

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

LUDMILA DE SOUZA FREITAS

**SISTEMA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE PROJETO PARA
DESMONTAGEM E ADAPTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES DE INSTITUIÇÕES
FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR SOB A ÓTICA DA ECONOMIA CIRCULAR**

TESE

CURITIBA

2024

LUDMILA DE SOUZA FREITAS

**SISTEMA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE PROJETO PARA
DESMONTAGEM E ADAPTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES DE INSTITUIÇÕES
FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR SOB A ÓTICA DA ECONOMIA CIRCULAR**

**System for implementing Design for Disassembly and Adaptability principles in
buildings of Federal Higher Education Institutions from the perspective of
Circular Economy**

Tese apresentada como requisito para obtenção do título de Doutora em Engenharia Civil do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Área de Concentração: Construção Civil

Linha de Pesquisa: Gestão e Sustentabilidade da Construção

Orientador(a): Prof. Dr. André Nagalli

CURITIBA

2024



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Esta licença permite remix, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.



**Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Curitiba**



LUDMILA DE SOUZA FREITAS

**SISTEMA PARA IMPLEMENTAÇÃO DE PRINCÍPIOS DE PROJETO PARA DESMONTAGEM E
ADAPTABILIDADE EM EDIFICAÇÕES DE INSTITUIÇÕES FEDERAIS DE ENSINO SUPERIOR SOB A
ÓTICA DA ECONOMIA CIRCULAR**

Trabalho de pesquisa de doutorado apresentado como requisito para obtenção do título de Doutor Em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Área de concentração: Construção Civil.

Data de aprovação: 06 de Março de 2024

Dr. Andre Nagalli, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dr. Alfredo Iarozinski Neto, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Andrea Parisi Kern, Doutorado - Universidade do Vale do Rio dos Sinos (Unisinos)

Dra. Karina Querne De Carvalho Passig, Doutorado - Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Dra. Leticia Franca Mattaraia Longo, Doutorado - Universidade de Ribeirão Preto (Unaerp)

Documento gerado pelo Sistema Acadêmico da UTFPR a partir dos dados da Ata de Defesa em 06/03/2024.

*Dedico esta tese aos meus filhos Thomas e Nicolas,
que foram a força motriz para que eu pudesse
continuar todos os dias.*

AGRADECIMENTOS

Este trabalho só foi possível porque durante minha caminhada tive o apoio de pessoas que tem meu carinho e minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. André Nagalli, que me guiou com sabedoria e acreditou em meu potencial, mesmo diante das dificuldades.

Ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná e professores, pela oportunidade concedida e contribuição para a minha formação.

Ao meu esposo Roberto, meu maior incentivador, que com amor, não mediu esforços para que eu chegasse até o fim da jornada.

Aos meus filhos Thomas e Nicolas, meus melhores motivos.

Aos meus pais, pela preocupação e amor.

Às minhas amigas e amigos, por compartilharem comigo os desafios e as alegrias que este caminho proporcionou.

Aos meus colegas da DIRPRO-UTFPR, pela paciência e suporte por todo esse período.

Certamente não conseguirei contemplar a todos, mas agradeço a todas as pessoas que, de certa forma, contribuíram para a realização desta pesquisa.

“Há um gosto de vitória e encanto na condição de ser simples. Não é preciso muito para ser muito”.
(Lina Bo Bardi)

RESUMO

A abordagem sobre Economia Circular (EC) em processos construtivos ainda não está consolidada, e está diretamente relacionada às decisões tomadas em projeto. O processo de projeto de edificações de Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) sofre interferência de inúmeros fatores internos e externos às instituições que podem levar a problemas construtivos em todo seu ciclo de vida. Nesse sentido, o Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (PpD/A), preconizado pela norma internacional ISO 20887/2020, visa otimizar o ciclo de vida das construções e contribuir para o desenvolvimento sustentável, através de princípios de projeto determinados. Assim, o objetivo principal da presente pesquisa foi desenvolver um Sistema de implementação dos princípios de PpD/A em projetos de edificações de IFES, visando incluir os processos construtivos na dinâmica da EC. Para tanto, a pesquisa conduziu as etapas do método *Design Science Research* para construção do artefato. Neste contexto, estudos de caso foram realizados com quatro projetos de edificações de IFES, com diferentes tipologias de uso e sistemas construtivos, aplicando um Formulário de Verificação para diagnóstico de atendimento ao PpD/A pelos projetos selecionados. Os estudos de caso auxiliaram na contextualização e sistematização das etapas do processo de projeto orientado por PpD/A. O resultado obtido foi um Sistema que conduz o processo de projeto e pode auxiliar na tomada de decisão pelos agentes envolvidos na coordenação de projetos de edificações de IFES, considerando as interações entre os princípios do PpD/A e o contexto do projeto. A sistematização do processo de projeto orientado por PpD/A compreendeu a determinação de três fases: estudo preliminar, projeto executivo e plano de desconstrução. Cada fase de projeto estabelece avaliações e a implantação de estratégias de acordo com os princípios requeridos pelo cenário de vida útil determinado. As principais contribuições estariam na concepção de edificações mais eficientes e adaptáveis, contratações e mais sustentáveis, apoio ao compromisso das IFES com o desenvolvimento sustentável e a evolução de uma economia circular no setor da construção.

Palavras-chave: Processo de projeto; desconstrução; recuperação; vida útil de projeto; fim de vida

ABSTRACT

The Circular Economy (CE) approach in construction processes is not yet consolidated and is directly related to the decisions made in the design. The design process for buildings at Federal Higher Education Institutions (IFES) is influenced by numerous factors, internal and external to the institutions, that can lead to construction problems throughout their life cycle. In this sense, the Design for Disassembly and Adaptability (DfD/A), recommended by the international standard ISO 20887/2020, aims to optimize the life cycle of buildings, and contribute to sustainable development through determined design principles. Thus, the main objective of this research is to develop a System for implementing DfD /A principles in IFES building projects, aiming to include construction processes in the CE dynamics. To this end, the research used the Design Science Research method to construct the artifact. In this context, case studies were carried out with four IFES building projects with different types of use and construction systems, applying a Verification Form to diagnose DfD /A compliance by the selected projects. The case studies helped to contextualize and systematize the stages of the PpD/A-oriented design process. The result obtained was a System that drives the design process and can assist in decision-making by the agents involved in coordinating IFES building projects, considering the interactions between the PpD/A principles and the project context. The systematization of the design process guided by PpD/A included determining three phases: preliminary study, executive design, and deconstruction plan. Each design phase establishes assessments and the implementation of strategies based on the principles required by the determined use life scenario. The main contributions would be designing more efficient and adaptable buildings, more sustainable contracts, supporting IFES' commitment to sustainable development, and evolving a circular economy in the construction sector.

