos particulares do edifício por meio de sua caracterização, tanto para identificar aspetos relacionados com a história, quanto para identificar dimensões, elementos e materiais constituintes. Isto foi efetuado por meio da caracterização histórica e documental, da caracterização física e volumétrica e da caracterização dos materiais constituintes e do estado de conservação geral. A caracterização tem também a função de familiarizar os pesquisadores com o objeto de estudo em análise.

As caracterizações foram necessárias tanto para avaliar a capacidade de desconstrução, quanto para orientar a estratégia de recuperação, reabilitação e reuso, seja do edifício inteiro, seja dos elementos ou dos materiais, conforme apresentado na Tabela 5.1.

Tabela 5.1 - Caracterização Histórica e Documental.

Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia	
Perguntas	Respostas
Qual é o ano de construção?	O Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia teve a sua primeira fase de construção em 1944.
A edificação tem relevância histórica / social?	O edifício em estudo fez parte da Estância Sanatorial do Caramulo, fundada, em 1920, por Jerónimo Lacerda, na Serra do Caramulo, em Tondela. Foi considerado um sanatório de 3ª Classe e recebia até 50 crianças, simultaneamente internadas, para tratamento da tuberculose. Toda a Estância Sanatorial do Caramulo entrou em declínio nos anos 1950 com o avanço da medicina. Entretanto, a instalação de tal instância contribuiu para o desenvolvimento local da região através de infraestruturas (estradas, telégrafos), insumos e serviços (Confort, 2019). A construção tem, assim, relevância histórica e social.
Quem foi o construtor / arquiteto / engenheiro?	Arquiteto Pardal Monteiro.
Quais foram as técnicas construtivas?	Piso em betão no rés-do-chão e nos compartimentos acrescentados em 1955 e 1958. Piso com estrutura em madeira no 1º e 2º pisos. Laje em betão armado na cobertura. Paredes predominantemente em tijolo maciço. Caixilharias de madeira e vidro.
Quais foram os usos do edifício?	O edifício foi usado como sanatório infantil para tratamento de crianças com tuberculose.
Quem foram os proprietários?	O edifício pertenceu à Sociedade do Caramulo, fundada por Jerónimo Lacerda nos anos 1920.
Há registos como plantas e desenhos?	Foram encontradas, nos registos do Sistema de Informação para o Património Arquitetónico - SIPA da Câmara Municipal de Tondela, desenhos e documentos.
Houve remodelações, alterações e acréscimos? Quando e quantas?	Houve dois acréscimos: <ul style="list-style-type: none"> • 1955: dois volumes, um a noroeste e outro a sudoeste; • 1958: dois volumes a noroeste.
O que foi alterado nas remodelações, alterações e acréscimos?	<ul style="list-style-type: none"> • 1955: zonas de serviço e instalações sanitárias. • 1958: zonas de serviço e zonas de convívio.

ii. Caracterização física e volumétrica

Foram consultados os documentos técnicos para relacionar as dimensões físicas e os usos de cada um dos compartimentos, como se apresenta nas Figuras 5.2, 5.3 e 5.4 que são as plantas dos pisos do edifício, e Tabela 5.2 (Confort, 2019).

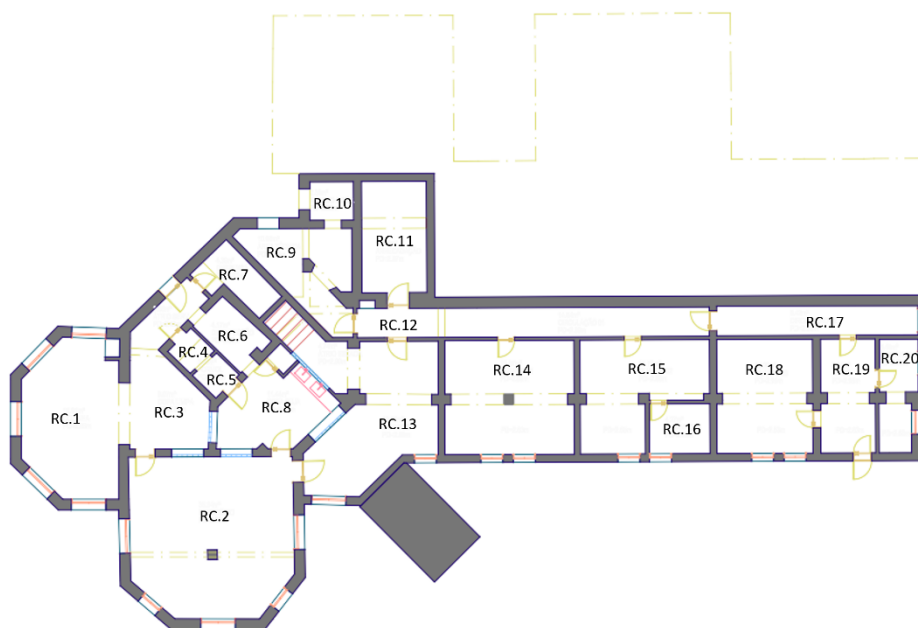


Figura 5.2 - Esquema da planta do rés-do-chão do edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.
Fonte: SIPA (2018); Confort (2019).



Figura 5.3 - Esquema da planta do primeiro piso do edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.
Fonte: SIPA (2018); Confort (2019).



Figura 5.4 - Esquema da planta do segundo piso do edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.
Fonte: SIPA (2018); Confort (2019).

Tabela 5.2 - Dimensões e usos dos compartimentos do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia				
Piso Rés do Chão				
Compartimento	Perímetro	Área	Pé direito	Uso
RC.1	17,68	19,90	2,80	Cozinha
RC.2	22,68	35,32	2,80	Sala de jantar
RC.3	18,74	13,03	2,80	Cozinha limpa
RC.4	4,69	1,50	2,80	Formol
RC.5	4,69	1,50	2,80	Formol
RC.6	8,27	4,08	2,80	Desinfecção
RC.7	9,77	4,39	2,45	Despensa
RC.8	13,50	11,47	2,80	Copa suja
RC.9	14,87	11,34	2,80	Área técnica
RC.10	6,20	2,39	2,80	Circulação
RC.11	13,26	10,23	2,80	Arrumos
RC.12	28,72	14,59	2,80	Circulação
RC.13	26,19	25,35	2,80	Circulação
RC.14	18,32	20,82	2,80	Rouparia
RC.15	18,65	15,84	2,80	Quarto de serviço
RC.16	8,32	4,26	2,80	Instalação sanitária
RC.17	17,36	8,41	2,80	Circulação
RC.18	15,80	15,46	2,80	Quarto do padre
RC.19	12,70	8,84	2,80	Quarto do padre
RC.20	11,48	5,70	2,80	Instalação sanitária

Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia				
Primeiro Piso				
Compartimento	Perímetro	Área	Pé direito	Uso
P1.1	17,38	15,68	3,30	Rouparia e engomadoria
P1.2	19,43	15,23	3,30	Gabinete do Padre
P1.3	22,82	35,45	3,30	Sala de jogos das raparigas
P1.4	25,52	36,63	3,30	Circulação
P1.5	9,28	4,28	3,30	Guarda-roupas
P1.6	22,24	30,65	3,30	Sala de jogos dos rapazes
P1.7	23,74	34,83	3,30	Instalações sanitárias
P1.8	15,58	14,09	3,30	Roupas sujas
P1.9	51,27	41,23	3,30	Circulação
P1.10	8,26	4,27	3,30	Vigilante
P1.11	10,98	7,42	3,30	Raio-X
P1.12	13,46	11,19	3,30	Gabinete médico
P1.13	22,76	31,64	3,30	Quarto
P1.14	22,82	31,77	3,30	Quarto
P1.15	20,24	23,43	3,30	Quarto
P1.16	20,48	24,72	3,30	Quarto
P1.17	50,46	44,03	2,80	Galeria de cura

Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia				
Segundo Piso				
Compartimento	Perímetro	Área	Pé direito	Uso
P2.1	12,15	9,32	3,30	Sala de jantar
P2.2	12,63	10,16	3,30	Sala de estar
P2.3	10,30	5,52	3,30	Instalação sanitária
P2.4	8,72	4,66	3,30	Circulação
P2.5	22,81	35,40	3,30	Quarto das freiras
P2.6	25,56	36,66	3,30	Circulação
P2.7	9,28	4,27	3,30	Instalação sanitária
P2.8	22,12	30,67	2,80	Arrecadação
P2.9	23,72	34,83	2,80	Instalações sanitárias
P2.10	51,29	41,35	3,30	Circulação
P2.11	8,28	4,29	3,30	Vigilante
P2.12	19,00	19,32	3,30	Capela
P2.13	22,76	31,64	3,30	Quarto
P2.14	22,82	31,77	3,30	Quarto
P2.15	23,43	31,66	3,30	Quarto
P2.16	9,28	3,88	3,30	Desinfecção
P2.17	6,14	2,16	3,30	Instalação sanitária
P2.18	13,08	9,76	3,30	Isolamento
P2.19	50,46	44,09	3,30	Galeria de cura

O rés-do-chão foi usado principalmente como área de serviço, o primeiro piso como área de internamento e o segundo apresentava um padrão de uso semelhante ao primeiro, ou seja, de apoio

ao internamento, o que significa que os doentes ficavam internados e eram tratados no primeiro e segundo pisos, conforme observado na Tabela 5.3.

Tabela 5.3 - Percentagem de área ocupada por diferentes tipos de usos.

Usos	Piso rés do chão	Primeiro piso	Segundo Piso
Serviços	57%	13%	9%
Circulação	22%	19%	21%
Quartos	17%	27%	33%
Instalações Sanitárias	4%	9%	12%
Convivência	-	16%	10%
Tratamentos Médicos	-	15%	15%

iii. Caracterização de materiais constituintes e estado de conservação geral

Na Tabela 5.4 apresenta-se a relação geral dos elementos e materiais constituintes do edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

Tabela 5.4 - Relação dos sistemas e elementos construtivos e materiais constituintes, por piso.

Sistemas e Elementos	Materiais Constituintes		
	Pavimento rés do chão	Primeiro pavimento	Segundo pavimento
Alvenaria externa	Maioritariamente tijolo cerâmico maciço, algumas paredes em pedra.	Tijolo cerâmico maciço.	
Alvenaria interna	Maioritariamente tijolo cerâmico maciço, algumas paredes em betão.	Maioritariamente em tijolo cerâmico maciço, poucas paredes em tabique.	
Revestimento de paredes de zonas secas	Pintura sobre reboco de cal.		
Revestimento de paredes de zonas húmidas	Azulejos a meia altura e pintura sobre reboco de cal.		
Estrutura de piso	Betão.	Vigamento em madeira e betão.	
Revestimento de pavimentos de zonas secas	Madeira (tacos ou réguas).		
Revestimento de pavimentos de zonas húmidas	Piso cerâmico.		
Revestimento de tetos de zonas secas	Pintura sobre reboco de cal e réguas de madeira.		

Sistemas e Elementos	Materiais Constituintes		
	Pavimento rés do chão	Primeiro pavimento	Segundo pavimento
Revestimento de tetos de zonas húmidas	Pintura sobre reboco de cal.		
Portas externas	Madeira e vidro.		
Portas internas	Madeira e vidro.		
Janelas externas	Madeira e vidro.		
Janelas internas	Madeira e vidro.		

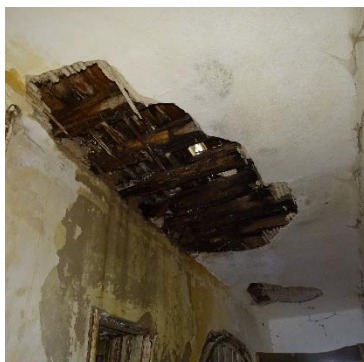

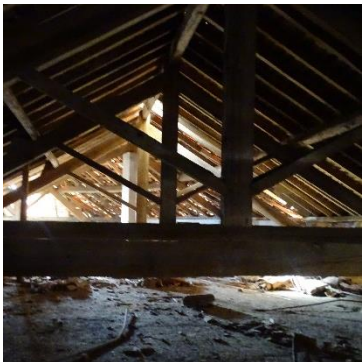



Sistemas e Elementos	Cobertura
Estrutura de apoio	Pilaretes de alvenaria de tijolos maciços.
Asnas	Madeira.
Fasquiado	Madeira.
Telhado	Telha cerâmica.

Acerca do estado de conservação, o edifício, de um modo geral, encontrava-se moderadamente deteriorado devido ao tempo em que esteve sem função. Verifica-se a presença de atos de vandalismo, como graffiti nas paredes, mas também a presença de danos por água, devido à ruína de partes da cobertura. As paredes de alvenaria de tijolo maciço e as partes em betão sofreram pouca deterioração. Entretanto, fasquiados e estruturas em madeira, assim como caixilharias em madeira, deterioraram-se com o tempo e a exposição dos elementos.

A Tabela 5.5 detalha alguns aspetos particulares do Edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia e do seu estado de conservação, em 2018.

Tabela 5.5 - Detalhamento do Edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

Edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia – Caramulo, Tondela		
Detalhes do Edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia		
		<p>Alvenarias</p> <p>As alvenarias possuem algumas patologias, como sujidade, descasque e colonização biológica, mas estão estruturalmente seguras. As alvenarias em tijolos cerâmicos são estruturais. A maior parte das alvenarias é feita de tijolos cerâmicos assentes com argamassa de cal, com exceção de poucas paredes em tabique nos pisos superiores e de uma pequena parte, no rés-do-chão, feita em pedra aparelhada.</p>
<p>Alvenaria externa</p>	<p>Alvenaria interna</p>	
		<p>Pisos</p> <p>Há diferentes tipos de pisos: tacos e réguas de madeira; placas cerâmicas; pedra; betão; e tijolo cerâmico. Os pisos em madeira foram utilizados nas áreas comuns e os outros nas áreas molhadas. Os pavimentos de madeira apresentam patologias que levaram algumas áreas à ruína. A maior parte das patologias está ligada à presença de água, que ocasionou podridão nas peças e perda da capacidade de carga das estruturas de madeira.</p>
		<p>Escadas Internas</p> <p>A escada interna principal tem degraus mais baixos do que os usuais, para permitir a circulação das crianças pacientes. Apesar de estruturalmente sólida, com exceção dos corrimãos, a escada apresenta algumas patologias, como desgaste e vandalismo.</p>

Edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia – Caramulo, Tondela		
Detalhes do Edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia		
		<p>Tetos</p> <p>Alguns tetos encontram-se danificados por patologias relacionadas com a presença de água, como descascamento, ruína e colonização biológica. Os tetos arruinados relacionam-se com os pavimentos arruinados no piso acima.</p>
		<p>Cobertura</p> <p>A estrutura da cobertura é feita em madeira aparelhada e o revestimento em telhas cerâmicas tipo lusa (aba e canudo). A cobertura apresenta focos de ruína devido a patologias ligadas à presença de água, particularmente o apodrecimento e a colonização biológica.</p>
		<p>Caixilharias</p> <p>As caixilharias externas e internas são em madeira e vidro. Algumas estão em bom estado, com patologias relacionadas com a limpeza e pequenos reparos, outras completamente arruinadas.</p>

5.3. Aplicação da Metodologia Proposta ao Caso de Estudo - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia

5.3.1. Primeira Fase: Avaliação da Capacidade de Desconstrução de Edifícios

Atividade 01: Identificação do nível de integração dos componentes do edifício, de acordo com as suas características construtivas.

O acesso às informações técnicas do edifício, como registos e projetos, mediante consulta do SIPA de Tondela, possibilitou a identificação dos critérios de desconstrução aplicados, como a escolha,

para a construção, de poucos tipos diferentes de materiais, simples, leves, relativamente pequenos, não-tóxicos e de boa qualidade, que asseguraram que o edifício se mantivesse de pé por vários anos; os acabamentos, de paredes, pavimentos e tetos, simples e facilmente removíveis e substituíveis; as peças móveis de caixilharias também simples e resistentes ao uso repetido, de estrutura composta em grelha, com dimensões semelhantes, tanto verticais, quanto horizontais; a utilização de técnicas de baixa tecnologia, permitindo o uso de ferramentas simples na sua desconstrução, e a facilidade de acesso às partes constituintes.