Keywords: Design process; deconstruction; recovery; design life; end of life

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Princípios de Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade determinados pela ISO 20887/2020	15
Figura 2: Abordagem da pesquisa	21
Figura 3: Produção científica anual	28
Figura 4: (a) Palavras-chave Plus, (b) Palavras-chave do título e (c) Palavras-chave dos autores.....	31
Figura 5: Fluxo contínuo de materiais em um modelo de EC.....	32
Figura 6: Inserção do PpD/A em uma EC	33
Figura 7: A estrutura circular dos 9Rs em ordem de prioridade	36
Figura 8: Palácio de Cristal em Londres, em 1851.....	39
Figura 9: Palácio de Cristal remontado em Sydenham, em 1854	39
Figura 10: Modelo linear padrão do ciclo de vida dos materiais e componentes de construções (acima) e modelo de ciclo de vida fechado dos materiais e componentes de estruturas com alto potencial de desmontagem (abaixo).	51
Figura 11: Diferentes taxas de durabilidade de componentes da edificação.	52
Figura 12: Tipos e propósitos do fim de vida de edificações.....	59
Figura 13: Alocação de materiais recuperados de acordo com os cenários de FdV. 61	
Figura 14: Atribuições do Banco de Materiais e Componentes.....	64
Figura 15: Fluxograma das etapas para contratação indireta de uma obra pública ..	72
Figura 16: Fases dos projetos arquitetônicos e complementares da edificação	77
Figura 17: Principais resultados encontrados pela auditoria do TCU	84
Figura 18: Diferença entre abordagem entre um método linear (sequencial) e o método cíclico (holístico) de projeto de edificações públicas.	88
Figura 19: Esquema que retrata uma sequência cíclica de ações ou fases, utilizando BIM no projeto e execução de edifícios.....	89
Figura 20: Fluxograma geral das atividades da pesquisa	94
Figura 21: Princípios e estratégias de PpD/A categorizados por fase de projeto	102
Figura 22: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Estudo Preliminar	105
Figura 23: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Projeto Executivo (continua).....	106

Figura 24: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Plano de Desconstrução (continua)	112
Figura 25: Projeto - Layouts dos pavimentos térreo (acima) e pavimento superior (abaixo) do bloco N do campus Santa Helena	118
Figura 26: Fotografia do bloco N do campus Santa Helena	118
Figura 27: Planta layout da UMIPTT, implantada no campus da UTFPR Francisco Beltrão	121
Figura 28: Fotografias da edificação em construção (esquerda) e da edificação pronta (direita)	122
Figura 29: Composição das paredes das áreas secas da UMIPTT	122
Figura 30: Composição das paredes das áreas úmidas da UMIPTT	123
Figura 31: Fotografias gerais externas do bloco modular administrativo da UTFPR Toledo	125
Figura 32: Fotografia de área interna do bloco modular administrativo da UTFPR Toledo	126
Figura 33: Representação das áreas correspondentes a cada etapa de construção do RU do campus Apucarana	128
Figura 34: Fotografias externas e internas do RU do campus UTFPR Apucarana .	129
Figura 35: Interação da VUP mínima estabelecida para os sistemas	132
Figura 36: Demonstração do Formulário de Verificação aplicado ao projeto do Caso 1 na etapa de EP.....	138
Figura 38: Gráfico de atendimento às estratégias por projeto, por fase de projeto .	140
Figura 39: Gráfico de atendimento aos princípios do PpD/A, por projeto.....	142
Figura 40: Gráfico de atendimento aos princípios do PpD/A mais relevantes, por projeto	142
Figura 41: Gráfico de atendimento geral aos princípios mais relevantes, por projeto	143
Figura 42: Gráfico do potencial de desmontagem e adaptabilidade, por projeto.....	144
Figura 42: Fluxograma do Sistema de implementação do PpD/A em edificações de IFES	160

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Etapas da pesquisa bibliométrica	23
Quadro 2: Composição dos termos de busca	24
Quadro 3: Ordem das buscas na base <i>Scopus</i> , formação das <i>strings</i> em função da combinação das palavras-chave e resultados das buscas	26
Quadro 4: Principais periódicos (continua).....	28
Quadro 5: Principais autores	29
Quadro 6: Principais países	30
Quadro 7: Correlação das políticas públicas brasileiras e a classificação dos 9Rs ..	36
Quadro 8: Exemplos de interação entre o contexto do projeto e os princípios de PpD/A	42
Quadro 9 – Vida Útil de Projeto (VUP)	55
Quadro 10 - Categorias de vida útil de projeto (VUP) para as partes do edifício	56
Quadro 11: Categorias de vidas úteis de projeto para edifícios, sugeridas pela norma CSA S478-95.	57
Quadro 12: Tipos de obsolescência e exemplos	58
Quadro 13: Classificação de acordo com o método, processo e morfologia	62
Quadro 14: Escala qualitativa estimativa do potencial de recuperação	63
Quadro 15: Etapas e saídas da aplicação do método DSR (continua)	96
Quadro 16: Exemplo de relação das produções científicas identificadas.....	98
Quadro 17: Exemplo de como os artigos foram categorizados	99
Quadro 18: Tipos de projetos de estudo de caso	117
Quadro 19: Características construtivas do Bloco N (continua)	119
Quadro 20: Características construtivas da UMIPTT (continua)	123
Quadro 21: Características construtivas do Bloco modular (continua).....	126
Quadro 22: Características construtivas do RU do campus UTFPR Apucarana (continua)	129
Quadro 23: Princípios mais relevantes do PpD/A a serem avaliados no cenário de vida útil.....	133
Quadro 24: Determinação do cenário de FdV do Caso 2 (continua).....	134
Quadro 25: Resumo dos aspectos de avaliação do projeto	136
Quadro 38: Estratégias para aperfeiçoamento do atendimento aos princípios do PpD/A pelos projetos avaliados	151

Quadro 26: Cenários de VUP de edificações de IFES de acordo com a tipologia de uso	161
Quadro 27: Estratégias de PpD/A para o projeto estrutural preliminar.....	162
Quadro 28: Estratégias de PpD/A para o projeto arquitetônico preliminar (continua)	163
Quadro 29: Estratégias de PpD/A para o projeto de instalações preliminar.....	164
Quadro 30: Estratégias de PpD/A para o projeto estrutural	164
Quadro 31: Estratégias de PpD/A para o projeto arquitetônico (continua).....	165
Quadro 32: Estratégias de PpD/A para o projeto de instalações	167
Quadro 33: Estratégias de PpD/A para as informações técnicas do projeto	168
Quadro 34: Estratégias de PpD/A para o gerenciamento e logística da construção	169
Quadro 35: Estratégias de PpD/A para documentos e permissões da construção .	170
Quadro 36: Estratégias de PpD/A para Recuperação e Reciclagem	170
Quadro 37: Exemplo de estrutura para preenchimento do cenário de FdV	171

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRELPE	Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ACV	Análise do Ciclo de Vida
AGU	Advocacia Geral da União
BIM	<i>Building Information Modelling</i>
BMC	Banco de Materiais e Componentes
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CNS	Câmara Nacional de Sustentabilidade
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DfD	<i>Design for Disassembly/ Deconstruction</i>
DfD/A	<i>Design for Disassembly and Adaptability</i>
EC	Economia Circular
FdV	Fim de Vida
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IFES	Instituições Federais de Ensino Superior
ISO	<i>International Standard</i>
NBR	Normas Brasileiras
PGRCC	Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil
PpD	Projeto para Desmontagem/ Desconstrução
PpD/A	Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade
RCD	Resíduos de Construção e Demolição
RU	Restaurante Universitário
TCU	Tribunal de Contas da União
UMIPTT	Unidade Mista de Pesquisa e Transferência de Tecnologia
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
VU	Vida Útil
VUP	Vida Útil de Projeto