Por outro lado, os materiais usados na construção não são, provavelmente, resultado de reciclagem, já que este é um conceito que começou a ser largamente aplicado após a data de construção e ampliação do edifício; os componentes, materiais e pontos de desmontagem não estão identificados, e para alguns deles é preciso fazer inspeções para identificar o tipo de material; os sistemas não foram projetados para a desmontagem, pois foi dada preferência a conexões químicas; a construção não permite mudanças expeditas de layout sem a necessidade de partir paredes de alvenaria estruturais, o que pode comprometer a estabilidade estrutural do edifício; e não foram encontradas informações sobre a capacidade de carga das fundações para futuras expansões verticais.

Portanto, acerca do edifício Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia, por meio da aplicação da primeira atividade da metodologia proposta conclui-se que o edifício é moderadamente integrado de acordo com os seguintes critérios:

- **Integração:** Verificou-se a existência de um misto de sistemas integrados (estruturas verticais e horizontais encastradas, laje de betão armado na cobertura) e não integrados (caixilharias e estrutura de cobertura).
- **Conexões:** Apesar de haver integração entre diferentes sistemas e das conexões serem maioritariamente químicas, tais conexões são predominantemente fracas, pois a cal foi utilizada como aglomerante. Estima-se que 80% das conexões são fracas.

Atividade 02: Definição do tipo de desconstrução aplicável ao edifício em análise.

Por meio de um levantamento preliminar de sistemas existentes no edifício, foi feita a estimativa do destino possível de componentes reaproveitáveis (para reuso ou reciclagem) resultados de possíveis intervenções de desconstrução estrutural e não-estrutural. É importante destacar que, neste trabalho, a desconstrução não-estrutural relaciona-se com a desconstrução somente de componentes sem papel estrutural e a desconstrução estrutural com a intervenção completa de todos os componentes. A análise encontra-se apresentada na Tabela 5.6.

Tabela 5.6 - Sistemas intervencionáveis e seus destinos possíveis - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

Sistemas	Desconstrução		Destino		
	N-Est.	Est.	Reuso	Recicl.	Aterro
Portas - madeira e vidro	X	X	X	X	X
Janelas - madeira e vidro	X	X	X	X	X
Sacadas de ferro	X	X	X	X	-
Corrimão de madeira	X	X	X	X	X
Corrimão de ferro	X	X	X	X	-
Estrutura de toldos em ferro	X	X	X	X	-
Estrutura de piso - betão em solo	-	X	-	X	X
Estrutura de piso - betão armado	-	X	-	X	X
Estrutura de piso - vigamento em madeira	-	X	X	X	X
Revestimento de piso - cerâmica	X	X	X	X	X
Revestimento de piso - betão	X	X	-	X	X
Revestimento de piso - taco de madeira tipo 1	X	X	X	X	X
Revestimento de piso - taco de madeira tipo 2	X	X	X	X	X
Revestimento de piso - taco de madeira tipo 3	X	X	X	X	X
Revestimento de piso - réguas de madeira	X	X	X	X	X
Revestimento de piso - tijolo cerâmico	X	X	X	X	X
Escadas de madeira	-	X	X	X	X
Escadas de pedra	-	X	X	X	-
Paredes de pedra	-	X	X	X	-
Paredes de alvenaria	-	X	X	X	X
Paredes de tabique	X	X	X	X	X
Estrutura de cobertura - betão armado	-	X	-	X	X
Estrutura de cobertura - alvenaria	-	X	X	X	X
Estrutura de cobertura - madeira	-	X	X	X	X
Revestimento de cobertura - madeira	X	X	X	X	X
Revestimento de cobertura - telhas cerâmicas	X	X	X	X	X
Revestimento de tetos - estuque de cal	X	X	-	X	X
Revestimento de tetos - madeira	X	X	X	X	X
Revestimento de paredes internas - estuque de cal	X	X	-	X	X
Revestimento de paredes internas - azulejos	X	X	X	X	X
Revestimento de paredes externas - estuque de cal	X	X	-	X	X

Pelas características físicas e volumétricas do edifício (área de construção de 1125m²) a estimativa preliminar aponta para a geração de volume médio de componentes reaproveitáveis. A estimativa preliminar aponta para as seguintes percentagens de recuperação de componentes:

- **Desconstrução não-estrutural:** Estima-se que seria possível destinar 70% dos componentes recuperados com capacidade para reintrodução no ciclo produtivo para reuso e 30% para reciclagem, e
- **Desconstrução estrutural:** Estima-se que seria possível destinar 60% dos componentes recuperados com capacidade para reintrodução no ciclo produtivo para reuso e 40% para reciclagem.

A diferença estimada baseia-se no fato de os sistemas estruturais do edifício serem, em boa parte, compostos de tijolos cerâmicos e argamassa de cal e que tais materiais historicamente serem mais comumente destinados para reciclagem quando recuperados por desconstrução.

Com o uso dessas informações estimadas é possível a consulta ao ábaco proposto para determinação da classe de desconstrução do edifício segundo este trabalho, conforme mostra a Figura 5.5.

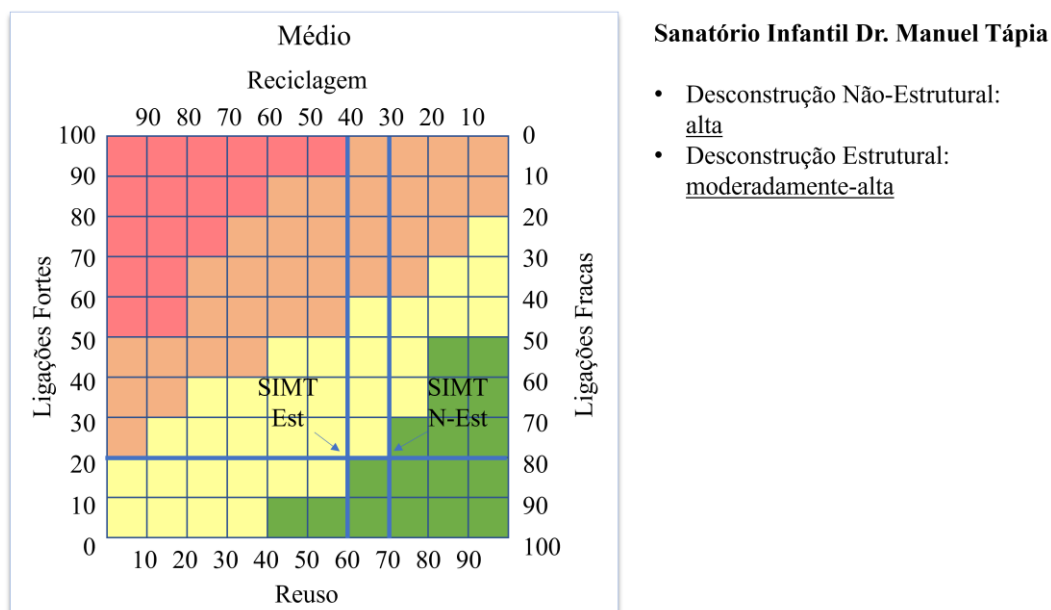


Figura 5.5 - Classes de desconstrução - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

Atividade 03: Identificação prévia de materiais, elementos e sistemas, constantes do edifício em análise, que serão alvo de intervenção.

Para cada cenário de intervenção: do mais ao menos conservador, foram identificados os sistemas intervencionáveis e o tipo de intervenção. As informações obtidas nas atividades 01 e 02 foram utilizadas para determinação do índice de desconstrução de cada cenário avaliado, conforme mostrado na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 - Identificação prévia de componentes e índices de desconstrução - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

Cenários	01 - Mais conservador	02 - Moderado	03 - Menos conservador
• Portas	Reparação	Desconstrução	Desconstrução
• Janelas	Reparação	Desconstrução	Desconstrução
• Sacadas	-	Reparação	Desconstrução
• Corrimão de madeira	Reparação	Desconstrução	Desconstrução
• Corrimão de ferro	-	Reparação	Desconstrução
• Estrutura dos toldos - ferro	Reparação	Reparação	Desconstrução
• Estrutura de pisos - betão	-	Reparação	Desconstrução
• Estrutura de pisos - madeira	Reparação	Reparação	Desconstrução
• Revestimento de piso - cerâmica	Reparação	Reparação	Desconstrução
• Revestimento de piso - betão	-	Reparação	Desconstrução
• Revestimento de piso - madeira	Reparação	Reparação	Desconstrução
• Escadas de madeira	-	Reparação	Desconstrução
• Escadas de pedra	-	Reparação	Desconstrução
• Paredes de alvenaria	-	-	Desconstrução

Cenários	01 - Mais conservador	02 - Moderado	03 - Menos conservador
• Paredes de pedra	-	-	Desconstrução
• Paredes de tabique	Reparação	Reparação	Desconstrução
• Estrutura de cobertura - betão	-	-	Desconstrução
• Estrutura de cobertura - alvenaria	-	-	Desconstrução
• Estrutura de cobertura - madeira	Reparação	Desconstrução	Desconstrução
• Revestimento de cobertura - madeira	Reparação	Desconstrução	Desconstrução
• Revestimento de cobertura - telhas	Reparação	Desconstrução	Desconstrução
• Revestimento de tetos - estuque	Reparação	Reparação	Desconstrução
• Revestimento de tetos - madeira	Reparação	Reparação	Desconstrução
• Revestimento de paredes internas - estuque	-	Reparação	Desconstrução
• Revestimento de paredes internas - azulejo	Reparação	Reparação	Desconstrução
• Revestimento de paredes externas - estuque	-	Reparação	Desconstrução
Tipo de Desconstrução	Não-Estrutural	Estrutural	Estrutural
Volume de Reaproveitáveis	Médio	Médio	Médio
Classe de Desconstrução	Alta	Moderadamente-alta	Moderadamente-alta
Índice de Desconstrução	17 - 18	63 - 64	87 - 88

Resultado da aplicação da primeira fase da metodologia ao edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia

Com base na análise da primeira fase da metodologia proposta, é possível inferir os caminhos viáveis para o fim de vida do edifício em estudo.

- Cenário 01 - Recuperação do edifício para manter o máximo das características originais:
O edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia, pelas técnicas construtivas empregues e pelos materiais escolhidos, parece ser um bom candidato à recuperação, reabilitação e reuso, mediante a eliminação das patologias, principalmente aquelas relacionadas com a entrada de água e reparação dos danos existentes. Seria necessário reparar as partes do telhado que ruíram, substituir as asnas e partes da estrutura de cobertura que perderam a capacidade de suportar cargas, refazer parte do fasquiado e instalar novas telhas nas partes onde estas já não existem. Nos pavimentos inferiores, além da limpeza, seria preciso refazer as instalações hidráulicas e elétricas; assim como trocar estruturas e revestimentos de pavimentos, principalmente os de madeira, danificados pela presença de água; refazer, onde for necessário, os revestimentos de paredes; trocar as caixilharias que já não têm função, e, nas ainda funcionais, substituir os vidros quebrados.

A decisão pela recuperação do edifício deve levar em consideração a existência de valores intrínsecos, não só aqueles de uso e de desempenho ambiental, mas também aqueles associados aos valores históricos e sociais. No caso do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia, por este fazer parte da Estância Sanatorial do Caramulo, que contribuiu para o desenvolvimento da região, fomentou a indústria, empresas, negócios e infraestruturas

urbanas, os valores históricos e sociais encontram-se presentes e preservar o edifício é também preservar estes valores.

- Cenário 02 - Reabilitação do edifício para garantir o atendimento das necessidades modernas de conforto:

Este segundo cenário admite a substituição de todos os sistemas, elementos e materiais por motivos funcionais e estéticos com o objetivo final de modernização. Os componentes intervencionados, em vez de descartados, devem ser avaliados na sua capacidade de cumprimento das suas funções e reconicionados para serem disponibilizados para reuso ou reciclagem. No exemplo das caixilharias de madeira do edifício, uma parte ainda é ou pode tornar-se funcional, mediante reparações. É, portanto, uma decisão de projeto, a definição dos elementos a recuperar, a manter em uso no edifício e a disponibilizar para reuso de terceiros; a reciclar; e a descartar, quando já não agregam qualquer valor. Tal decisão dependerá de vários fatores, dentre eles: a capacidade e o custo de recuperação; a perceção de valores intrínsecos a serem preservados; a capacidade de cumprimento da função desejada, no uso e na operação do edifício; o valor de revenda; a procura por tais elementos; e a capacidade de reciclagem.

- Cenário 03 - Desmontagem do edifício com recuperação, reabilitação e reuso de componentes:

No último cenário é contemplada a desmontagem completa do edifício. Os componentes resultantes assim como no cenário anterior, consoante os seus valores intrínsecos e a capacidade de uso, serão separados para reuso, reciclagem ou condução para aterro, com ênfase para as duas primeiras opções.

O edifício em estudo é composto basicamente por materiais pétreos e madeiras: as madeiras podem ser tratadas, separadas para reuso, enviadas para reciclagem ou descartadas, somente quando não puderem ser recuperadas por terem sido alvo de deterioração por microrganismos; e os materiais pétreos podem também ser tratados, separados para reuso ou triturados e usados como agregados reciclados, com valor de revenda e reuso.

5.3.2. Segunda Fase: Avaliação da Capacidade de Recuperação de Elementos e Materiais

A partir das caracterizações da primeira fase e das decisões tomadas a respeito dos materiais que permanecerão no edifício, caso se opte pela recuperação total ou parcial, e daqueles que serão processados para reuso, é necessário um estudo mais pormenorizado de cada elemento e material disponível e a indicação do processamento necessário para cada grupo, seja para um reuso imediato, seja para garantir os mais nobres usos futuros.

Para efeitos práticos, é possível executar concomitantemente as atividades:

Atividade 04: Elaboração do inventário para todos os elementos e materiais alvo de desconstrução. Elaboração do inventário material para cada um dos cenários possíveis de acordo com os sistemas, elementos e materiais intervencionados.

Atividade 05: Identificação do processamento necessário à preservação da maior parte dos valores intrínsecos dos elementos e materiais.

Atividade 06: Identificação da percentagem do destino dos materiais, elementos e sistemas recuperados por desconstrução.

A apresentação dos resultados das 3 atividades citadas em uma única tabela tem por objetivo facilitar a visualização e perceção dos resultados, já que na Tabela 5.8 está o inventário de materiais e as quantidades a serem intervencionadas em cada cenário, os tratamentos propostos e a percentagem planeada de destino.

É importante destacar que as quantidades utilizadas neste estudo, e documentadas na Tabela 5.8, são estimativas, e, por isto, podem variar caso seja efetivamente executada a remoção de materiais para recuperação. As condições de manutenção também podem variar, quanto mais tempo os elementos e materiais estiverem expostos à intempérie, alterando, portanto, as quantidades recuperáveis.