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Caracterização do problema de pesquisa	16
1.2	Objetivo	18
1.3	Justificativa e relevância	19
1.4	Delimitação da pesquisa	20
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
2.1	Análise geral do tema baseada em bibliometria	22
2.1.1	Etapas da pesquisa bibliométrica	23
2.1.2	Composição dos termos de busca.....	23
2.1.3	Procedimentos de buscas na base.....	24
2.1.4	Coleta e organização dos dados	27
2.1.5	Mapeamento de análise de dados.....	27
2.2	Economia Circular (EC)	32
2.2.1	Aspectos da construção circular	33
2.3	Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade de edificações (PpD/A) ..	38
2.3.1	A norma ISO 20887:2020	40
2.3.2	Vida Útil (VU) e Vida Útil de Projeto (VUP).....	50
2.3.3	Cenários de Fim de vida (FdV).....	57
2.3.4	Banco de Materiais e Componentes (BMC)	64
2.3.5	Utilização do BIM na assistência ao PpD/A.....	66
2.4	Instituições Federais de Ensino Superior (IFES)	67
2.4.1	Caracterização das edificações de IFES	69
2.4.2	Processo de contratação e execução de edificações públicas	70
2.4.3	Gestão do processo de projeto de edificações públicas	72
2.4.4	Gestão Pública de Resíduos da Construção e Demolição (RCD)	78
2.4.5	Sustentabilidade em edificações públicas	80
2.4.6	Utilização do BIM no projeto de edificações públicas	85
2.5	Estudos relacionados	90
3	MÉTODO	93
3.1	Estratégia de pesquisa	93
3.1.1	<i>Design Science Research</i>	95
3.2	Identificação do problema e conscientização	97

3.3	Revisão sistemática da literatura (RSL) e identificação das estratégias de projeto 97	
3.4	Critérios para a categorização das estratégias de acordo com os princípios da ISO 20887/2020	98
3.5	Critérios para a categorização das estratégias de acordo com as fases de projeto 100	
3.6	Processo de desenvolvimento do Formulário de Verificação de PpD/A em edificações.....	103
3.7	Estudos de caso	117
3.7.1	Caracterização dos casos de estudo.....	117
3.7.2	Determinação do cenário de VUP	131
3.7.3	Interações entre o contexto do projeto e os princípios de PpD/A	132
3.7.4	Cenários de Fim de Vida (FdV)	134
3.7.5	Aplicação do Formulário de Verificação	136
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	140
4.1	Atendimento ao PpD/A por fase de concepção de projeto.....	140
4.2	Atendimento aos princípios do PpD/A	141
4.3	Potencial de desmontagem e adaptabilidade	143
4.4	Análise geral dos casos.....	144
4.4.1	Estratégias para aprimoramento dos projetos	151
4.4.2	Considerações finais sobre os casos avaliados	155
5	DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA	157
5.1	Requisitos do Sistema	157
5.1.1	Usabilidade.....	157
5.1.2	Usuários	157
5.1.3	Tipologias de projeto	158
5.2	Processo de projeto orientado por PpD/A	160
5.2.1	Estudo preliminar (EP).....	160
5.2.2	Projeto Executivo (PE).....	164
5.2.3	Plano de Desconstrução (PD)	168
5.2.4	Aplicação do Formulário de Verificação e diagnóstico	171
5.2.5	Determinação do potencial de desmontagem e adaptabilidade	172
5.3	Considerações sobre o Sistema desenvolvido.....	173
6	CONCLUSÃO.....	174

6.1	Sugestão para trabalhos futuros.....	175
	REFERÊNCIAS.....	177
	APÊNDICE A – Categorização dos artigos de acordo com a ISO 20887/2020 .	186
	APÊNDICE B – Avaliação dos cenários de Fim de Vida (FdV)	195
	APÊNDICE C – Aplicação do Formulário de Verificação (estudos de caso)....	204

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho aborda o Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (PpD/A) como estratégia para incluir os processos construtivos das edificações de Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) na dinâmica da Economia Circular (EC). O tema está fundamentado principalmente nas referências normativas, orientativas e práticas de gestão de projeto de edificações de IFES no contexto brasileiro, que pode se beneficiar de princípios de projeto determinados na norma internacional ISO 20877:2020¹ e em diversos outros documentos normativos e científicos que foram explorados nesta pesquisa.

Embora sejam crescentes as pesquisas por processos e soluções mais sustentáveis, a indústria da construção civil representa uma das principais fontes de impactos ambientais causados em todas as etapas de sua cadeia produtiva (Bertino et al., 2021; Carvalho e Borges, 2017; Machado et al., 2018). O trabalho de Li et al. (2020) concluiu que os resíduos de construção e demolição (RCD) representam de 30% a 40% do total de resíduos sólidos gerados no mundo. No Brasil, esse problema pode ser ainda mais significativo, pois boa parte dos processos construtivos é essencialmente manual e sua execução se dá praticamente no canteiro de obras (Nagalli, 2022).

Nesse sentido, pesquisas recentes orientam mudanças na indústria da construção no sentido de considerar o salvamento do edifício em fim de vida desde o estágio de projeto (Akanbi et al., 2019; Akinade et al., 2020), através da avaliação do ciclo de vida das edificações baseado em EC. A construção circular é definida como o desenvolvimento de um edifício que utiliza recursos disponíveis e renováveis durante a construção, operação e reutilização. Os componentes do edifício são projetados e preparados para retenção de valor através da extensão da vida útil ou devolvendo os materiais para reutilização em ciclos futuros (Braakman; Bhochhibhoya; De Graaf, 2021).

No entanto, o projeto para desconstrução (PpD) (*Design for Deconstruction – DfD*, em inglês) ainda não é popular nesta indústria (Kanters, 2018). Os princípios do PpD estariam, principalmente, nos esforços para recuperação e reutilização dos

¹ *International Standard. ISO 20877:2020. Sustainability in buildings and civil engineering works — Design for disassembly and adaptability — Principles, requirements and guidance.*

componentes da edificação, uma vez que a reciclagem de materiais já é uma prática usual na construção civil (Reike *et al.*, 2018). Portanto, um desafio significativo seria projetar edifícios que podem ser desconstruídos e seus componentes reutilizados com reprocessamento mínimo (Akinade *et al.*, 2017; Machado *et al.*, 2018; Tingley, 2013). Neste sentido, é possível afirmar que edifícios que consideram a desconstrução como uma das etapas de projeto possuem maior potencial de desmontagem e, conseqüentemente, maior potencial de adaptação em todo o ciclo de vida.