Tabela 5.8 - Inventário de elementos e materiais do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

Componente	Processamento						Destino (%)			Cenário 01			Cenário 02			Cenário 03		
	L	R	P	D	C	S	1	2	3	%	Quant.	Unid.	%	Quant.	Unid.	%	Quant.	Unid.
										Interv.			Interv.			Interv.		
Portas - madeira e vidro	X	X	X	X	X	X	70	20	10	100%	86,00	un.	100%	86,00	un.	100%	86,00	un.
Janelas - madeira e vidro	X	X	X	X	X	X	60	20	20	100%	118,00	un.	100%	118,00	un.	100%	118,00	un.
Sacadas de ferro	X	-	X	-	-	-	100	-	-	-	-	-	20%	0,60	un.	100%	3,00	un.
Corrimão de madeira	X	X	X	X	X	X	70	20	10	100%	1,00	un.	100%	1,00	un.	100%	1,00	un.
Corrimão de ferro	X	X	X	X	-	-	80	10	10	-	-	-	30%	5,40	un.	100%	18,00	un.
Estrutura de toldos em ferro	X	X	X	X	-	-	70	20	10	100%	13,00	un.	80%	10,40	un.	100%	13,00	un.
Estrutura de piso - betão em solo	X	X	-	X	-	-	-	90	10	-	-	-	20%	62,80	m ²	100%	313,99	m ²
Estrutura de piso - betão armado	X	X	-	X	-	-	-	90	10	-	-	-	-	-	-	100%	156,41	m ²
Estrutura de piso - vigeamento em madeira	X	X	-	X	X	X	80	10	10	30%	168,59	m ²	30%	168,59	m ²	100%	561,97	m ²
Revestimento de piso - cerâmica	X	X	-	X	-	X	60	30	10	20%	53,87	m ²	20%	53,87	m ²	100%	269,34	m ²
Revestimento de piso - betão	X	X	-	X	-	-	-	90	10	-	-	-	20%	13,14	m ²	100%	65,71	m ²
Revestimento de piso - taco de madeira tipo 1	X	X	-	X	X	X	60	30	10	50%	52,11	m ²	50%	52,11	m ²	100%	104,21	m ²

Componente	Processamento						Destino (%)			Cenário 01			Cenário 02			Cenário 03		
	L	R	P	D	C	S	1	2	3	% Interv.	Quant.	Unid.	% Interv.	Quant.	Unid.	% Interv.	Quant.	Unid.
	Revestimento de piso - taco de madeira tipo 2	X	X	-	X	X	X	60	30	10	50%	10,41	m ²	50%	10,41	m ²	100%	20,82
Revestimento de piso - taco de madeira tipo 3	X	X	-	X	X	X	60	30	10	50%	7,92	m ²	50%	7,92	m ²	100%	15,84	m ²
Revestimento de piso - régua de madeira	X	X	-	X	X	X	60	30	10	50%	234,17	m ²	50%	234,17	m ²	100%	468,33	m ²
Revestimento de piso - tijolo cerâmico	X	X	-	X	X	X	80	10	10	20%	17,62	m ²	20%	17,62	m ²	100%	88,12	m ²
Escadas de madeira	X	X	-	X	-	X	80	10	10	-	-	-	30%	4,65	m ²	100%	15,50	m ²
Escadas de pedra	X	X	-	X	-	X	-	90	10	-	-	-	20%	9,10	m ²	100%	45,50	m ²
Paredes de pedra	X	X	-	X	-	X	-	90	10	-	-	-	-	-	-	100%	84,70	m ²
Paredes de alvenaria	X	X	-	X	-	X	-	90	10	-	-	-	-	-	-	100%	111,09 ²	m ²
Paredes de tabique	X	X	-	X	X	X	80	10	10	50%	41,91	m ²	50%	41,91	m ²	100%	83,82	m ²
Estrutura de cobertura - betão armado	X	X	-	X	-	X	-	90	10	-	-	-	-	-	-	100%	838,13	m ²
Estrutura de cobertura - alvenaria	X	X	-	X	-	X	-	90	10	-	-	-	-	-	-	100%	176,55	m ²
Estrutura de cobertura - madeira	X	X	-	X	X	X	50	30	20	30%	251,44	m ²	100%	838,13	m ²	100%	838,13	m ²
Revestimento de cobertura - madeira	X	X	-	X	X	X	50	20	30	70%	674,69	m ²	100%	963,84	m ²	100%	963,84	m ²
Revestimento de cobertura - telhas cerâmicas	X	-	-	X	-	X	80	10	10	30%	289,15	m ²	100%	963,84	m ²	100%	963,84	m ²
Revestimento de tetos - estuque de cal	X	X	X	X	X	X	-	90	10	20%	31,86	m ²	20%	31,86	m ²	100%	159,31	m ²
Revestimento de tetos - madeira	X	X	X	X	X	X	60	30	10	40%	349,22	m ²	40%	349,22	m ²	100%	873,06	m ²
Revestimento de paredes internas - estuque de cal	X	X	X	X	X	X	-	90	10	20%	525,22	m ²	20%	525,22	m ²	100%	626,12 ²	m ²
Revestimento de paredes internas - azulejos	X	X	-	X	-	X	60	30	10	70%	431,49	m ²	70%	431,49	m ²	100%	616,41	m ²
Revestimento de paredes externas - estuque de cal	X	X	X	X	X	X	-	90	10	20%	221,28	m ²	20%	221,28	m ²	100%	106,38 ¹	m ²

Legenda:

L – Limpeza geral
R – Reparo
P – Pintura
D – Desmontagem
C – Corte de partes danificadas
S – Substituição de partes danificadas

1 – Reúso
2 – Reciclagem
3 – Aterro

5.3.3. Terceira Fase: Rastreamento de Elementos e Materiais Recuperados

Enquanto as duas primeiras fases da metodologia apresentada devem ser aplicadas na etapa de planeamento, as duas últimas dizem respeito à efetiva execução da desconstrução (etapa de execução).

O caso de estudo em análise, entretanto, até o momento de elaboração deste trabalho, não havia sofrido desconstrução. Portanto, as terceiras e quarta fases são sugestões de futura aplicação, caso a desconstrução seja o caminho escolhido para o fim de vida do edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

Atividade 07: Identificação e execução do processamento necessário à preservação dos máximos valores intrínsecos associados a cada componente recuperado.

A primeira atividade da terceira fase deverá registar o processamento efetivamente sofrido pelos componentes intervencionados. Neste caso hipotético, será considerado que os componentes sofreram os processamentos previstos na Tabela 5.8.

Atividade 08: Identificação da necessidade de certificação e realização da certificação necessária.

Os produtos para construção civil identificados como elegíveis para a marcação CE, de acordo com o Regulamento (UE) N.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho (PEC, 2011) e demais normativas aplicáveis devem ser identificados e conduzidos para os procedimentos de certificação adequados. A Tabela 5.9 apresenta os componentes identificados dentro das gamas de produtos certificáveis e os requisitos certificáveis associados a cada um deles, conforme o Regulamento (UE) N.º 305/2011.

Tabela 5.9 - Componentes certificáveis – (UE) N.º 305/2011 - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

Componente	Cód. Zona	Gamas de Produtos - Anexo IV	Requisitos Certificáveis - Anexo I
Portas - madeira e vidro	2	Portas, janelas, portadas, portões e respectivas ferragens	5 - Proteção contra o ruído 6 - Economia de energia e isolamento térmico 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Janelas - madeira e vidro	2	Portas, janelas, portadas, portões e respectivas ferragens	5 - Proteção contra o ruído 6 - Economia de energia e isolamento térmico 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes

Componente	Cód. Zona	Gamas de Produtos - Anexo IV	Requisitos Certificáveis - Anexo I
Estrutura de piso - betão em solo	24	Agregados	3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Estrutura de piso - betão armado	24	Agregados	3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Estrutura de piso - vigamento em madeira	13	Produtos e elementos de madeira para estrutura e produtos conexos	1.b - Deformações 2.a - Capacidade de carga 3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Revestimento de piso - cerâmica	19	Revestimento de piso	7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes 7.b - Durabilidade
Revestimento de piso - betão	19	Revestimento de piso	7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes 7.b - Durabilidade
Revestimento de piso - taco de madeira tipo 1	19	Revestimento de piso	7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes 7.b - Durabilidade
Revestimento de piso - taco de madeira tipo 2	19	Revestimento de piso	7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes 7.b - Durabilidade
Revestimento de piso - taco de madeira tipo 3	19	Revestimento de piso	7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes 7.b - Durabilidade
Revestimento de piso - régua de madeira	19	Revestimento de piso	7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes 7.b - Durabilidade
Revestimento de piso - tijolo cerâmico	19	Revestimento de piso	7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes 7.b - Durabilidade
Escadas de madeira	13	Produtos e elementos de madeira para estrutura e produtos conexos	1.b - Deformações 2.a - Capacidade de carga 3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Escadas de pedra	24	Agregados	3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes

Componente	Cód. Zona	Gamas de Produtos - Anexo IV	Requisitos Certificáveis - Anexo I
Paredes de pedra	24	Agregados	3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Paredes de alvenaria	17	Alvenaria e produtos associados - blocos de alvenaria, argamassas, produtos conexos	1.b - Deformações 2.a - Capacidade de carga 3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Estrutura de cobertura - betão armado	24	Agregados	3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Estrutura de cobertura - alvenaria	17	Alvenaria e produtos associados - blocos de alvenaria, argamassas, produtos conexos	1.b - Deformações 2.a - Capacidade de carga 3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Estrutura de cobertura - madeira	13	Produtos e elementos de madeira para estrutura e produtos conexos	1.b - Deformações 2.a - Capacidade de carga 3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Revestimento de cobertura - madeira	22	Revestimento de coberturas, claraboias, janelas de sótão, e produtos conexos - kits para coberturas	3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Revestimento de cobertura - telhas cerâmicas	22	Revestimento de coberturas, claraboias, janelas de sótão, e produtos conexos - kits para coberturas	3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 6 - Economia de energia e isolamento térmico 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes 7.b - Durabilidade


Componente	Cód. Zona	Gamas de Produtos - Anexo IV	Requisitos Certificáveis - Anexo I
Revestimento de tetos - estuque de cal	24	Agregados	3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Revestimento de paredes internas - estuque de cal	24	Agregados	3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes
Revestimento de paredes internas - azulejos	21	Acabamentos interiores e exteriores para paredes e tetos, kits para divisórias	3.g - Humidade excessiva 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes 7.b - Durabilidade
Revestimento de paredes externas - estuque de cal	24	Agregados	3.a - Libertação de gases tóxicos 3.b - Emissão de substâncias perigosas 3.c - Emissão de radiação 7.a - Reutilização ou reciclabilidade de materiais e partes

Atividade 09: Elaboração dos passaportes materiais.

No rastreamento dos elementos e materiais recuperados, é preciso que as informações relacionadas estejam disponíveis para a consulta de possíveis interessados. Para isto, esta metodologia sugere o uso do passaporte material, uma base de dados que contém informações tanto sobre a origem, caracterização, processamento, certificação, e usos recomendados para cada componente, dentre outras.

Os passaportes materiais de todos os componentes relacionados na Tabela 5.8 podem ser consultados por meio dos QR Codes disponibilizados na Tabela 5.10.

Tabela 5.10 - QR Codes dos Passaportes Materiais dos componentes do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

Lista dos QR codes para os Passaportes Materiais – Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia		
		
Portas - madeira e vidro	Janelas - madeira e vidro	Sacadas de ferro
		
Corrimão de madeira	Corrimão de ferro	Estrutura de toldos em ferro
		
Estrutura de piso - betão em solo	Estrutura de piso - betão armado	Estrutura de piso - vigamento em madeira

Lista dos QR codes para os Passaportes Materiais – Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia		
		
Revestimento de piso - cerâmica	Revestimento de piso - betão	Revestimento de piso - taco de madeira
		
Revestimento de piso - réguas de madeira	Revestimento de piso - tijolo cerâmico	Escadas de madeira
		
Escadas de pedra	Paredes de pedra	Paredes de alvenaria
		
Paredes de tabique	Estrutura de cobertura - betão armado	Estrutura de cobertura - alvenaria

Lista dos QR codes para os Passaportes Materiais – Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia		
		
Estrutura de cobertura - madeira	Revestimento de cobertura - madeira	Revestimento de cobertura - telhas cerâmicas
		
Revestimento de tetos - estuque de cal	Revestimento de tetos - madeira	Revestimento de paredes internas - estuque de cal
		
Revestimento de paredes internas - azulejos	Revestimento de paredes externas - estuque de cal	

5.3.4. Quarta Fase: Reintrodução dos Materiais Recuperados no Ciclo Produtivo

Atividade 10: Disponibilização dos elementos e materiais recuperados para reuso e reciclagem.

Todos os componentes identificados e relacionados no inventário material, certificados ou não, junto com as informações compiladas no inventário material, devem ser disponibilizados para comercialização por meio de um Mercado de Materiais Recuperados. A Tabela 5.11 mostra quanto

podia ser arrecadado com a venda dos componentes recuperados, caso todos fossem recuperados, utilizados para o fim sugerido na sua totalidade e fossem revendidos pelos valores sugeridos nos Passaportes Materiais apresentados, ou seja, o melhor cenário possível. Os valores e quantidades de revenda aqui apresentados podem variar no caso de realização da desconstrução do edifício e de uma análise de mercado mais aprofundada, que não foram alvo deste trabalho.

Tabela 5.11 - Valores de hipotéticos de revenda de componente recuperados - Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia.

Componente	Quant.	Unid.	Valor de revenda	Total
Portas - madeira e vidro	86,00	un.	150,00 €	12 900,00 €
Janelas - madeira e vidro	118,00	un.	100,00 €	11 800,00 €
Sacadas de ferro	3,00	un.	200,00 €	600,00 €
Corrimão de madeira	1,00	un.	100,00 €	100,00 €
Corrimão de ferro	18,00	un.	200,00 €	3 600,00 €
Estrutura de toldos em ferro	13,00	un.	80,00 €	1 040,00 €
Estrutura de piso - betão em solo	313,99	m ²	10,00 €	3 139,90 €
Estrutura de piso - betão armado	156,41	m ²	15,00 €	2 346,15 €
Estrutura de piso - vigamento em madeira	561,97	m ²	250,00 €	140 492,50 €
Revestimento de piso - cerâmica	269,34	m ²	15,00 €	4 040,10 €
Revestimento de piso - betão	65,71	m ²	10,00 €	657,10 €
Revestimento de piso - taco de madeira	140,87	m ²	25,00 €	3 521,75 €
Revestimento de piso - réguas de madeira	468,33	m ²	150,00 €	70 249,50 €
Revestimento de piso - tijolo cerâmico	88,12	m ²	25,00 €	2 203,00 €
Escadas de madeira	15,50	m ²	50,00 €	775,00 €
Escadas de pedra	45,50	m ²	250,00 €	11 375,00 €
Paredes de pedra	84,70	m ²	100,00 €	8 470,00 €
Paredes de alvenaria	2 111,09	m ²	10,00 €	21 110,85 €
Paredes de tabique	83,82	m ²	5,00 €	419,10 €
Estrutura de cobertura - betão armado	838,13	m ²	15,00 €	12 571,88 €
Estrutura de cobertura - alvenaria	176,55	m ²	10,00 €	1 765,50 €
Estrutura de cobertura - madeira	838,13	m ²	250,00 €	209 531,25 €
Revestimento de cobertura - madeira	963,84	m ²	5,00 €	4 819,22 €
Revestimento de cobertura - telhas cerâmicas	963,84	m ²	15,00 €	14 457,66 €
Revestimento de tetos - estuque de cal	159,31	m ²	2,00 €	318,62 €
Revestimento de tetos - madeira	873,06	m ²	10,00 €	8 730,60 €
Revestimento de paredes internas - estuque de cal	2 626,12	m ²	2,00 €	5 252,25 €
Revestimento de paredes internas - azulejos	616,41	m ²	30,00 €	18 492,42 €
Revestimento de paredes externas - estuque de cal	1 106,38	m ²	2,00 €	2 212,76 €
			Total	576 992,10 €

Atividade 11: Identificação dos destinos efetivos dos elementos e materiais recuperados.

Os componentes disponibilizados para revenda devem ser monitorizados para identificação de seus destinos. Como no caso do edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia não houve desconstrução até a altura de elaboração deste trabalho, não há registo dos usos dos materiais recuperáveis. Entretanto sugere-se que, caso a desconstrução, total ou parcial, venha a ocorrer e os componentes sejam devidamente recuperados, que seja feito o controlo de destino destes componentes.

Atividade 12: Comparação entre as percentagens prévias de destino dos componentes, na etapa de planeamento, e as percentagens executadas, na etapa de execução.