De modo a estabelecer uma denominação formal, a recente norma internacional ISO 29887/2020 define o Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade - PpD/A (*Design for Disassembly and Adaptability – DfD/A*, em inglês) como a implementação de princípios para o projeto de um produto ou ativo construído, que facilite a desmontagem no final de sua vida útil ou forneça a capacidade de ser alterado ou modificado para se adequar a um propósito específico, de maneira que permita que os componentes e materiais entrem no ciclo da Economia Circular (EC), desviando o fluxo de resíduos para aterros (International Standard, 2020). Deste modo, a norma estabelece três princípios de adaptabilidade e sete princípios de desmontagem que caracterizam a implementação do PpD/A, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1: Princípios de Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade determinados pela ISO 20887/2020



Fonte: Adaptado de International Standard (2020)

Deste modo, os princípios de desmontagem determinados pela ISO são: a) Facilidade de acesso; b) Independência; c) Evitar tratamentos e acabamentos desnecessários; d) Apoiar modelos de negócios de reutilização (Economia Circular); e) Simplicidade; f) Padronização; e g) Segurança de desmontagem. Já os princípios relacionados à adaptabilidade são: a) Versatilidade; b) Conversibilidade; e c) Expansibilidade.

Diante do contexto exposto, para prolongar a vida útil dos edifícios e seus componentes, estes deveriam ser concebidos através do planejamento da sua vida útil (VU) e vida útil de projeto (VUP). A norma brasileira NBR 15575/2021² determina que a VUP é uma estimativa teórica do período de tempo para qual um sistema é projetado a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos, considerando o cumprimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no Manual de Uso, Operação e Manutenção da edificação (ABNT, 2021). Deste modo, o adequado planejamento da VUP da edificação pode evitar uma possível obsolescência antecipada.

Nesse contexto, as IFES brasileiras, as quais são responsáveis por mais de 90% da produção científica do Brasil e possuem extensa estrutura física, com tipologias construtivas e de uso variadas, representam um objeto de estudo bastante complexo (Andery et al., 2015). Diante da dinâmica de mudanças frequentes nas demandas de uso das edificações devido às interferências institucionais, políticas e dos próprios usuários, assim como a importante posição das Universidades em fomentar políticas públicas para o desenvolvimento sustentável, o processo de projeto das edificações de IFES podem se beneficiar dos princípios do PpD/A. A implementação das estratégias e princípios aumentaria o potencial de adaptabilidade frente às novas demandas das atividades desenvolvidas na edificação e o consequente potencial de recuperação dos elementos em seu fim de vida.

1.1 Caracterização do problema de pesquisa

A obsolescência de uma edificação pode ocorrer devido a mudanças funcionais, econômicas, técnicas ou sociais e culturais (Amoêda, 2009; Rauf e Crawford, 2015). As mudanças nas necessidades dos ocupantes ou proprietários ao

² Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575-1:2021 — Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais

longo do tempo podem resultar na demolição de um edifício, encerrando sua vida útil antes que deixasse de ser utilizável (Rauf e Crawford, 2015). Em outras palavras, quando as edificações já não conseguem responder às necessidades para as quais foram criadas e não podem ser adaptadas para atender aos novos requisitos dos usuários, o seu ciclo de vida encerra-se na demolição e consequente sobrecarga de aterros (Machado, 2014). Evidências mostram que a demolição gera até 50% do fluxo de resíduos em todo o mundo (Kibert, 2008).

No entanto, de acordo com Pittri et al. (2024), existem impedimentos significativos para implementação do PpD na indústria da construção em países em desenvolvimento. As principais barreiras citadas no estudo são: pouca garantia de desempenho para materiais recuperados, ausência de regulamentações rigorosas acerca do projeto para desconstrução, falta de mercado robusto suficiente para o fluxo de componentes recuperados, a necessidade de códigos de construção que abordam como projetar com materiais reutilizados e a falta de estratégias e ferramentas eficazes para possibilitar a desconstrução.

No contexto dos países em desenvolvimento, no Brasil, um diagnóstico³ realizado pelo Tribunal de Contas da União (TCU) em 2019, concluiu que as principais causas de problemas construtivos de edificações são de ordem técnica, que compreende, principalmente, as falhas, erros e omissões dos projetos básicos (CBIC, 2022), que é onde o projeto da edificação está inserido.

Segundo o IBGE (2020), o setor público foi responsável por 24,4% de todas as construções de edificações e por 50% de todas as obras de infraestrutura no Brasil no ano de 2020. Com 120 instituições federais de ensino superior segundo o INEP (2022), as universidades públicas brasileiras representam uma infraestrutura física extensa, a qual acomoda edificações com usos diversos, como didático, administrativo, de laboratórios de diversas naturezas, auditórios, entre muitos outros. O desempenho dessas estruturas impacta nas atividades desenvolvidas nos ambientes, e relacionam-se diretamente com o planejamento da construção, operação e manutenção das edificações (Faria et al., 2020).

Um estudo conduzido por Andery *et al.* (2015), que avaliou o processo de projeto de reformas de edificações de Universidades Públicas, concluiu que os problemas encontrados nos processos são frequentemente associados às mudanças

³ Tribunal de Contas da União. Acórdão nº1079/2019.

recorrentes na estrutura organizacional, à forte intervenção dos clientes e uma dinâmica de projetos condicionada à obtenção de recursos financeiros. Ainda é possível mencionar os possíveis impactos causados pela forma de contratação dos projetos e serviços e pelas mudanças políticas. Estes fatores podem levar a obsolescência antecipada da edificação.

Existem diversos documentos orientativos quanto às melhores práticas de projeto e as vias a serem percorridas para evitar problemas técnicos, alcançar a maior sustentabilidade nas licitações e melhor desempenho das edificações públicas. De acordo com Giamberardino *et al.* (2022), a variável ambiental vem sendo gradualmente introduzida à rotina de contratações da administração pública. No entanto, ainda são incipientes as referências quanto ao planejamento do ciclo de vida e fim de vida específico para essas edificações e seus usos.

Neste sentido, vide a relevância das Universidades públicas para o desenvolvimento da sociedade e considerando os problemas crônicos observados na execução e ao longo da vida útil dessas edificações – que culminam em obsolescência, demolição e consequentes desperdícios – estas poderiam se beneficiar de estratégias do PpD/A. Portanto, a pergunta que esta pesquisa pretende responder é: **Como implementar estratégias e princípios do Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade em projetos de edificações de IFES para incluir os processos construtivos na dinâmica da Economia Circular?**

1.2 Objetivo

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um Sistema para implementação dos princípios do Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade em projetos de edificações de Instituições Federais de Ensino Superior, sob a ótica da Economia Circular.

Os objetivos específicos traçados foram:

- Descrever as práticas usuais de projeto de edificações de IFES, bem como as características construtivas e de uso dessas edificações, e as possíveis decisões de projeto que limitam a inclusão dos processos construtivos na dinâmica da EC;

- Identificar as principais estratégias relativas ao PpD/A descritas na literatura dos últimos anos e categorizá-las de acordo com os princípios de PpD/A estabelecidos pela ISO 20887/2020 e em conformidade com as fases de projeto de edificações;
- Analisar o nível de atendimento aos princípios do PpD/A por projetos de edificações de IFES existentes, através de estudo de caso e contextualizar a aplicabilidade do Sistema;
- Estabelecer e sistematizar etapas do processo de projeto orientado por PpD/A para edificações de IFES.