A atividade final desta metodologia também depende da execução da desconstrução, portanto, neste caso específico, não é possível que seja feita a comparação entre valores de planeamento e execução. Entretanto é recomendado que, caso seja a desconstrução total ou parcial a estratégia adotada para a intervenção no edifício do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia, seja feita a análise final proposta pela Atividade 12 desta metodologia.

5.4. Análise da Aplicação da Metodologia ao Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia

A elaboração de plantas e a realização de vistoria fotográfica tornou possível a aplicação da metodologia proposta ao objeto de estudo. É importante destacar que, enquanto a primeira e a segunda fases da metodologia proposta dizem respeito a atividades a realizar na fase de planeamento e decisão, a terceira e a quarta fases referem-se a atividades a levar a cabo durante e depois da execução de obras de desconstrução.

A primeira fase da metodologia conseguiu apresentar três cenários possíveis para o Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia: o reuso do edifício, por meio da reabilitação; o reuso dos sistemas e elementos, por meio da recuperação de componentes; e o reuso de materiais, por meio da reciclagem. De forma decrescente, cada um dos 3 cenários possíveis preserva os valores intrínsecos, e coloca os elementos e materiais recuperados em degraus mais altos da hierarquia de valorização material. Para apresentar os três cenários foi preciso realizar a caracterização histórica, por meio de pesquisa de documentos e plantas; a caracterização física e volumétrica, com o detalhamento de usos por compartimento; e a caracterização de materiais constituintes e estado de conservação geral.

A segunda fase da metodologia apresentou uma avaliação aprofundada dos compartimentos do edifício. A avaliação discriminou os diferentes elementos e materiais constituintes, as suas condições de conservação, o processamento necessário para a conservação máxima dos valores intrínsecos, assim como os possíveis constrangimentos à desconstrução de cada um dos compartimentos.

A terceira fase da metodologia propôs o uso de passaportes materiais para reunir os dados e informações associadas a cada elemento e material recuperado, e sugere que sejam usados recursos como os QR Codes, que disponibilizam todas as informações dos passaportes materiais de forma online e acessível a qualquer hora e em qualquer lugar. Desta forma, não são necessários formulários e fichas em papel, que podem ser extraviadas.

A quarta fase da metodologia propôs que as informações reunidas nos passaportes materiais sejam disponibilizadas num Banco de Reúso de Materiais de Construção, de abrangência nacional, para que doadores, vendedores e compradores tenham um ponto de contacto onde possam efetuar a troca de componentes. Deste modo não são precisos o transporte do material para grandes armazéns de venda presencial e a deslocação dos interessados aos mesmos a fim de avaliar a usabilidade dos elementos e materiais recuperados.

A aplicação da metodologia proposta demonstrou ser possível a implementação de uma estratégia não só de recuperação e reúso de elementos e materiais, mas também de avaliação da capacidade dos edifícios, como o Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia, de atender às necessidades atuais, mediante intervenções de reparação e conservação. Através do ciclo completo da metodologia é possível não só prever as quantidades e qualidades dos elementos e materiais recuperados na desconstrução, mas também em obras de recuperação, de modo a aproveitar ao máximo todos os valores intrínsecos dos componentes.

CAPÍTULO 6 – ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

6.1. Análise Geral

6.2. Respostas às Perguntas de Pesquisa

6.3. Outros Resultados Esperados

6. ANÁLISE E DISCUSSÃO DE RESULTADOS

6.1. Análise Geral

Os edifícios antigos representam cerca de 15% dos edifícios portugueses, segundo o Censo de 2011 (último disponível durante esta pesquisa) e mais de 50% destes edifícios encontram-se sem condições de habitabilidade e segurança. Tais edifícios, classificados pela DGPC ou não, de diferentes qualidades, vernaculares ou históricos, possuem valores intrínsecos e fazem parte da herança cultural da zona, região e país onde estão inseridos.

A preservação dos valores, sejam históricos e sociais, sejam valores sustentáveis, como energia incorporada, ou mesmo valores económicos dos edifícios antigos, passa por uma avaliação aprofundada da capacidade de reabilitação destes edifícios. Entretanto, haverá casos em que a preservação do elemento edificado será inviável, o que não significa que todos os elementos e materiais componentes sejam desprovidos de valor. Portanto é importante o desenvolvimento de propostas para contribuir tanto para o estímulo à preservação dos valores dos edifícios antigos e devolver a eles suas funções e habitabilidade, quanto à preservação dos valores de seus componentes.

O fim de vida útil de um edifício está relacionado com o colapso e à falha estrutural. Entretanto, a vida útil dos edifícios antigos está muitas vezes pressionada não pela incapacidade de atendimento das necessidades de habitabilidade e segurança, mas por pressões económicas e por desestímulo à preservação e conservação por meio da reabilitação, o que empurra edifícios ainda recuperáveis e com valores intrínsecos para o seu fim de vida.

Para preservação dos edifícios antigos é muito importante considerar-se que os materiais e técnicas utilizados devem ser compatíveis com aqueles materiais e técnicas utilizados na construção. Materiais modernos muitas vezes são incompatíveis com edificações antigas e podem provocar patologias e levar o edifício à ruína. Uma das fontes de materiais compatíveis para recuperação de edifícios antigos são outros edifícios antigos cuja ruína seja inevitável. A adoção de materiais recuperados de um edifício para uso em outros mantém os elementos e materiais úteis e torna o ciclo de vida dos edifícios realmente cíclico.

Os resíduos de construção e demolição – RCD são a fonte de onde elementos e materiais podem ser recuperados para reuso. Uma gestão eficaz dos RCD e a mineração urbana previnem a perda dos valores intrínsecos dos componentes e os reinsere no ciclo produtivo. A mudança de paradigma

de consumo da construção civil muda para a economia circular e o ciclo produtivo se fortalece quando componentes recuperados são destinados para os usos mais nobres possíveis segundo a hierarquia de valorização material. A reinserção dos componentes recuperados no ciclo produtivo é fundamental para a adoção da economia circular com efeitos ambientais positivos, como diminuição de emissões de gases de efeito estufa, diminuição da poluição sonora e luminosa e diminuição das conduções para aterros.

Para que seja possível o resgate dos elementos e materiais antes que estes percam totalmente seus valores intrínsecos é necessário que seja adotada uma técnica diferente da demolição tradicional para o fim de vida dos edifícios. Este trabalho sugere que a desconstrução ou demolição seletiva seja a técnica adotada para edifícios antigos. Apesar de levar mais tempo, o que pode representar maior custo de execução, a desconstrução permite não só que elementos e materiais sejam recuperados com menos perda de valores intrínsecos, o que os torna mais desejáveis e fáceis de comercializar e reinserir no ciclo produtivo, mas também gera impactos económicos e sociais positivos, com a criação de empregos para mão-de-obra pouco qualificada, abertura de novas empresas e fortalecimento de um novo ramo comercial para componentes recuperados por desconstrução.

Há, entretanto, algumas barreiras a serem superadas para a adoção da desconstrução como técnica prevalecte no fim de vida dos edifícios antigos, como a insuficiência de legislação, pouco fomento, pouco estímulo fiscal, baixo custo para a condução de RCD para aterros e a falta de um mercado bem estabelecido para troca dos componentes recuperados.

Por outro lado, ações governamentais para definir as regras e estimular este ramo de atividades podem influenciar muito positivamente na adoção da desconstrução não só como regra para o fim de vida dos edifícios antigos, mas também para todos os outros edifícios. Os líderes governamentais não estão alheios a esta discussão: várias leis e normas foram propostas não só por Comissões da União Europeia, mas também pelo Governo Português para estímulo da sustentabilidade na construção civil e gestão de RCD. Entretanto, conforme o exemplo de outros países que já adotaram a desconstrução com efeitos positivos de forma regional ou nacional, há ainda algumas ações que podem ser tomadas para garantir a desconstrução como escolha definitiva para o fim de vida de edifícios.

Para fundamentar as decisões estratégicas de toda a indústria da construção civil, mudar o paradigma para a economia circular e superar algumas barreiras para a implementação da desconstrução como alternativa viável é necessário o desenvolvimento de pesquisas e estudos. Este trabalho propõe quatro ações para fomento da desconstrução como técnica predominante para o fim de vida dos edifícios antigos:

- 1) Avaliação da viabilidade da desconstrução com recuperação de edifícios, elementos e materiais com valores intrínsecos segundo a hierarquia de valorização material e respeitando a recuperação preferencial de edifícios à sua desmontagem;
- 2) Quantificação, qualificação e identificação de atividades de processamento necessárias para recuperar elementos e materiais e evitar a perda dos valores intrínsecos durante sua desmontagem;
- 3) Disponibilização das informações particulares de cada componente recuperado em bases de dados acessíveis e estímulo à recertificação de materiais recuperados para torná-los mais atraentes e confiáveis; e
- 4) Adoção de um mercado de troca de materiais abrangente, disponível, acessível, difuso, *online*, a nível nacional.

A metodologia proposta neste trabalho foi aplicada de forma expedita em três casos de estudo: Casa das Bocas, Casa Carlos Reis e Mercado de Angra do Heroísmo; e de forma aprofundada ao caso de estudo do Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia, um edifício de 3 pisos, com 1.125 m², construído em 1944, com acréscimos em 1955 e 1958, parte do Complexo Sanatorial do Caramulo, na Vila do Caramulo, em Tondela.

Por meio da aplicação da metodologia proposta em quatro fases foi possível:

- Identificar estratégias de desconstrução para três diferentes cenários: a recuperação, reabilitação e reuso do edifício inteiro; a recuperação, reabilitação e reuso de sistemas e elementos e a recuperação, reabilitação e reuso de componentes.
- Quantificar, qualificar e identificar o processamento necessário para os elementos e materiais resultantes de desconstrução do edifício, assim como sugerir usos mais nobres para tais materiais caso estes sejam disponibilizados para reuso.
- Disponibilizar as informações particulares de cada elemento e material avaliado em passaportes materiais.
- Propor um modelo de mercado de troca de materiais no modelo “*marketplace*”, acessível *online* para o comércio e doação dos materiais recuperados.

6.1.1. Discussão Sobre os Resultados

A divisão da metodologia proposta em quatro fases permitiu que fosse possível olhar para cada uma das fases mais profundamente e identificar suas forças, fraquezas, oportunidades e ameaças.

A primeira fase, “avaliação da capacidade de desconstrução de edifícios”, foi separada em avaliação da desconstruibilidade do nível de integração do edifício e seus componentes segundo os critérios de desconstrução selecionados para determinação do tipo de desconstrução. Com isto foi possível avaliar os três cenários possíveis de reuso do edifício inteiro, seus sistemas e elementos e seus materiais. Isso permitiu concluir que é possível o reaproveitamento do edifício mediante obras

de reabilitação e que os elementos e materiais também possuem capacidade de reuso. As ferramentas propostas, por serem simples e acessíveis, podem ser utilizadas para edifícios mais novos e construídos com diferentes técnicas construtivas, mas podem ser particularizadas para cada diferente necessidade de avaliação. O resultado da primeira fase, entretanto, depende do acesso às informações técnicas e históricas, e para edifícios com registos escassos, inexistentes ou inacessíveis será preciso um maior esforço por parte dos técnicos em realizar pesquisas históricas e elaborar as plantas necessárias. A decisão sobre qual o cenário escolhido para melhor aproveitamento do elemento edificado, em última análise recai sobre os donos do edifício, que, mesmo de posse de uma análise aprofundada das vantagens e desvantagens da desconstrução, podem escolher pela demolição tradicional já que não existe uma regulação que os impeça de o fazer.

A segunda fase, “avaliação da capacidade de recuperação de elementos e materiais” foi também aplicada a todos os casos de estudo de forma global. As quantidades levantadas são estimativas, mas podem ter maior precisão se o preenchimento das informações for feito no local durante a visita técnica. O que significa na prática que esta pode ser uma fase demorada o quanto mais detalhadas forem as informações necessárias, e que pode ser necessário um extenso trabalho de campo para a avaliação completa, incluindo testes *in loco*. Os estados de conservação e a taxa de recuperação poderão variar de acordo com a execução da desconstrução: quanto mais cuidadosa, maior a preservação dos valores intrínsecos e maior a quantidade de componentes recuperados. É importante destacar que as duas primeiras fases da metodologia proposta dizem respeito ao planeamento da desconstrução, enquanto as duas segundas fases dizem respeito à execução da desconstrução.

A terceira fase, “rastreamento de elementos e materiais recuperados” baseia-se no passaporte material e na necessidade de reunir e manter acessíveis as informações pertinentes a cada elemento e material recuperado. O passaporte material permite ainda que sejam adicionadas informações posteriores, caso seja necessário. Foi sugerido para efeitos académicos, uma relação de informações simples, mas tais informações podem ser mais ou menos profundas consoante o componente recuperado e as necessidades de usos posteriores. Dentre as informações podem constar recertificações de materiais ou outros dados relativos aos aspetos históricos e artísticos. A forma de coleção das informações pode ser aprimorada com base nas bases de dados arqueológicas, por exemplo e a organização pode ser centralizada em bases de dados interativas e inteligentes, com geração de fichas únicas individuais para cada tipo de material. A sugestão do uso de QR Codes para disponibilizar a informação diminui a quantidade de registos em papel, que podem ser extraviados ou totalmente perdidos. Os QR Codes podem ser afixados ou diretamente impressos em fardos de materiais, onde seriam facilmente acessados pelas partes interessadas, podem ser impressos em catálogos virtuais e físicos e podem ser disponibilizados em mercados de trocas de materiais.

A quarta fase, “reintrodução dos materiais recuperados no ciclo produtivo” trouxe a sugestão de um Banco de Reúso de Materiais de Construção na forma de uma plataforma “*marketplace*”, onde as empresas geradoras e detentoras de elementos e materiais de construção para reúso poderiam oferecer os componentes recuperados com seus passaportes materiais associados. Alguns constrangimentos à desconstrução levantados durante o trabalho foram a variabilidade dos materiais recuperados e o pequeno volume em que são recuperados, de forma pulverizada, em pequenas e pontuais obras de desconstrução. O Banco de Reúso de Materiais de Construção a nível nacional ajudaria a resolver este constrangimento, pois os interessados em adquirir tais materiais poderiam não só escolher os materiais necessários, mas também comparar características e encontrar materiais semelhantes e compatíveis oferecidos por diferentes indivíduos. A forma de disponibilização dos materiais é uma sugestão e seria necessária uma equipa de desenvolvimento de sites e de gestão de base de dados para tornar esta sugestão funcional e abrangente, assim como um esforço de comunicação e estímulo por parte dos Governos Centrais para tornar esta ferramenta amplamente utilizada.

Em síntese, a metodologia proposta pode ser aplicada a diferentes tipos de edifícios, de diferentes idades e diferentes técnicas construtivas da forma como se apresenta, pois não foram encontrados constrangimentos à sua aplicação, somente necessidades de adaptação. É uma forma facilmente executável de criar um fluxo desde a fase de planeamento até a reintrodução dos componentes recuperados novamente no ciclo produtivo.

Tal metodologia pode ser aprimorada e expandida por estudos futuros que aprofundem os aspetos particulares e criem mais cenários específicos de aplicação, novas atividades dentro das fases e novas formas de armazenagem e disponibilização de dados e resultados.

6.1.2. Análise SWOT

A análise SWOT é uma ferramenta estratégica que permite a identificação das forças, fraquezas, oportunidades e ameaças de uma estratégia, seja esta aplicada a decisões de negócios ou metodologias (MindTools, 2021; Sabbaghi e Vaidyanathan, 2004). SWOT significa:

- S: *Strength* ou forças;
- W: *Weakness* ou fraquezas;
- O: *Opportunities* ou oportunidades;
- T: *Threats* ou ameaças.

As forças e fraquezas estão relacionadas aos aspetos internos intrínsecos à metodologia e oportunidades e ameaças a aspetos externos (Sabbaghi e Vaidyanathan, 2004).

A Tabela 6.1 relaciona algumas perguntas que devem ser respondidas para cada um dos 4 quadrantes da análise SWOT (Sabbaghi e Vaidyanathan, 2004).