1.3 Justificativa e relevância

O desenvolvimento de técnicas construtivas que visam a recuperação dos materiais após a demolição ainda não é uma prioridade na indústria da construção civil (Thormark, 2006; Akinade, *et al.*, 2020). Embora os benefícios ambientais da recuperação dos materiais sejam evidentes e sistemas de classificação de edifícios com foco na sustentabilidade ambiental levem em consideração a gestão de resíduos de construção, a maioria dos edifícios são submetidos à demolição tradicional no seu fim de vida (Arrigoni *et al.*, 2018). A longa vida útil técnica dos edifícios, geralmente superior a 50 anos, e as incertezas no valor futuro dos materiais demolidos inibem a motivação para planejar a recuperação dos componentes do edifício.

Enquanto os impactos ambientais poderiam ser substancialmente reduzidos pela desconstrução seletiva e reaproveitamento em vez de demolir e reconstruir (Vandenbroucke *et al.*, 2015), uma estratégia para reduzir o custo futuro de demolição e uso único de materiais de construção para novos edifícios é projetar para a desmontagem (PpD) (Thormark, 2002). O pressuposto utilizado na pesquisa de Jockwer *et al.* (2020) é que um edifício adaptável também é, provavelmente, mais fácil de desconstruir. Assim, Kręć-Grzeškowiak e Baborska-Narożny (2023) afirmam que o PpD/A é reconhecido como a principal estratégia de projeto que apóia a EC.

Por outro lado, as constantes mudanças nos organogramas associados às funções de projeto, a ausência de padrões gerenciais ou modelos de referência para o processo de projeto, a falta de estabelecimento de melhores práticas para a gestão do processo de projeto de Universidades Públicas, foram alguns fatores apontados por Andery *et al.* (2015), os quais dificultam a efetiva colaboração voltada a soluções

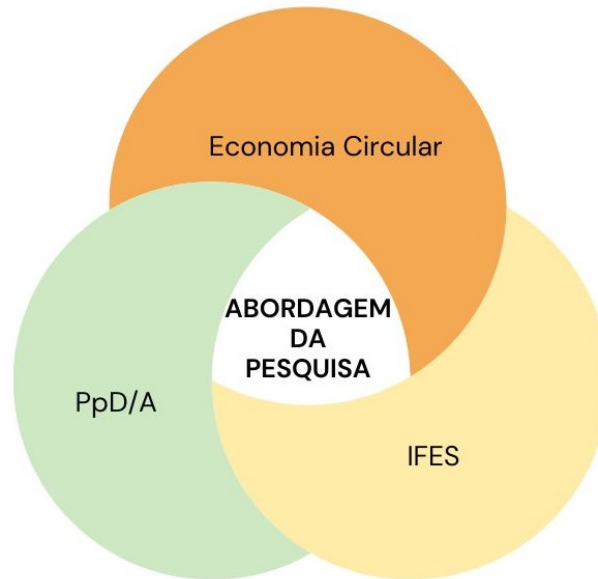
integradas para as etapas de projeto e construção da infraestrutura de IFES, sendo identificados tais padrões recorrentes na Administração Pública em geral. Assim, apesar das importantes ações e publicações orientativas que visam a qualidade das edificações públicas e a evolução normativa dos últimos anos, ainda são incipientes as políticas públicas existentes no Brasil no sentido de estabelecer estratégias de projeto para aprimorar o desempenho das edificações e incluir os processos construtivos na dinâmica da EC.

Diante do exposto, esta pesquisa visa desenvolver uma contribuição teórica de forma a preencher as lacunas aqui identificadas, quanto à abrangência das políticas públicas brasileiras que visam às boas práticas de projetos de edificações de IFES e o desenvolvimento sustentável. Do mesmo modo, pretende realizar uma contribuição prática com o desenvolvimento de um Sistema para implementação dos princípios de PpD/A, para utilização por projetistas e as partes envolvidas da administração pública na coordenação de projetos de IFES.

A viabilidade deste trabalho se dá pela fundamentação teórica existente, principalmente referenciando-se em normativas internacionais inovadoras que determinam o conceito emergente do PpD/A e seus princípios, oportunizando a aplicação das estratégias para aprimorar a qualidade das edificações de IFES brasileiras. A presente pesquisa também é viabilizada e motivada pela oportunidade da autora estar inserida no corpo de servidores públicos que desenvolvem projetos de edificações de universidade pública, estando em constante relacionamento com a esfera pública e a dinâmica das contratações.

1.4 Delimitação da pesquisa

A pesquisa encontra-se na Área "Construção Civil", na Linha de Pesquisa "Gestão e Sustentabilidade da Construção". O tema do trabalho concentra-se na convergência de três abordagens principais: Economia Circular, Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (PpD/A) e Instituições Federais de Ensino Superior, conforme representado na Figura 2.

Figura 2: Abordagem da pesquisa

Fonte: A autora (2023)

A pesquisa delimita-se ao contexto das IFES brasileiras, cujas edificações possuem infraestrutura, tipologias construtivas, e características de uso balizadas por atividades específicas e um contexto histórico e social próprio. Também, limita-se na concepção, planejamento, contratação, execução, operação e pós-ocupação definidos por agentes públicos.

Assim, o trabalho em questão visa contribuir com a implementação de estratégias em projetos para aumentar o potencial desmontagem e adaptação de edificações de IFES, evitando a demolição, desperdício e geração de RCD. Não se pretende, no entanto, fazer uma avaliação global de licitações, determinar as melhores vias de contratação e orçamentação. As estratégias abordadas visam servir de referência para projetistas e partes envolvidas de IFES, a fim de orientar projetos com diversidade de tipologias, de acordo com as demandas, contextos regionais, econômicos e sociais específicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Conforme os objetivos estabelecidos, o presente trabalho conduziu uma pesquisa bibliográfica baseada em artigos encontrados na revisão sistemática da literatura, referências de livros, documentos, teses e dissertações.

O primeiro subcapítulo apresenta a análise conduzida por revisão sistemática e bibliometria, com objetivo de mapear os principais periódicos, publicações e autores relevantes ao tema.

O segundo subcapítulo apresenta um panorama sobre Economia Circular, considerada a principal abordagem que fundamenta o Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (PpD/A) na indústria da construção civil.

O terceiro subcapítulo apresenta o estado da arte das abordagens relacionadas ao PpD/A e suas possíveis aplicações.

O quarto subcapítulo aborda sobre o projeto de edificações de Instituições Federais de Ensino Superior (IFES), a dinâmica de seus processos e os fatores incidentes.

O quinto subcapítulo apresenta resumos dos principais estudos relacionados à esta pesquisa.

2.1 Análise geral do tema baseada em bibliometria

A pesquisa bibliográfica compreende uma investigação exploratória desenvolvida com base em material já elaborado que permite ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente (Gil, 2002).

Já a análise bibliométrica é um subcampo da ciência da informação que trata da análise qualitativa da literatura científica e tecnológica, que se utiliza da cienciometria para enfatizar o compromisso com a informação científica (Nicolaisen, 2010). Esse tipo de análise permite a avaliação da produção científica mundial, uma vez que seus indicadores podem retratar o comportamento e a evolução de um campo de conhecimento (Pimenta *et al.*, 2017), além de avaliar a relevância das publicações selecionadas e direcionar o processo de seleção do referencial bibliográfico que melhor se aproxime do interesse do assunto pesquisado, utilizando técnicas quantitativas para analisar a produção acadêmica por meio de citações, cocitações, autoria, dentre outros (Do Prado *et al.*, 2016).

2.1.1 Etapas da pesquisa bibliométrica

As etapas e os critérios utilizados para busca, organização e análise das publicações estão elencados no Quadro 1, os quais foram baseados e adaptados da tabela de análise bibliométrica proposta por Do Prado *et al.* (2016).

Quadro 1: Etapas da pesquisa bibliométrica

Etapa	Descrição
Operacionalização – composição dos termos de busca	Definição do campo científico e teórico do trabalho
	Escolha da base científica
	Delimitação dos termos que representam o campo
Procedimentos de busca	Tópico (termo de busca)
	Utilização de operadores <i>booleanos</i>
	Filtro 1: Delimitação em somente artigos
	Filtro 2: Entre os anos de 2003 a 2023
	Filtro 3: Todas as áreas
	Filtro 4: Todos os idiomas
Coleta e organização dos dados	Definição do <i>software</i> de análise bibliométrica
	<i>Download</i> das referências para o <i>software Mendeley</i>
	Organização das referências no <i>Mendeley</i>
	<i>Download</i> das referências para utilização no <i>software Bibliometrix</i>
	Organização para análise em planilha eletrônica
Mapeamento e análise dos dados	Análise da produção científica anual
	Análise dos principais periódicos
	Análise dos principais autores
	Análise dos países de origem dos artigos selecionados
	Análise das principais palavras-chaves

Fonte: adaptado de Do Prado *et al.* (2016)

Os detalhes do desenvolvimento de cada etapa estarão descritos a seguir.

2.1.2 Composição dos termos de busca

Apesar do presente trabalho estabelecer uma relação de três abordagens principais – Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (PpD/A), Economia Circular e Edificações Públicas – esta última não foi incluída na revisão sistemática. O motivo da não inclusão se deve pelo recorte contextual, onde a delimitação se dá no cenário de edificações públicas brasileiras. Portanto, nesta abordagem, o trabalho se limitou a buscar referências em documentos, normas e instruções brasileiros para fundamentar o escopo da pesquisa, em detrimento da obtenção de dados mais

relevantes. As demais abordagens foram conduzidas em uma análise da produção científica mundial.

A composição dos termos de busca em português e inglês é apresentada no Quadro 2. Em função do assunto, delimitação e temática referente, as palavras-chave adotadas na pesquisa foram identificadas.

Quadro 2: Composição dos termos de busca

Nível	Decomposição	Termo em inglês	Similares e sinônimos
Assunto	Desmontagem	<i>Disassembly</i>	<i>Deconstruction</i>
	Adaptabilidade	<i>Adaptability</i>	-
Delimitação	Edificações	<i>Building</i>	<i>Construction</i>
			<i>Construction industry</i>
Tema Principal	Projeto para desmontagem e adaptabilidade	<i>Design for disassembly and adaptability</i>	<i>Design for deconstruction, Adaptability</i>
Tema secundário	Economia Circular	<i>Circular Economy</i>	<i>Circularity</i>
Temas específicos	Vida útil	<i>Lifespan</i>	<i>Life Cycle</i> <i>Service Life</i> <i>Durability</i>
	Modelagem de Informação da Construção	<i>Building Information Modeling</i>	<i>BIM</i>

Fonte: A autora (2023)

A composição dos termos de busca auxiliou na formação das *strings* (sequência de caracteres, geralmente utilizada para representar palavras, frases ou texto), as quais serão apresentadas nos tópicos que seguem.

2.1.3 Procedimentos de buscas na base

Para fornecer uma compreensão abrangente sobre o tema, este estudo conduziu um processo de pesquisa sistemática na base de dados *Scopus*, uma marca registrada da *Elsevier*. A base *Scopus* foi escolhida como fonte de busca devido ao grande número de periódicos indexados e ao padrão de operacionalização das pesquisas e da possibilidade de exportação dos arquivos para o processamento nos softwares *Mendeley* e *Bibliometrix*.

Foram realizadas sete buscas na base de dados com *strings* diferentes. A composição das *strings* de busca apresentadas no Quadro 3 foi baseada nos termos gerados no Quadro 2, associados à operadores *booleanos* (*and*, *or* e *not*), considerando somente as palavras-chaves no idioma em inglês. No intuito de ampliar

os dados, foram estruturadas *strings* levando em conta os termos associados aos temas principais – Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (*Design for Disassembly, Design for adaptability* em inglês) e Economia Circular (*Circular Economy*)– sendo eles: adaptabilidade, circularidade, vida útil e BIM, os quais foram traduzidos para língua inglesa e considerados seus respectivos sinônimos e similares apresentados no Quadro 2.

Nas primeiras experimentações das *strings* de busca, algumas considerações foram observadas:

- a) Foi necessária a utilização de uma *string* delimitadora para que as buscas retornassem trabalhos na área pretendida, composta pelos termos: “*building OR construction OR construction industry*”;
- b) Os termos “*design for disassembly*”, “*design for deconstruction*” e “*design for adaptability*” foram considerados já amplamente difundidos na área de pesquisa e retornam pesquisas relevantes, mesmo que ainda com poucos estudos disponíveis sobre o tema;
- c) A utilização da palavra “*deconstruction*” sem estar associada à termos de projeto ou concepção (*design for*) retornou muitos trabalhos não vinculados ao tema, mesmo que ainda na área de engenharia, então foi desconsiderada na busca;
- d) Outros termos similares poderiam ser utilizados vinculados ao projeto para adaptabilidade, tais como flexibilidade, versatilidade. Porém, de forma similar ao descrito acima, estes termos não associados ao termo projeto, retornam muitos trabalhos não relevantes;
- e) Os demais termos considerados na formação das *strings* (*circular economy, service life, durability, BIM, etc.*) são termos vinculados ao tema e importantes para análises dos dados obtidos.

As buscas foram realizadas nos dias 06 e 10/04/2023 e foram relacionados apenas documentos em formato de artigo científico, no período de 2003 a 2023 e na língua Inglesa, sem delimitação de área. Com as considerações elencadas, as buscas na base Scopus retornaram o total de 323 resultados.

Inferese, através do Quadro 3 que a Busca 3 foi a operação que mais retornou artigos. Considera-se, portanto, que é possível que os termos utilizados sejam abrangentes na abordagem, ainda que bastante específicos quando relacionados a indústria da construção.

Na Busca 2 foram incluídos termos associados ao projeto para adaptabilidade das edificações, especificamente. A pesquisa retornou apenas 15 artigos, o que significa que ainda são termos pouco disseminados na literatura ou com recente ascensão na abordagem.