Tabela 6.1 - Perguntas da análise SWOT. Fonte: Sabbaghi e Vaidyanathan (2004).

S Forças	<ul style="list-style-type: none"> • Quais são as principais vantagens? • Quais são as principais qualidades? • Quais são as vantagens competitivas? • Quais são os recursos? • Quais características internas ajudam nos objetivos?
W Fraquezas	<ul style="list-style-type: none"> • O que pode ser melhorado? • O que está mal feito? • Como melhorar o “mal feito”? • Há características internas que impeçam atingir os objetivos?
O Oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • Quais são as melhores atividades? • Quais são as tendências de mercado? • O que será visto no mercado em anos futuros? • Quais as tendências externas que favorecem a obtenção dos objetivos?
T Ameaças	<ul style="list-style-type: none"> • O que está a ser feito pelos competidores? • Quais mudanças futuras podem afetar atingir os objetivos? • As tendências de mudanças ameaçam bloquear os objetivos? • Há suporte externo? • Há recursos externos? • Estão a ser usadas as ferramentas corretas? • Há circunstâncias externas que ameaçam bloquear os objetivos?

A Tabela 6.2 apresenta a análise SWOT da Metodologia de Avaliação de Capacidade de Desconstrução e Recuperação Material para Edifícios Antigos proposta.

Tabela 6.2 - Análise SWOT da metodologia proposta neste trabalho.

	Positivos	Negativos
Internos	S - Forças <ul style="list-style-type: none"> • Larga abrangência do ciclo de vida – do “Túmulo ao Berço”. • Aplicável especialmente aos edifícios antigos Portugueses. • Fluxo simples e fácil de perceber. • Ferramentas de aplicação existentes. • Em conformidade com estudos e tendências de sustentabilidade. • Em conformidade com tendências regulatórias europeias. • Estimula o <i>upcycling</i> ao contrário do <i>downcycling</i>. • Estimula a preservação de valores intrínsecos. • Facilita a identificação e separação de materiais tóxicos ou perigosos. • Contribui para a disponibilização de componentes recuperados e adoção da economia circular na construção civil. • Estimula a criação de novos empregos para trabalhadores de baixa instrução e o treino destes mesmos trabalhadores. 	W - Fraquezas <ul style="list-style-type: none"> • Ferramentas devem ser desenvolvidas para melhor atendimento da metodologia. • As decisões dependem dos especialistas que aplicam a metodologia, das condições dos edifícios e do mercado de reuso de elementos e materiais recuperados.

	Positivos	Negativos
Externos	O - Oportunidades	T - Ameaças
	<ul style="list-style-type: none"> • Estímulo à adoção da economia circular na indústria da Construção civil. • Atendimento às futuras legislações Portuguesas e Europeias a respeito da economia circular. • Conformidade com legislações e práticas de redução da condução de RCD para aterros e outros destinos. • Pode ser usada como ferramenta por empresas de demolição que pretendam passar a executar desconstruções. • Atendimento da procura por materiais recuperados com valor. 	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de legislação que estimule a economia circular na construção civil. • Falta de regulamentações rígidas para condução para aterro de RCD. • Falta de um mercado de reuso de elementos e materiais recuperados. • Falta de disposição da indústria da construção civil de mudar o modelo de consumo para a economia circular. • Falta de técnicas de caracterização de materiais recuperados.

6.2. Respostas às Perguntas de Pesquisa

No início deste trabalho foram apresentadas algumas perguntas de pesquisa. Os diferentes assuntos estudados durante o curso deste trabalho tiveram por objetivo ajudar a responder tais perguntas.

- Como a desconstrução deve ser aplicada aos edifícios antigos Portugueses?

Os edifícios antigos portugueses, particularmente aqueles construídos antes do advento do betão armado como técnica construtiva predominante (antes de 1946, para efeitos deste trabalho), mesmo os não classificados, possuem valores intrínsecos não só nos seus elementos e materiais construtivos, mas na identidade histórica e social criada com a sua construção. A presença de edifícios que estão no mesmo sítio por mais de 75 anos, muitas vezes por séculos, torna estes edifícios parte da identidade da comunidade onde se encontram inseridos. Portanto a desconstrução deve ser aplicada especialmente a estes edifícios de forma respeitosa e cuidadosa, com o objetivo primário de conservação do edifício por meio da identificação de estratégias de reparação e conservação com reuso dos materiais extraídos, entretanto valiosos energeticamente, economicamente e historicamente. A desconstrução deve passar por uma parte fundamental de planeamento que deve procurar avaliar a capacidade de recuperação dos edifícios, e na sua impossibilidade, avaliar a capacidade de recuperação de sistemas e elementos, e quando nem isto for possível, avaliar a capacidade de recuperação de materiais constituintes. Para preservar o máximo valor intrínseco de elementos e materiais é importante reunir toda informação relativa aos componentes recuperados e disponibilizar o acesso a essas informações às possíveis partes interessadas em reutilizar tais componentes. O acesso geral e irrestrito tanto às informações, quanto à aquisição de componentes recuperados por desconstrução deve ser integrado e nacional.

- Quais as vantagens da aplicação da desconstrução aos edifícios antigos Portugueses?

A aplicação da desconstrução para edifícios portugueses criaria uma mudança de paradigma que obrigaria que todo edifício antigo passasse por uma profunda avaliação da

capacidade de atendimento às necessidades atuais mediante reparação e conservação, o que prolongaria a vida útil de edifícios devolutos e os tornaria novamente úteis, em vez do caminho mais fácil da demolição tradicional. Em casos onde o reparo e conservação se mostrassem tecnicamente inviáveis, os elementos e materiais seriam recuperados e voltariam ao ciclo produtivo com seus valores intrínsecos, particularmente os valores históricos e sociais, preservados. Isto criaria um estímulo para a adoção definitiva da economia circular na construção civil, com revalorização dos componentes recuperados e recuperação de energia incorporada. A reintrodução dos componentes recuperados no ciclo produtivo reduz o impacto ambiental da extração, fabrico e transporte de materiais ao estaleiro de obra e também diminui a pressão sobre os aterros, que deixariam de receber os volumes atuais de resíduos de construção e demolição. Os impactos negativos gerais no meio ambiente seriam diminuídos pois com menor necessidade de extração e fabrico de novos materiais haveria menos emissão de gases do efeito estufa, menor contaminação de lençol freático, menor poluição sonora, menor desflorestamento. Seria fortalecida toda a cadeia da desconstrução com a criação de empregos desde especialistas em planeamento, à novas empresas especializadas em desconstrução, à empregos para mão-de-obra pouco especializada, o que ajudaria na distribuição de renda e justiça social.

Para isto será necessário ultrapassar os constrangimentos à adoção da desconstrução como regra para edifícios antigos. O principal ator para tornar a desconstrução viável para adoção generalizada nacionalmente é, sem dúvida o Governo Central, que por meio de leis, códigos e permissões deve criar um ambiente de estímulo a esta alternativa por meio de incentivos financeiros e fiscais, tanto para os proprietários de desconstruções, quanto para proprietários de novas construções que optarem pela incorporação de elementos e materiais recuperados em novos fogos. Pertence também aos governos o papel de criar uma cadeia de responsabilidade para todos os envolvidos em desconstrução e demolição de edifícios, fiscalizar e, em último caso, punir aqueles que não agem responsabilmente. Os governos devem também aumentar as taxas para condução para aterro de RCD, principalmente daqueles resíduos que possuem valores intrínsecos, capacidade de reuso e reciclagem. É também papel das estruturas governamentais a definição de indicadores claros dos ganhos ambientais com a adoção da desconstrução e o estímulo por meio da adoção da desconstrução nas obras do próprio Governo. Os edifícios existentes, mesmo aqueles aparentemente pouco adequados à desconstrução, ainda assim devem ser avaliados pois nem toda desconstrução precisa ser estrutural e sempre haverá valores incorporados nos componentes construtivos. O argumento do maior tempo de obra e consequentes maiores custos de mão-de-obra para a realização da desconstrução pode ser combatido com um mercado de troca de materiais bem estabelecido, que, com a venda dos componentes recuperados, ajudará a recuperar os valores investidos na desconstrução. Associado a isto, para combater a alta variabilidade de materiais possíveis em diferentes obras de desconstrução é preciso ser criado um Banco de Reuso de Materiais de Construção

eletrónico que centralize as informações e permita a consulta e troca dos materiais entre as partes envolvidas sem a necessidade de centralizar a localização de tais materiais, associado a técnicas de caracterização e certificação dos componentes recuperados. As obras de desconstrução, por serem mais organizadas, são possíveis mesmo em espaços pequenos, desde que seja feito o planeamento adequado das estações e sequência de trabalhos, e também por serem mais organizadas e bem planeadas, auxiliam na identificação e manejo adequado de eventuais materiais perigosos ou tóxicos encontrados. Todas as ações, sejam por parte dos governos, sejam das partes envolvidas, devem trabalhar para modificar o status quo atual e criar uma onda de mudança na direção de uma construção civil mais sustentável e em conformidade com a economia circular.

- É possível o desenvolvimento de um modelo de negócio economicamente viável e socialmente justo que permita a gestão sustentável dos materiais e componentes resultantes de desmontagem dos edifícios antigos?

Como foi demonstrado neste estudo, a desconstrução de edifícios antigos portugueses está alinhada aos três pilares da sustentabilidade, pois é ambientalmente amigável ao diminuir os impactos negativos de todo o ciclo produtivo desde a extração ao descarte; economicamente viável, pois fortalece toda a cadeia produtiva e executiva, desde os planeadores, executores, trabalhadores e revendedores; e socialmente justa, pois oferece oportunidades de distribuição de renda até mesmo para pessoas com baixa formação.

Por meio da criação por parte do Governo Central de um ambiente favorável à desconstrução, do surgimento de empresas especializadas não só em planejar as desconstruções, como em executar adequadamente as desconstruções, treinar a mão-de-obra pouco qualificada, processar adequadamente os componentes recuperados, e do estabelecimento de um mercado de troca de materiais recuperados por meio de um Banco de Reúso de Materiais de Construção é possível desenvolver um modelo de negócio do túmulo ao berço que permita a gestão sustentável dos elementos e materiais recuperados por desconstrução.

6.3. Outros Resultados Esperados

Alguns dos resultados esperados com a aplicação da metodologia proposta e a reinserção dos componentes recuperados ao ciclo produtivo são: a preservação de valores culturais de história e arquitetura; a preservação de valores emocionais ligados à preservação da identidade cultural; a preservação dos valores intrínsecos económicos e estímulo à sustentabilidade na construção civil.

É também esperado que a aplicação da metodologia proposta aumente a adaptabilidade de edifícios a diferentes usos e que facilite a manutenção, que gere redução no volume e quantidade de resíduos de materiais de construção conduzidos para aterro e que estimule a criação e fortalecimento de um

mercado de troca de elementos e materiais de construção com saídas para reabilitação, fabrico de móveis, decoração, arquitetura, e outros usos.

CAPÍTULO 7 – CONCLUSÕES

CONCLUSÕES

7.1. Considerações Finais

7.2. Trabalhos Futuros

7. CONCLUSÕES

7.1. Considerações Finais

O presente trabalho foi desenvolvido com objetivo primário de contribuir para a gestão sustentável de construções, elementos e materiais resultantes da desconstrução de edifícios antigos por meio da proposta de uma metodologia técnica para avaliar a desmontabilidade de edifícios e seus componentes e também a capacidade de extração de valor dos componentes recuperáveis. Os objetivos secundários foram formulados no sentido de estimular:

- 1) Usos mais nobres de componentes conforme a hierarquia material;
- 2) O fortalecimento da economia circular por meio dos mercados de troca de materiais recuperados;
- 3) A redução na perda de valores intrínsecos dos componentes recuperados;
- 4) A redução na emissão de gás carbónico pela extração de matérias-primas;
- 5) A redução no volume de materiais conduzidos para aterro.

Para atingir os objetivos do trabalho foi realizada extensa pesquisa bibliográfica, apresentada nos capítulos 2 e 3, com o propósito de fundamentar a elaboração de uma metodologia, apresentada no capítulo 4 e aplicada nos capítulos 4 e 5, que permitisse avaliar a capacidade de desconstrução de edifícios antigos, a capacidade de recuperação de seus elementos e materiais, estratégias de rastreamento dos componentes recuperados e de reintrodução desses componentes no ciclo produtivo, e, portanto, contribuir para a gestão sustentável de elementos e materiais resultantes da desconstrução de edifícios antigos. A metodologia proposta foi aplicada de forma expedita em 3 casos de estudo apresentados no capítulo 4: a Casa das Bocas, em Viseu; a Casa Carlos Reis, na Lousã; e o Mercado de Angra do Heroísmo, na Ilha Terceira nos Açores.

O Sanatório Infantil Dr. Manuel Tápia foi escolhido para uma aplicação mais detalhada da metodologia apresentada no capítulo 5. A aplicação da metodologia, tanto de forma expedita, quanto de forma aprofundada, permitiu concluir que a metodologia proposta cumpre o objetivo principal deste trabalho.

Em relação aos objetivos secundários, a metodologia prevê usos mais nobres, conforme a hierarquia material, por meio de tratamentos e certificações de componentes recuperados, para que estes mantenham ou aumentem seus valores intrínsecos; sugere-se uma estratégia para rastreio dinâmico das informações dos componentes recuperados através de passaportes materiais e sugere-se um

modelo abrangente e acessível de mercado de troca de materiais. Em resumo, este trabalho contribuiu para a reintrodução de materiais recuperados de edifícios antigos através de desconstrução no ciclo produtivo da construção civil, portanto estimula a economia circular, os usos mais nobres de componentes com consequente redução nas perdas de valores intrínsecos, na emissão de gases do efeito estufa e do volume de materiais conduzidos para aterro.

No capítulo 6 foram verificadas e sintetizadas as perguntas de pesquisa formuladas no capítulo 1. Para avaliação da metodologia proposta e seus resultados foi elaborada uma análise SWOT também apresentada no capítulo 6.

As maiores dificuldades encontradas para o desenvolvimento deste trabalho foram relativas à documentação histórica e técnica dos edifícios eleitos como casos de estudo. Estas dificuldades já eram esperadas, visto que os objetos de estudo são edifícios antigos e a documentação e registo são em geral mais reduzidos e podem ter sido extraviados com o passar dos anos.

O desenvolvimento deste trabalho mostrou que a desconstrução deve ser aplicada especialmente a edifícios antigos de forma respeitosa e cuidadosa, com o objetivo primário de conservação dos edifícios por meio da identificação de estratégias de reparação e conservação com reuso dos componentes recuperados, valiosos energeticamente, economicamente e historicamente. O trabalho mostrou também que uma das maiores vantagens na aplicação da desconstrução para edifícios antigos portugueses seria a criação de uma mudança de paradigma que obrigaria que todo edifício antigo passasse por uma profunda avaliação da capacidade de atendimento às necessidades atuais mediante reparo e conservação, o que prolongaria a vida útil de edifícios devolutos e os tornaria novamente úteis, ao invés do caminho mais fácil da demolição tradicional. Por fim, o desenvolvimento deste trabalho mostrou que, por meio da criação de um ambiente favorável à desconstrução, do surgimento de empresas especializadas não só em planejar as desconstruções, como em as executar adequadamente, treinar a mão-de-obra pouco qualificada, processar adequadamente os componentes recuperados, e do estabelecimento de um mercado de troca de materiais recuperados por meio de um Banco de Reuso de Materiais de Construção, é possível desenvolver um modelo de negócio do túmulo ao berço que permita a gestão sustentável dos componentes recuperados por desconstrução.