Quadro 3: Ordem das buscas na base Scopus, formação das strings em função da combinação das palavras-chave e resultados das buscas

Palavras-chaves delimitadoras	Ordem das buscas	Formação das strings em função da combinação das palavras-chave	Somente artigos
<i>Building Construction Industry</i> OR OR	Busca 1	<i>Design for disassembly OR Design for deconstruction</i>	96
	Busca 2	<i>Design for Disassembly and Adaptability OR Design for Adaptability</i>	15
	Busca 3	<i>Design for disassembly OR Design for deconstruction OR Design for Adaptability</i>	109
	Busca 4	<i>(Design for disassembly OR Design for deconstruction OR Design for Adaptability) AND (Circular Economy OR Circularity)</i>	38
	Busca 5	<i>(Design for disassembly OR Design for deconstruction OR Design for Adaptability) AND (Lifespan OR Life Cycle OR Service Life OR Durability)</i>	49
	Busca 6	<i>(Design for disassembly OR Design for deconstruction OR Deconstruction OR Design for Adaptability) AND (BIM)</i>	12
	Busca 7	<i>(Design for disassembly OR Design for deconstruction OR Deconstruction OR Design for Adaptability) AND (Lifespan OR Life Cycle OR Service Life OR Durability) AND (BIM) AND (Circular Economy OR Circularity)</i>	4
	Total de resultados		323

Fonte: A autora (2023)

Nas Buscas 4, 5 e 6 foram associados os termos considerados na Busca 2 com os termos específicos da abordagem deste trabalho, como economia circular (Busca 4), ciclo de vida e vida útil (Busca 5) e BIM (Busca 6). A Busca 5 retornou o maior número de publicações (49 artigos). Relaciona-se a esta ocorrência o grande número de pesquisas relacionadas à Análise de Ciclo de Vida (ACV), método já bastante difundido na avaliação de edificações.

No entanto, a Busca 6 retornou apenas 12 artigos. Esta ocorrência relaciona-se ao BIM ainda ser considerada uma tecnologia em ascensão e objeto de pouca investigação na literatura.

A Busca 7 vinculou todos os termos relacionados nas operações anteriores, retornando apenas 4 resultados. Essa ocorrência demonstra o caráter inovador da

presente pesquisa e revela trabalhos importantes a serem considerados na abordagem e na busca por lacunas.

2.1.4 Coleta e organização dos dados

Finalizada a etapa de seleção das amostras, foi realizada exportação dos dados para o software *Mendeley*, onde foi possível organizá-las em diretórios e remover artigos duplicados. Dos 323 artigos resultantes das sete buscas, 214 foram identificados como duplicatas, resultando em um total de 109 artigos a serem analisados.

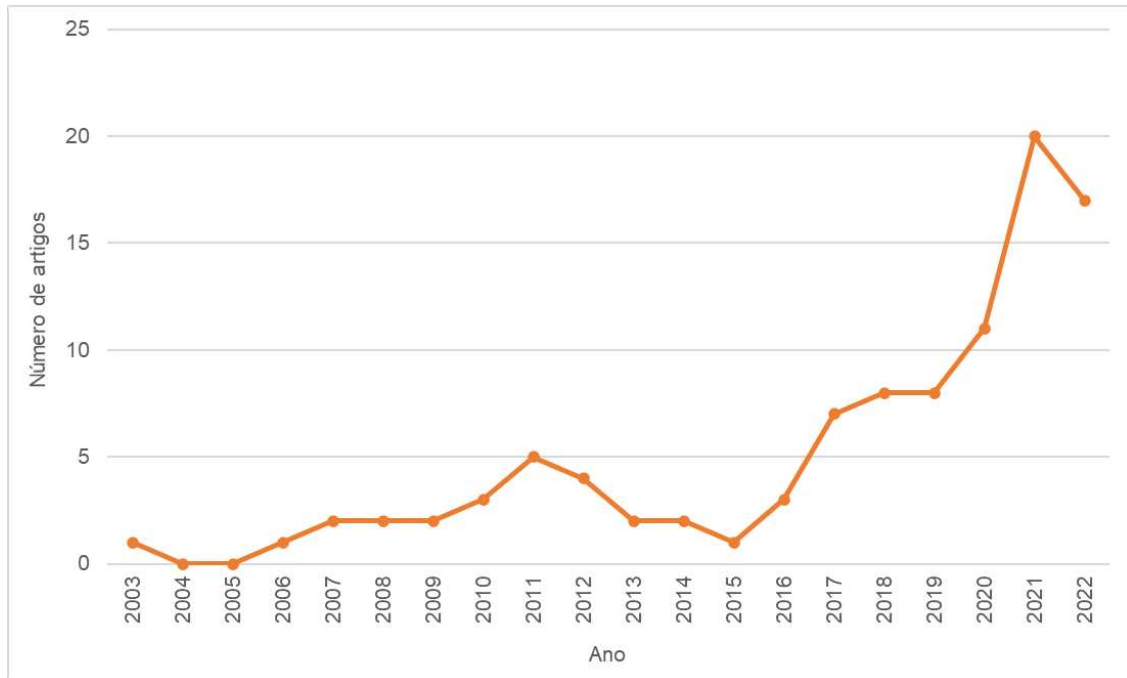
A partir da organização no *Mendeley* foi possível gerar um arquivo compatível para leitura no software *Bibliometrix*, que compreende uma ferramenta “R” para análise abrangente de mapeamento científico. Sua utilização permite o tratamento de grandes quantidades de dados (*big data*), relativas à produção científica, assim facilitando a análise das variáveis a serem observadas (Aria; Cuccurullo, 2017).

2.1.5 Mapeamento de análise de dados

Foi realizado um mapeamento de análise de dados dos artigos selecionados, organizado em tabelas e nuvens, utilizando as ferramentas disponíveis no software *Bibliometrix*.

Ao observar o número de publicações ao longo do período analisado (o ano de 2023 foi excluído por apresentar dados parciais na data da análise) infere-se, a partir da Figura 3, evolução temporal com média de 12,2% de crescimento anual e tendência de crescimento no número de artigos sobre Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade e termos associados. Observa-se exponencial expansão na quantidade de publicações a partir de 2017, com o ápice de publicações no ano de 2021 (20 artigos).

Figura 3: Produção científica anual



Fonte: A autora (2023)

A evidente evolução no aumento de publicações expõe a relevância e a atualidade da temática abordada no contexto mundial.

Em segundo momento, analisou-se a proficuidade dos periódicos, no qual foram localizadas 60 revistas diferentes. No Quadro 4 constam informações dos 15 principais periódicos, que foram classificados através do h_index , que se refere a uma proposta para quantificar a produtividade e o impacto de pesquisas individuais ou em grupos baseando-se nos artigos mais citados (Hirsch, 2005).