Segundo a análise SWOT apresentada no capítulo 6, a metodologia proposta neste trabalho possui as vantagens de estar em conformidade com estudos e tendências na sustentabilidade na construção civil e com as tendências regulatórias europeias, e de estimular a conservação dos edifícios e a preservação de valores intrínsecos dos componentes recuperados com o uso de um fluxo simples e aplicável a diferentes tipos de edifícios, mas, especialmente, aos edifícios antigos. As fragilidades desta metodologia estão relacionadas com a necessidade da criação de legislação específica para tornar a avaliação prévia da capacidade de desconstrução obrigatória para edifícios antigos, e com a sensibilização do público e de especialistas sobre a importância da manutenção dos valores

intrínsecos de edifícios antigos em detrimento das escolhas por demolição tradicional e condução de resíduos para aterro.

Em resumo, com o conhecimento prévio de que pode haver dificuldades para rastreio e acesso a documentação histórica e técnica de edifícios antigos e ajuste dessas prováveis dificuldades ao plano de ação, o uso da metodologia proposta tem o potencial de contribuir para a gestão sustentável e preservação dos valores intrínsecos de construções, elementos e materiais por meio da desconstrução, e com isso contribuir para o desenvolvimento sustentável na construção civil.

7.2. Trabalhos Futuros

Durante o desenvolvimento desse trabalho algumas questões não abordadas profundamente foram levantadas, o que contribui para sugestões de trabalhos futuros e de ações a serem tomadas para a implementação da desconstrução como técnica predominante para o fim de vida de não só edifícios antigos, como de qualquer outro tipo de edifício em Portugal. Algumas sugestões são direcionadas aos investigadores, outras às autoridades legislativas e por fim, às empresas de desconstrução.

A primeira sugestão é a respeito da extrapolação da metodologia proposta para edifícios com diferentes características construtivas e materiais. Desenvolver e testar um método que seja comprovadamente aplicável para toda e qualquer construção pode ajudar a dissolver os constrangimentos e difundir a desconstrução de forma mais ampla.

Outra sugestão é a certificação de empresas de desconstrução, para que as mesmas sejam licenciadas e autorizadas a executar os serviços conforme as normas futuramente estabelecidas para a desconstrução. Isto pode estimular a escolha preferencial por empresas certificadas e fomentar que muitas empresas de demolição passem a ser empresas de desconstrução. A certificação deve vir acompanhada de fiscalização e de indicadores de desempenho. Podem ser desenvolvidos estudos que estructurem os critérios e o processo de certificação.

Mais uma sugestão é a criação de cursos para treino de mão-de-obra pouco qualificada. A elaboração dos cursos pode ser resultado de estudos multidisciplinares entre investigadores da construção civil e das ciências sociais. Tais cursos podem ser apoiados por iniciativas governamentais e pelas próprias empresas de desconstrução.

A sugestão seguinte diz respeito à reavaliação dos procedimentos para licenciamento de obras de desconstrução com a intenção de separar tal metodologia de fim de vida da demolição tradicional e tornar mais atrativa a escolha pela desconstrução. Esta sugestão está relacionada com os legisladores técnicos, que podem propor alternativas viáveis e legais para estímulo da desconstrução como alternativa preferencial para o fim de vida dos edifícios. Associado a esta sugestão está a imposição da avaliação pré-desconstrução para verificar a viabilidade da desconstrução para cada caso específico e realizar um inventário de materiais recuperáveis.

Para identificar mais claramente as obras que fazem a escolha pela desconstrução, é sugerido que seja criada uma sinalização específica. As obras de desconstrução também devem passar por inspeções periódicas para verificar se os critérios estabelecidos estão a ser seguidos, se a taxa de recuperação está a ser alcançada e se as empresas já certificadas estão comprometidas com a qualidade dos serviços. No fim das obras de desconstrução sugere-se que seja desenvolvida e aplicada uma verificação de resultados face ao planeamento.

Para o alcance dos melhores resultados, é sugerido que sejam criados grupos de discussão multidisciplinares com todas as partes interessadas para propor as melhores abordagens, instrumentos e métodos para a adoção globalizada da desconstrução.

Por parte dos Governos Centrais e Regionais, sugere-se que sejam estudados incentivos fiscais e fomento tanto para pesquisas na área da desconstrução, como para que empresas passem a executar tais serviços e que proprietários escolham tais serviços para o fim de vida de seus edifícios. Os Governos também são responsáveis pela elaboração de leis e normas que estimulem e facilitem a adoção da desconstrução e dificultem a demolição tradicional injustificada e a condução para aterros. Os Governos também podem ajudar na adoção da desconstrução ao adotarem este método preferencialmente nas obras públicas.

Outros trabalhos que podem ser desenvolvidos são:

- Aplicação da metodologia proposta a diferentes casos de estudo e comparação dos resultados alcançados.
- Aplicação da metodologia proposta de forma completa a edifícios que passem por todo o ciclo, desde a viabilidade e planeamento, à execução da obra, à verificação final dos resultados projetados contra os resultados alcançados de recuperação de elementos e materiais.
- Desenvolvimento de um catálogo integrado e abrangente de classificação de elementos e materiais recuperados.
- Desenvolvimento de um modelo dinâmico de passaporte material com capacidade de integrar informações não estáticas.
- Desenvolvimento de certificação de diferentes materiais recuperáveis, com indicadores e testes de resistência e desempenho.
- Desenvolvimento de base de dados abrangente e acessível para o passaporte material com uso de tecnologias como o Access e MySQL, para citar alguns exemplos.
- Desenvolvimento de um “*marketplace*” funcional para troca de materiais entre os produtores e os consumidores.

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- AGÊNCIA PORTUGUESA DO AMBIENTE (2020) *Relatório Anual – Resíduos Urbanos 2019 – Julho de 2020*. Disponível em [https://apambiente.pt/sites/default/files/_Residuos/Producao_Gest%C3%A3o_Residuos/Dados%20RU/RARU%202019.pdf], último acesso em 08 de janeiro de 2021.
- AKBARNEZHAD, A.; ONG, K.C.G.; CHANDRA, L.R. (2014) *Economic and environmental assessment of deconstruction strategies using building information modeling*. *Automation in Construction* 37, 131–144
- AKINADE, OLUGBENGA O. et al. (2015) *Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS)*. *Resources, Conservation and Recycling* 105 (2015) 167–176.
- AKINADE, OLUGBENGA O. et al. (2018) *Designing out construction waste using BIM technology: Stakeholders' expectations for industry deployment*. *Journal of Cleaner Production*, v. 180.
- AKINADE, OLUGBENGA O. et al. (2019) *Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy*. *Journal of Cleaner Production*, v. 223.
- ALMUSAED, AMJAD et al. (2021) *Coherent Investigation on a Smart Kinetic Wooden Façade Based on Material Passport Concepts and Environmental Profile Inquiry*. *Materials* 2021, 14, 3771.
- ARORA, RACHNA; PATEROK, KATHARINA; BANERJEE, ABHIJIT; E SALUJA, MANJEET S. (2017) *Potential and relevance of urban mining in the context of sustainable cities*. *IIMB Management Review*, v. 29.
- ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA. (2000) *Lei n.º 13/2000, de 20 de julho*. *Diário da República*, 1.^a série-A — N.º 166 — 20 de julho de 2000.
- ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA. (2001) *Lei n.º 107/2001*. *Diário da República* n.º 209/2001, Série I-A de 2001-09-08.
- ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA. (2012) *Lei n.º 32/2012, de 14 de agosto*. *Diário da República*, 1.^a série — N.º 157 — 14 de agosto de 2012.
- ASSEMBLEIA DA REPÚBLICA. (2017) *Lei n.º 79/2017, de 18 de agosto*. *Diário da República*, 1.^a série — N.º 159 — 18 de agosto de 2017.

- ATANASIU, B. E KOULOUMPI, ILEKTRA (2013). *Boosting building renovation. An overview of good practices, renovation requirements, long-term plans and support programmes in the EU and other selected regions*. Buildings Performance Institute Europe – BPIE.
- BAMB – BUILDINGS AS MATERIAL BANKS. (2021) *Materials Passports*. Disponível em [<https://www.bamb2020.eu/topics/materials-passports/>], último acesso em 08 de outubro de 2021.
- BARKKUME, ALLEN (2008) *Deconstruction and Design for Disassembly*. New Jersey Institute of Technology, New Jersey School of Architecture.
- BARTL, ANDREAS. (2015) *Withdrawal of the circular economy package: A wasted opportunity or a new challenge?* Waste Management, v. 44.
- BEGUM, RAWSHAN ARA; SIWAR, CHAMHURI; PEREIRA, JOY JACQUELINE; JAAFAR, ABDUL HAMID. (2006) *A benefit–cost analysis on the economic feasibility of construction waste minimisation: The case of Malaysia*. Resources, Conservation and Recycling, Volume 48, Edição 1, julho de 2006, páginas 86-98.
- BETTENCOURT, FILIPA. (2021) *Projeto de Execução de Arquitetura e Arranjos Exteriores - Após Revisão*. Câmara Municipal de Angra do Heroísmo, Filipa Bettencourt Arquitectos, Lda.
- BMRA – BUILDINGS MATERIAL REUSE ASSOCIATION. (2015) *Reuse Tips for Builders & Remodelers*. Iowa Community College.
- BMRA – BUILDINGS MATERIAL REUSE ASSOCIATION. (2017) *An Introduction to Deconstruction*. Iowa Community College.
- BRE – BUILDING RESEARCH ESTABLISHMENT. (2021) *SmartWaste*. Disponível em [<https://www.bresmartsite.com/products/smartwaste/>], último acesso em 10 de novembro de 2021.
- BRIBIÁN, IGNACIO Z.; USÓN, ALFONSO A., SABINA SCARPELLINI. (2009) *Life cycle assessment in buildings: State-of-the-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification*. Building and Environment, v. 44.
- CALDERA, SAVINDI; RYLEY, TIM; ZATYKO, NIKITA. (2019) *Developing a marketplace for construction and demolition waste: A systematic quantitative literature review*. AP SDEWES Conference.
- CALIFORNIA ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. (2001) *Deconstruction Training Manual: Waste Management Reuse and Recycling at Mather Field*. California Environmental Protection Agency’s Integrated Waste Management Board, Publication #433-01-027.
- CHENG, JACK C.P.; e MA, LAUREN Y.H. (2013) *A BIM-based system for demolition and renovation waste estimation and planning*. Waste Management, v. 33.
- CHINI, ABDOL R. e BALACHANDRAN, SHAILESH (2002) *Anticipating and Responding to Deconstruction Through Building Design*. University of Florida, Gainesville, Florida, USA CIB Publication 272 - Design for Deconstruction and Materials Reuse.

- CHINI, ABDOL R. e BRUENING, STUART F. (2003) *Deconstruction and Materials Reuse in the United States*. International e-Journal of Construction. The Future of Sustainable Construction, Special Issue article.
- COELHO, ANDRÉ e BRITO, JORGE DE. (2011a) *Distribution of materials in construction and demolition waste in Portugal*. Waste Management & Research. Sage Publications.
- COELHO, ANDRÉ e BRITO, JORGE DE. (2011b) *Economic analysis of conventional versus selective demolition—A case study*. Resources, Conservation and Recycling, v. 55.
- COELHO, ANDRÉ e BRITO, JORGE DE. (2011c) *Generation of Construction and Demolition Waste (CDW) in Portugal*. Disponível em [https://www.researchgate.net/profile/Jorge-Brito-13/publication/51253424_Generation_of_construction_and_demolition_waste_in_Portugal/links/5585ad7b08aef58c039ee32d/Generation-of-construction-and-demolition-waste-in-Portugal.pdf], último acesso em 20 de agosto de 2021.
- COMISSÃO EUROPEIA. (2011) *Decisão da Comissão (2011/753/UE) de 18 de novembro de 2011, que estabelece regras e métodos de cálculo para verificar o cumprimento dos objectivos estabelecidos no artigo 11.o, n.o 2, da Directiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho*, novembro de 2011.
- COMISSÃO EUROPEIA – CE. (2014) *Decisão Da Comissão de 18 de dezembro de 2014 que altera a Decisão 2000/532/CE relativa à lista de resíduos em conformidade com a Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho - (2014/955/UE)*. Disponível em [<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0955&from=EN>] e acessado em 24 de outubro de 2021.
- COMISSÃO EUROPEIA. (2016) *Protocolo de Gestão de Resíduos de Construção e Demolição da UE*, setembro de 2016. Ecorys.
- COMISSÃO EUROPEIA. (2019) *Decisão de Execução (UE) 2019/1004 da Comissão, de 7 de junho de 2019, que estabelece regras para o cálculo, a verificação e a comunicação de dados sobre resíduos em conformidade com a Diretiva 2008/98/CE do Parlamento Europeu e do Conselho e que revoga a Decisão de Execução C (2012) 2384 da Comissão*, junho de 2019.
- COMISSÃO EUROPEIA. (2021) *Implementation of the Waste Framework Directive. Waste and Recycling*. Disponível em [https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/implementation-waste-framework-directive_en#ecl-inpage-640], último acesso em 31 de agosto de 2021.
- CONFORT, RENATO S. (2019) *Os Valores do Edifício Sanatorial do Caramulo*. Tese no âmbito do Mestrado em Reabilitação de Edifícios orientada pelo Professor Doutor António Alberto de Faria Bettencourt e apresentada ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra.
- COSSU, RAFFAELLO; WILLIAMS, IAN D. (2015) *Urban mining: Concepts, terminology, challenges*. Waste Management, v. 45.

- COUTO, AMANDA B.; COUTO, JOÃO P.; TEIXEIRA, JOSÉ C. (2006) *Desconstrução – Uma Ferramenta para a Sustentabilidade da Construção*. Congresso NUTAU - Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo.
- COUTO, JOÃO; e COUTO, AMANDA. (2010) *Analysis of Barriers and the Potential for Exploration of Deconstruction Techniques in Portuguese Construction Sites*. Sustainability 2010, 2, 428-442.
- COUTO, JOÃO P.; e MENDONÇA, PAULO. (2011) *Deconstruction Roles in the Construction and Demolition Waste Management in Portugal - From Design to Site Management*. University of Minho/Territory, Environment and Construction Centre. Portugal.
- CREBA, ALISON; COUTO, JOÃO P.; TEIXEIRA, JOSÉ C. (2019) *Demolition and deconstruction legacies: Toronto's Honest Ed's and Mirvish Village*. Disponível em [www.emeraldinsight.com/2044-1266.htm], último acesso em 20 de agosto de 2021.
- CROWTHER, PHILIP. (1999a) *Design for Disassembly to Recover Embodied Energy*. The 16th International Conference on Passive and Low Energy Architecture. Melbourne-Brisbane-Cairns, Australia, September 1999.
- CROWTHER, PHILIP. (1999b) *Historic Trends in Building Disassembly*. ACSA/CIB 1999 International Science and Technology Conference. Technology in Transition: Mastering the Impacts. Montreal, June 1999.
- CROWTHER, PHILIP. (2000) *Building Deconstruction in Australia. Overview of Deconstruction in Selected Countries*. CIB Report Número 252.
- CROWTHER, PHILIP. (2005) *Design for Disassembly – Themes and Principles*. RAIABDP Environment Design Guide.
- CROWTHER, PHILIP. (2009) *Design for Disassembly*. Technology, Design and Process Innovation in the Built Environment, v. 10.
- CROWTHER, PHILIP. (2015) *Re-Valuing Construction Materials and Components through Design for Disassembly*. Unmaking Waste 2015 Conference Proceedings.
- DELTA INSTITUTE. (2015) *Toolkit for Using StoryWood – Urban, Reclaimed, and Locally Harvested Wood for Design*. Disponível em [https://delta-institute.org/project/storywood/], último acesso em 20 de agosto de 2021.
- DIREÇÃO-GERAL DO PATRIMÓNIO CULTURAL – DGPC. (2018) *Classificação de Bens Imóveis e fixação de ZEP*. Disponível em [http://www.patrimoniocultural.gov.pt/pt/patrimonio/patrimonio-imovel/classificacao-de-bens-imoveis-e-fixacao-de-zep/], último acesso em 14 de agosto de 2018.
- DIREÇÃO-GERAL DO PATRIMÓNIO CULTURAL – DGPC. (2021) *Património Arquitetónico*. Disponível em [http://www.patrimoniocultural.gov.pt/pt/patrimonio/patrimonio-imovel/patrimonio-arquitetonico/], último acesso em 25 de fevereiro de 2021.
- DOLAN, PATRICK J.; LAMPO, RICHARD G.; E DEARBORN, JACQUELINE C. (1999) *Concepts for reuse and recycling of construction and demolition waste*. CERL Technical Report 99/58 – U.S. Army Corps Engineers.

- DURMISEVIC, ELMA; BROUWER, JAN (2002) *Design Aspects of Decomposable Building Structures*. Delft University of Technology, Faculty of Architecture, Department of Building Technology, The Netherlands. CIB Publication 272 - Design for Deconstruction and Materials Reuse.
- EARL, J. e SAINT, A. (2003). *Building Conservation Philosophy*. Editora Routledge.
- ECOCASA PORTUGUESA. (2018) *(Re)construir integrando elementos de madeira originais*. Disponível em [<http://ecocasaportuguesa.blogspot.com/2018/01/reconstruir-integrando-elementos-de.html>], último acesso em 01 de março de 2021.
- ELIAS-ÖZKAN, SOOFIA T. (2002) *An Overview of Demolition, Recovery, Reuse and Recycling Practices In Turkey*. Middle East Technical University, Ankara, Turkey. CIB Publication 272 - Design for Deconstruction and Materials Reuse.
- ELKINGTON, JOHN B. (1998) *Cannibals with Forks: Triple Bottom Line of 21st Century Business*. Universidade de Michigan, New Society Publishers.
- ENCORD - EUROPEAN NETWORK OF CONSTRUCTION COMPANIES FOR RESEARCH AND DEVELOPMENT. (2013) *A guide to measuring and reporting waste from construction activities*. Encord.
- EUROPEAN COMMISSION. (2020) *Renovation wave*. Disponível em https://ec.europa.eu/energy/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/renovation-wave_en] e acessado em 23 de fevereiro de 2021.
- EUROPEAN COMMISSION – ENVIRONMENT (CEMA). (2008) *Construction and demolition waste*. Disponível em [https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_pt] e acessado em 05 de dezembro de 2021.
- EUROPEAN COMMISSION – ENVIRONMENT (CEMA). (2021) *Waste Framework Directive*. Disponível em [https://ec.europa.eu/environment/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en] e acessado em 19 de agosto de 2021.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. (2011) *EN 15978:2011 - Sustainability of Construction Works - Assessment of Environmental Performance of Buildings - Calculation Method*. European Committee for Standardization.
- FATTA, D.; PAPADOPOULOS, A.; AVRAMIKOS, E.; SGOUROU, E.; MOUSTAKAS, K.; KOURMOUSSIS, F.; MENTZIS, A.; LOIZIDOU, M. *Generation and management of construction and demolition waste in Greece—an existing challenge*. Resources, Conservation and Recycling, volume 40, páginas 81 a 91.
- FERNANDES, ALEXANDRE, PINHO, JACQUELINE. (2019) *Casa Museu Carlos Reis - Uma proposta de intervenção*. Universidade de Coimbra, Mestrado em Reabilitação de Edifícios, Projeto de Reabilitação.
- FOURNIER, DONALD F.; e ZIMNICKI, KAREN (2004) *Integrating Sustainable Design Principles into the Adaptive Reuse of Historical Properties*. Construction Engineering Research Laboratory. US Army Corps of Engineers. Engineer Resource and Development Center.

- FUTAKI, MIKIO. (2000) *The State of Deconstruction in Japan*. Overview of Deconstruction in Selected Countries. CIB Report Número 252.
- GAYAKWAD, HARISH P.; e PATIL, J. R. (2012) *Study of Reducing and Managing Material Wastage in Civil Engineering Projects*.
- GOOGLE MAPS (2019) Praça dos Restauradores, Avenida da Liberdade, Lisboa. Disponível em [<https://www.google.pt/maps/@38.7152808,-9.1416501,3a,75y,215.8h,95.66t/data=!3m6!1e1!3m4!1s8V5r1BN8K2EOfatrCJG0sw!2e0!7i16384!8i8192?hl=pt-PT>], último acesso em 05 de agosto de 2022.
- GORGOLEWSKI, MARK. (2018) *Resource Salvation – the Architecture of Reuse*. Wiley Blackwell.
- GUTBERLET, JUTTA. (2015) *Cooperative urban mining in Brazil: Collective practices in selective household waste collection and recycling*. Waste Management, volume 45, Elsevier.
- GUY, BRADLEY. (2001) *Building Deconstruction Assessment Tool*. Center for Construction and Environment. University of Florida.
- GUY, BRADLEY. (2002) *Design for Deconstruction and Materials Reuse*. Center for Construction and Environment. University of Florida. CIB Publication 272 - Design for Deconstruction and Materials Reuse.
- GUY, BRADLEY; e CIARIMBOLI, NICHOLAS. (2008) *Design for Disassembly in the Built Environment: a Guide to Closed-Loop Design and Building*. Hamer Center for Community Design, The Pennsylvania State University. City of Seattle, King County, WA, and Resource Venture, Inc.
- HÄFLIGER, IAN-FREDERIC et al. (2017) *Buildings environmental impacts' sensitivity related to LCA modelling choices of construction materials*. Journal of Cleaner Production, v. 156.
- HENDRIKS, CHARLES F.; e TE DORSTHORST, BART J. (2001) *Re-use of constructions at different levels: construction, element or material*. CIB World Building Congress, April 2001, Wellington, New Zealand.
- HEINRICH, MATHIAS; e LANG, WERNER. (2019) *Materials Passport – Best Practice. Innovative Solutions for a Transition to a Circular Economy*. Technische Universität München, in association with BAMB.
- HURLEY, JAMES W. et al. (2002) *Design for Deconstruction - Tools and Practices*. CIB Publication 272 - Design for Deconstruction and Materials Reuse.
- ICOMOS – INTERNATIONAL COUNCIL ON MONUMENTS AND SITES. (2005) *Recommendations for the Analysis, Conservation and Structural Restoration of Architectural Heritage*. ISCARSAH – International Scientific Committee on the Analysis and Restoration of Structures of Architectural Heritage.
- INSTITUTO DOS MERCADOS PÚBLICOS DO IMOBILIÁRIO E DA CONSTRUÇÃO – IMPIC (2020) *O Sector da Construção em Portugal 2020 – 1º Semestre*. Disponível em [https://www.impic.pt/impic/assets/misc/relatorios_dados_estatisticos/RelConst_2020_S1.pdf], último acesso em 05 de outubro de 2021.

- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. (2011) *Censos - Resultados definitivos. Portugal - 2011*. Instituto Nacional de Estatística.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. (2020) *Estatísticas da Construção e Habitação – 2019*. Instituto Nacional de Estatística.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. (2021a) *Censos - Resultados definitivos. Portugal - 2021*. Instituto Nacional de Estatística.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTATÍSTICA. (2021b) *Estatísticas da Construção e Habitação – 2020*. Instituto Nacional de Estatística.
- INSTITUTO PEDRO NUNES - IPN. (2016) *Projeto 'Viseu Património'. - Memorando de Reabilitação*.
- INSTITUTO PORTUGUÊS DA QUALIDADE – IPQ (2009) *Norma Portuguesa NP EN 1990:2009 – Eurocódigo – Bases para o Projeto de Estruturas*.
- KALMYKOVA, YULIYA; SADAGOPAN, MADUMITA; e ROSADO, LEONARDO. (2018) *Circular economy – From review of theories and practices to development of implementation tools*. Resources, Conservation & Recycling, v. 135.
- KATZ, AMNON. (2000) *The Status of Deconstruction in Israel*. Overview of Deconstruction in Selected Countries. CIB Report Número 252.
- KILBERT, CHARLES J.; e LANGUELL, JENNIFER L. (2000) *Implementing Deconstruction in Florida: Materials Reuse Issues, Disassembly Techniques, Economics and Policy*. Florida Center for Solid and Hazardous Waste Management.
- KILBERT, CHARLES J. (2002a) *Deconstruction's Role in an Ecology of Construction*. University of Florida, Gainesville, Florida USA. CIB Publication 272 - Design for Deconstruction and Materials Reuse.
- KILBERT, CHARLES J. (2002b) *The Role of Policy in Creating a Sustainable Building Supply Chain*. University of Florida, Gainesville, Florida USA.
- KILBERT, CHARLES J. (2003) *Deconstruction: The start of a sustainable materials strategy for the built environment*. Industry and Environment, v. 26, Issue 2-3, Pages 84 - 88.
- KILBERT, CHARLES J.; e CHINI, ABDOL R. (2000) *Overview of Deconstruction in Selected Countries*. CIB - International Council for Research and Innovation in Building Construction. Report No. 252. Task Group 39: Deconstruction. University of Florida.
- KIBERT, C.; CHINI, A.; e LANGUELL, J. (2000) *Implementing Deconstruction in the United States*. Overview of Deconstruction in Selected Countries. CIB Report Número 252.
- KIRCHHERR, JULIAN; REIKE, DENISE; HEKKERT, MARKO. (2017) *Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions*. Resources, Conservation & Recycling, v. 127.
- KIRCHHERR, JULIAN et al. (2018) *Barriers to the Circular Economy: Evidence From the European Union (EU)*. Ecological Economics, v. 150.
- KOUTAMANISA, ALEXANDER; VAN REIJNB, BOUKJE; VAN BUEREN, ELLEN. (2018) *Urban mining and buildings: A review of possibilities and limitations*. Resources, Conservation & Recycling, v. 138.

- KOWALCZYK, TON; KRISTINSSON, J.; HENDRIKS, CHARLES F. (2000) *Dismantling an Existing Building into Components*. Overview of Deconstruction in Selected Countries. CIB Report Número 252.
- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. (2005a) *Evolução das tipologias construtivas em Portugal*. Disponível em [http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/evol_tipol.html], último acesso em 01 de março de 2021.
- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. (2005b) *Edifícios com estrutura de alvenaria (< 1755)*. Disponível em [http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif_ant_1755.html], último acesso em 01 de março de 2021.
- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. (2005c) *Edifícios com estrutura de alvenaria da época pombalina e similares (1755 a 1880)*. Disponível em [http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif_1755_1880.html], último acesso em 01 de março de 2021.
- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. (2005d) *Edifícios com estrutura de alvenaria tipo gaioleiro (1880 a 1930)*. Disponível em [http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif_1880_1930.html], último acesso em 01 de março de 2021.
- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. (2005e) *Edifícios com estrutura mista de alvenaria e betão (1930 a 1940)*. Disponível em [http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif_1930_1940.html], último acesso em 01 de março de 2021.
- LABORATÓRIO NACIONAL DE ENGENHARIA CIVIL. (2005f) *Edifícios com estrutura mista de betão e alvenaria (1940 a 1960)*. Disponível em [http://www-ext.lnec.pt/LNEC/DE/NESDE/divulgacao/Edif_1940_1960.html], último acesso em 01 de março de 2021.
- LANZINHA, JOÃO CARLOS G. et al. (2009) *Reabilitação de Edifícios Metodologias de Diagnóstico e Intervenção*. Editora Fundação Nova Europa.
- LOPES, MÁRIO; e BENTO, RITA. (2005) *A Construção Pombalina*. Curso de Verão “HISTÓRIA E CIÊNCIA DA CATÁSTROFE”, Instituto de História Contemporânea. Departamento de Engenharia Civil e Arquitectura do Instituto Superior Técnico.
- LOPES, NUNO V. (2015) *Projecto, património arquitectónico e regulamentação contemporânea – Sobre práticas de reabilitação no edificado corrente*. Tese de Doutoramento, Universidade do Porto – UP.
- LOURENÇO, PAULO B. (2014) *The ICOMOS methodology for conservation of cultural heritage buildings: concepts, research and application to case studies*. Green Lines Institute for Sustainable Development.

- MACOZOMA, DENNIS S. (2001) *Building Deconstruction – International Report*. Prepared for: International Council for Research and Innovation in Building and Construction (CIB).
- MACOZOMA, DENNIS S. (2002) *Understanding the Concept of Flexibility in Design for Deconstruction*. CIB Publication 272 - Design for Deconstruction and Materials Reuse.
- MÁLIA, MIGUEL; BRITO, JORGE DE; BRAVO, MIGUEL. (2011) *Indicadores de resíduos de construção e demolição para construções residenciais novas*. Ambiente Construído, v. 11.
- McGRATH, C.; FLETCHER, S.L.; BOWES, H.M. (2000) *UK Deconstruction Report*. Overview of Deconstruction in Selected Countries. CIB Report Número 252.
- MIATTO, ALESSIO; SCHANDL, HEINZ; TANIKAWA, HIROKI. (2017) *How important are realistic building lifespan assumptions for material stock and demolition waste accounts?* Resources, Conservation and Recycling, v. 122.
- MINDTOOLS (2021) *SWOT Analysis - Understanding Your Business, Informing Your Strategy*. Disponível em [https://www.mindtools.com/pages/article/newTMC_05.htm], último acesso em 09 de outubro de 2021.
- MINISTÉRIO DA CULTURA. (2009). *Decreto-Lei n.º 139/2009*. Diário da República n.º 113/2009, Série I de 2009-06-15.
- MINISTÉRIO DA ECONOMIA. (2017). *Regulamento de Gestão do Fundo de Inovação, Tecnologia e Economia Circular*. Diário da República n.º 160/2017, Série I de 2017-08-21.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE E DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO. (2001) *Decreto-Lei n.º 177/2001, de 4 de junho*. Diário da República, 1.ª série-A — N.º 129 — 4 de junho de 2001.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE E DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO. (2011) *Decreto-Lei n.º 73/2011, de 17 de junho*. Diário da República, 1.ª série — N.º 116 — 17 de junho de 2011.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. (2006) *Decreto-Lei n.º 178/2006, de 5 de setembro*. Diário da República, 1.ª série—N.º 171—5 de setembro de 2006.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. (2008) *Decreto-Lei n.º 46/2008, de 12 de março*. Diário da República, 1.ª série — N.º 51 — 12 de março de 2008.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. (2009a) *Decreto-Lei n.º 210/2009, de 3 de setembro*. Diário da República, 1.ª série — N.º 171 — 3 de setembro de 2009.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL. (2009b) *Decreto-Lei n.º 307/2009, de 23 de outubro*. Diário da República, 1.ª série — N.º 206 — 23 de outubro de 2009.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E ENERGIA. (2014a) *Decreto-Lei n.º 53/2014, de 8 de abril*. Diário da República, 1.ª série — N.º 69 — 8 de abril de 2014.

- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E ENERGIA. (2014b) *Decreto-Lei n.º 136/2014, de 9 de setembro*. Diário da República, 1.ª série — N.º 173 — 9 de setembro de 2014.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E ENERGIA. (2015) *Decreto-Lei n.º 194/2015, de 14 de dezembro*. Diário da República, 1.ª série — N.º 179 — 14 de setembro de 2015.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E ENERGIA. (2017) *Decreto-Lei n.º 150/2017, de 6 de setembro*. Diário da República n.º 234/2017, Série I de 2017-12-06.
- MINISTÉRIO DO EQUIPAMENTO, DO PLANEAMENTO E DA ADMINISTRAÇÃO DO TERRITÓRIO. (1999) *Decreto-Lei n.º 555/99, de 16 de dezembro*. Diário da República, 1.ª série-A — N.º 291 — 16 de dezembro de 1999.
- MUNICÍPIO DE VISEU. (2022). *Casa das Bocas, em Viseu, tem uma nova “cara”*. Disponível em [<https://www.youtube.com/watch?v=DqkQxC7-unw>], último acesso em 15 de agosto de 2022.
- MYHRE, LARS. (2000). *The State of Deconstruction in Norway*. Overview of Deconstruction in Selected Countries. CIB Report Número 252.
- NAHB RESEARCH CENTER, INC. (1997) *Deconstruction - Building Disassembly and Material Salvage: The Riverdale Case Study*. Prepared for: US Environmental Protection Agency, The Urban and Economic Development Division.
- NAHB - RESEARCH CENTER, INC. (1999) *Investigation of Deconstruction Feasibility in the District of Columbia, Final Report*. Upper Marlboro, MD, USA
- NASIR, MOHAMMED H. A.; GENOVESE, ANDREA; ACQUAYE, ADOLF A.; KOH, S.C.L.; YAMOA, FRED. (2017) *Comparing linear and circular supply chains: A case study from the construction industry*. International Journal of Production Economics. Volume 183, Part B, January 2017, Pages 443-457.
- OMAR, HEBA ABU et al. (2019) *Construction and Demolition Waste in Kosovo - A case study in the municipalities of Pristina and Fushe Kosova*. Technische Universität Berlin. Urban Management Program.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. (2015) *Guia sobre Desenvolvimento Sustentável - 17 Objetivos para Transformar o Nosso Mundo*. Disponível em [https://unric.org/pt/wp-content/uploads/sites/9/2019/01/SDG_brochure_PT-web.pdf], último acesso em 25 de fevereiro de 2021.
- PATH - PARTNERSHIP FOR ADVANCED TECHNOLOGY IN HOUSING. (2000) *A Guide to Deconstruction: An overview of deconstruction with a focus on community development opportunities complete with deconstruction project profiles and case studies*. U.S. Department of Housing and Urban Development.

- PATH - PARTNERSHIP FOR ADVANCED TECHNOLOGY IN HOUSING. (2001) *A Report on the Feasibility of Deconstruction: An Investigation of Deconstruction Activity in Four Cities*. U.S. Department of Housing and Urban Development.
- PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. (2008) *Diretiva 2008/98/CE, de 19 de novembro*. Jornal Oficial da União Europeia.
- PARLAMENTO EUROPEU E DO CONSELHO. (2018) *Diretiva (UE) 2018/851, de 30 de maio de 2018*. Jornal Oficial da União Europeia.
- PARLAMENTO EUROPEU E O CONSELHO DA UNIÃO EUROPEIA. (2011) *Regulamento (UE) N.º 305/2011 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 9 de março de 2011, que estabelece condições harmonizadas para a comercialização dos produtos de construção e que revoga a Diretiva 89/106/CEE do Conselho*. Jornal Oficial da União Europeia.
- PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS. (2015) *Decreto-Lei n.º 149/2015*. Diário da República n.º 150/2015, Série I de 2015-08-04.
- PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS. (2016) *Resolução do Conselho de Ministros n.º 48/2016*. Diário da República n.º 168/2016, Série I de 2016-09-01.
- PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS. (2017) *Resolução do Conselho de Ministros n.º 190-A/2017*. Diário da República n.º 236/2017, 2º Suplemento, Série I de 2017-12-11.
- PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS. (2019) *Decreto-Lei n.º 95/2019*. Diário da República n.º 136/2019, Série I de 2019-07-18.
- PRESIDÊNCIA DO CONSELHO DE MINISTROS. (2021) *Resolução do Conselho de Ministros n.º 8-A/2021*. Diário da República n.º 23/2021, 1º Suplemento, Série I de 2021-02-03.
- PROJETO SOS AZULEJO (2021). *Projeto de Salvaguarda e Valorização do Património Azulejar Português*. Disponível em [http://www.soszulejo.com/?page_id=16], acessado em 24 de fevereiro de 2021.
- QR CODE GENERATOR (2021) *Criador de QR Codes*. Disponível em [<https://app.qr-code-generator.com/>] e acessado em 24 de outubro de 2021.
- RAMOS, SORAIA. (2021) *Carlos Reis – Um Museu Perdido no Tempo*. Trevim, disponível em [<https://www.trevim.pt/2021/01/28/carlos-reis-um-museu-perdido-no-tempo/>], último acesso em 16 de dezembro de 2021
- RASHID, AHMAD F. A. e YUSOFF, SUMIANI. (2015) *A review of life cycle assessment method for building industry*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 45.
- REBITZER, GERALD et al. (2003) *Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications*. Environment International, v. 30.
- REPOSITÓRIO DE MATERIAIS. (2021) *Plataforma para Reutilização de Materiais de Construção*. Disponível em [<https://repositoriodemateriais.pt/#work>], acessado em 24 de fevereiro de 2021.
- RODERS, ANA P. (2007) *Re-Architecture – Lifespan rehabilitation of built heritage*. Tese de Doutoramento, Technische Universiteit Eindhoven.

- ROUSSAT, NICOLAS; DUJET, CHRISTIANE; MÉHU, JACQUES. (2009) *Choosing a sustainable demolition waste management strategy using multicriteria decision analysis*. Waste Management, v. 29.
- ROSS, SUSAN M. (2017) *Keyword: Deconstruction Waste (Building)*. Discard Studies. Disponível em [<https://discardstudies.com/2017/11/27/keyword-deconstruction-waste-building/>], último acesso em 20 de agosto de 2021.
- ROSS, SUSAN M. (2020) *Re-Evaluating Heritage Waste: Sustaining Material Values through Deconstruction and Reuse*. The Historic Environment: Policy & Practice. Vol. 11, Nos. 2–3, 382–408.
- SABBAGHI, ASGHAR; e VAIDYANATHAN, GANESH. (2004) *SWOT Analysis and Theory of Constraint in Information Technology Projects*. Information Systems Education Journal, 2 (23).
- SÁEZ, PAOLA VILLORIA E OSMAN MOHAMED (2019) *A diagnosis of construction and demolition waste generation and recovery practice in the European Union*. Journal of Cleaner Production, Volume 241, 20 de dezembro de 2019.
- SANTOS, A.; e BRITO, J. DE. (2007) *Building deconstruction in Portugal: a case study*. University of Lisbon.
- SANTOS, J. (2015). *Monstro Fabuloso Adormecido: Acorda, Irrompe e Urbaniza...* 1ª edição, RVJ Editores, Castelo Branco
- SCHULTMANN, FRANK. (2000) *The State of Deconstruction in Germany*. Overview of Deconstruction in Selected Countries. CIB Report Número 252.
- SHERMAN, RHONDA. (1998). *Deconstruction: Giving Old Buildings New Lives*. North Carolina Cooperative Extension Service.
- SHOOSHTARIAN, SALMAN; MAQSOOD, TAYYAB; WONG, PETER S.P.; KHALFAN, MALIK; YANG, REBECCA J. (2019) *Development of a Domestic Market for Construction and Demolition Waste in Australia*. Proceedings of the 43rd Australasian Universities Building Education Association (Aubea) Conference, 2019. Páginas 8-17.
- SHOOSHTARIAN, SALMAN; MAQSOOD, TAYYAB; WONG, PETER S.P.; KHALFAN, MALIK; YANG, REBECCA J. (2020) *Market development for a construction and demolition waste stream in Australia*. Journal of Construction Engineering, Management & Innovation. Volume 3, Edição 3, páginas 220-231.
- SISTEMA DE INFORMAÇÃO PARA O PATRIMÓNIO ARQUITETÓNICO – SIPA. (2019) Registos Técnicos do Sanatório Infantil Manuel Tápia.
- SILVA, GABRIELA R. T. (2014) *Modelo para Verificação e Melhoria do Desempenho Ambiental de Prédios Públicos Existentes*. Dissertação de Mestrado. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia.
- STANIASZEK, DAN et al. (2021) *The Road To Climate-Neutrality: Are National Long-Term Renovation Strategies Fit For 2050?*. Buildings Performance Institute Europe (BPIE).
- STATISTICAL OFFICE OF THE EUROPEAN UNION – EUROSTAT. (2016a) *Generation of waste by economic activity*. Disponível em

- [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasgen&lang=en], último acesso em 01 de agosto de 2018.
- STATISTICAL OFFICE OF THE EUROPEAN UNION – EUROSTAT. (2016b) *Recycling rate of municipal waste*. Disponível em [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasrtr&lang=en], último acesso em 01 de agosto de 2018.
- STATISTICAL OFFICE OF THE EUROPEAN UNION – EUROSTAT (2018) *Energy, transport and environment indicators – 2018 Indicators*. Disponível em [<https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/9433240/KS-DK-18-001-EN-N.pdf/73283db2-a66b-4d34-9818-b61a08883681>] e acessado em 21 de fevereiro de 2021.
- STOREY, JOHN (2002) *Reconstructing De-Construction*. Centre for Building Performance Research, Victoria University of Wellington, New Zealand. CIB Publication 272 - Design for Deconstruction and Materials Reuse.
- STOREY, JOHN et al. (2003a) *The State of Deconstruction in New Zealand*. Centre for Building Performance Research, Victoria University of Wellington, New Zealand.
- STOREY, JOHN et al. (2003b) *The State of Deconstruction in New Zealand 2003 - Synopsis*. Centre for Building Performance Research, Victoria University of Wellington, New Zealand.
- TAVARES, ALICE; COSTA, ANÍBAL; VARUM, HUMBERTO. (2011) *Manual de Reabilitação e Manutenção de Edifícios – Guia de intervenção*. Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Aveiro, Inovadomus.
- TAVARES, ALICE; COSTA, ANÍBAL; VARUM, HUMBERTO. (2013) *Análise de Estratégias para Implementação da Reabilitação Urbana e Salvaguarda do Património Vernacular*. Congresso Internacional da Habitação no Espaço Lusófono. 2º CIHEL – LNEC – Lisboa – Portugal - 13 a 15 de março de 2013.
- THOMSEN, ANDRÉ, SCHULTMANN, FRANK; KOHLER, NIKLAUS (2011), *Deconstruction, demolition and destruction*. Building Research and Information, Vol. 39 No. 4, pp. 327-332.
- TOXOPEUSA, MARTEN E.; DE KOEIJER, BJORN L.A.; MEIJ A.G.G.H. (2015) *Cradle to Cradle: Effective Vision vs. Efficient Practice?* Procedia CIRP, v. 29.
- TROY, PATRICK et al. (2003) *Embodied and Operational Energy Consumption in the City*. Urban Policy and Research, v. 21.
- UCER, DENIZ; ULYBIN, ALEKSEY; ZUBKOV, SERGEY; ELIAS-OZKAN, SOOFIA T. (2018) *Analysis on the mechanical properties of historical brick masonry after machinery demolition*. Construction and Building Materials, volume 161, páginas 186 a 195.
- UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. (1972) *Convenção para a Protecção do Património Mundial, Cultural e Natural*. UNESCO World Heritage Centre.
- UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. (2017) *Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention*. UNESCO World Heritage Centre.

- UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION. (2021) *World Heritage List*. Disponível em [<http://whc.unesco.org/en/list/&order=country#alphaP>], último acesso em 01 de março de 2021.
- UNITED NATIONS – ENVIRONMENTAL PROGRAMME (2021) *2021 Global Status Report For Buildings And Construction*. Disponível em [<https://globalabc.org/resources/publications/2021-global-status-report-buildings-and-construction>], último acesso em 15 de junho de 2022.
- U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS. (2005) *Market Valuation of Demolition Salvage Materials*. Public Works Technical Bulletin PWTB 200-1-26.
- UMAR, USMAN A.; SHAFIQ, NASIR; MALAKAHMAD, AMIRHOSSEIN; NURUDDIN, MUHD F.; KHAMIDI, MOHD F. (2017) *A review on adoption of novel techniques in construction waste management and policy*. J Mater Cycles Waste Manag (2017) 19:1361–1373.
- VAN DIJK, SUZANNE; TENPIERIK, MARTIN; VAN DEN DOBBELSTEEN, ANDY. (2014) *Continuing the building's cycles: A literature review and analysis of current systems theories in comparison with the theory of Cradle to Cradle*. Resources, Conservation and Recycling, v. 82.
- VEIGA, MARIA R. (2009) *Conservação e Reparação de Revestimentos de Paredes de Edifícios Antigos – Métodos e materiais*. Laboratório Nacional de Engenharia Civil – LNEC.
- WISEU NOVO – SRU (2016) *Memória Descritiva e Justificativa – Projeto de Arquitectura do Edifício Municipal na Rua João Mendes Nº 70 em Viseu*.
- WHALEN, KATHERINE A. e WHALEN, CHARLES J. (2018) *The Circular Economy and Institutional Economics: Compatibility and Complementarity*. Journal of Economic, v. 52.
- WEBSTER, MARK D. (2006) *Designing Structural Systems for Deconstruction*. Simpson Gumpertz & Heger, Inc.
- YEHEYIS, MULUKEN; HEWAGE, KASUN; ALAM, M. SHAHRIA; ESKICIOGLU, CIGDEM; SADIQ, REHAN (2012) *An overview of construction and demolition waste management in Canada: a lifecycle analysis approach to sustainability*. Clean Techn Environ Policy (2013) 15:81–91.

ANEXO A

ANEXO A

Tabela A.1 - Inventário Material. Adaptado de CEPA (2001).

Identificação do Edifício:			
Data:			
Identificação do Inspetor:			
Sistema de cobertura			
Estrutura de madeira	Tipo de telhado (empena, águas, mansarda, etc.)		Inclinação:
	Material das telhas:		N. feiras:
	Linha:	Largura:	Comprimento:
	Cumeeira:	Largura:	Comprimento:
	Terças:	Largura:	Comprimento:
	Caibros:	Largura:	Comprimento:
	Ripas:	Largura:	Comprimento:
	Outros:		
Sistema de paredes exteriores			
Alvenaria	Espessura:		
	Vergalhões estruturais:		Comprimento:
	Lintéis:		Comprimento:
	Outros:		
Estrutura de madeira	Vigas:	Largura:	Comprimento:
	Pilaretes:	Largura:	Comprimento:
	Tipo de fechamento:	Largura:	Comprimento:
	Outros:		
Sistema de pavimentação			
Estrutura de madeira	Vigas principais:	Largura:	Comprimento:
	Vigas secundárias:	Largura:	Comprimento:
	Espaçadores:	Largura:	Comprimento:
	Base:	Largura:	Comprimento:
	Outros:		
Notas			

Identificação do Edifício:
Data:
Identificação do Inspetor:

Paredes interiores: estrutura de madeira			
Paredes portantes	Vigas:	Largura:	Comprimento:
	Pilaretes:	Largura:	Comprimento:
	Tipo de fechamento:	Largura:	Comprimento:
	Comprimento total:		
	Outros:		
Paredes divisórias	Vigas:	Largura:	Comprimento:
	Pilaretes:	Largura:	Comprimento:
	Tipo de fechamento:	Largura:	Comprimento:
	Comprimento total:		
	Outros:		
Fundações			
Alvenaria	Tipo:	Largura:	Comprimento:
	Vergalhões estruturais:		Comprimento:
	Lajes:	Espessura:	Tamanho:
	Chaminé:	Largura:	Comprimento:
	Sistema de bombeamento:		
	Outros:		
Águas pluviais			
Canalizações	Calhas:		
	Tubos:		
	Ralos:		
	Outros:		
Conexões entre elementos			
Conexões	Pavimento / paredes		
	Paredes / cobertura		
	Janelas / paredes		
	Outros:		
Acabamentos			
Assessórios	Reboco:		Altura de teto:
	Piso:		Prendedores:
	Madeira sem acabamento:		Comprimento:
	Armários:		
	Degraus de escada:		
	Prateleiras:		
	Canalizações:		

Identificação do Edifício:			
Data:			
Identificação do Inspetor:			
		Loiças:	
Notas			
Sistema de aquecimento			
Aquecimento	Tipo:		
	Termo acumulador:		
	Esquentador:		
	Radiadores:		
	Outros:		
Outros			
	Portas:		Tamanho:
	Janelas:		Tamanho:
	Metais:		
	Outros:		
Miscelânea			
	Patologias:		
	Madeira certificada:		
	Dimensões gerais do edifício		
	Data da construção:		
	Possíveis problemas:		
Notas			

Identificação do Edifício:
Data:
Identificação do Inspetor:

Croquis da planta de piso

ANEXO B