Quadro 4: Principais periódicos (continua)

Título do periódico	h_index	Nº de publicações	Nº de Citações
<i>Resources, Conservation and Recycling</i>	7	7	288
<i>Sustainability (Switzerland)</i>	5	9	88
<i>Buildings</i>	4	4	62
<i>Journal of Cleaner Production</i>	4	7	214
<i>Building Research and Information</i>	3	3	150
<i>Engineering Structures</i>	3	3	71
<i>Journal of Green Building</i>	3	3	33
<i>Architectural Engineering and Design Management</i>	2	3	12
<i>Automation in Construction</i>	2	2	219
<i>Building and Environment</i>	2	2	145

Quadro 4: Principais periódicos (conclusão)

Título do periódico	<i>h_index</i>	Nº de publicações	Nº de Citações
<i>Construction Management and Economics</i>	2	2	190
<i>Journal of Structural Engineering (United States)</i>	2	2	18
<i>Sustainable Cities and Society</i>	2	2	101
<i>Waste Management</i>	2	2	176
<i>Advances in Structural Engineering</i>	1	1	7

Fonte: a autora (2023)

O periódico que apresentou o maior número de publicações de artigos na área foi a revista *Sustainability*, com 9 publicações. No entanto, a revista *Resources, Conservation and Recycling* apresenta-se como o periódico com o maior número de citações na amostra (288 citações), destacando a relevância na abordagem da presente pesquisa. Ainda, é possível destacar as contribuições dos periódicos *Journal of Cleaner Production* e *Automation in Construction*.

No terceiro estágio do mapeamento, buscou-se analisar aspectos relacionados aos autores e citações. Evidenciou-se 361 diferentes autores, com média de 3,9 autores por documento. Nesta perspectiva, mediante o Quadro 5, pode-se observar os autores mais profícuos, classificados pelo *h_index*.

Quadro 5: Principais autores

Autores	<i>h_index</i>	Nº de publicações	Nº de citações
Bilal M.	5	5	413
Ding T.	5	6	147
Xiao J.	5	6	147
Akinade O.O.	4	4	368
Owolabi H.A.	4	4	368
Oyedele L.O.	4	4	368
Ajayi S.O.	3	3	292
Alaka H.A.	3	3	292
Birkved M.	3	3	113
Lehmann S.	3	3	169

Fonte: a autora (2023)

O autor Bilal M. destaca-se pelo impacto das publicações sobre o número de citações na abordagem – 413 citações e 5 publicações. Os autores Ding T. e Xiao J. publicaram o maior número de artigos relevantes (6 artigos cada um). É possível destacar também os autores Akinade O.O., Owolabi H.A. e Oyedele L.O., que tiveram um número considerável de citações (368 citações cada um).

O Quadro 6 destina-se a expor os 15 países mais representativos tanto ao número de publicações quanto de citações.

Quadro 6: Principais países

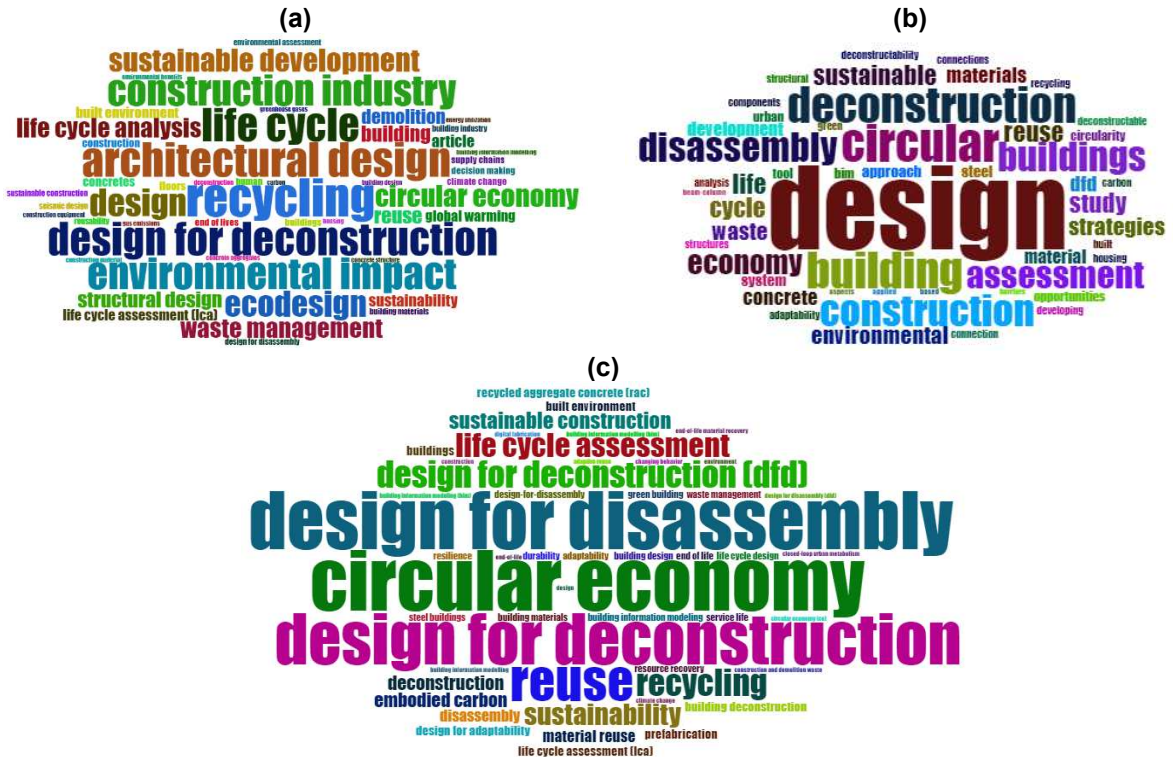
	Publicações		Citações	
	País	Frequência	País	Frequência
1º	Reino Unido	93	Reino Unido	320
2º	Estados Unidos	55	Estados Unidos	177
3º	Itália	42	China	153
4º	China	30	Dinamarca	113
5º	Bélgica	25	Itália	92
6º	Austrália	14	Luxemburgo	65
7º	Canadá	13	Canadá	62
8º	Finlândia	13	Egito	46
9º	Dinamarca	11	Finlândia	37
10º	Brasil	10	Bélgica	26
11º	Holanda	9	Áustria	21
12º	Singapura	8	Austrália	17
13º	Luxemburgo	7	Casaquistão	15
14º	Noruega	7	Alemanha	14
15º	Áustria	6	Brasil	11

Fonte: a autora (2023)

Nota-se a partir do Quadro 6 que há uma forte representatividade dos artigos publicados no Reino Unido, Estados Unidos e China. O Brasil aparece na décima posição entre os países com maior número de publicações, porém na décima quinta posição quanto ao número de citações.

Na Figura 4, elaborada a partir de nuvens de palavras geradas através do *software* de mapeamento, são demonstrados alguns elementos pertencentes aos estudos em análise que legitimam a presença da temática nas pesquisas analisadas. As nuvens representadas apresentam respectivamente: (a) Palavras-chave *Plus*, que são palavras-chave relevantes destacadas pelos editores das revistas, a fim de ampliar os resultados de pesquisas; (b) Palavras-chave dos títulos, que são termos de índice gerados automaticamente a partir dos títulos de artigos citados; (c) Palavras-chave dos autores, que são aquelas indexadas e permitem a pesquisa.

Figura 4: (a) Palavras-chave *Plus*, (b) Palavras-chave do título e (c) Palavras-chave dos autores



Fonte: dados tratados no software *Bibliometrix* (2023)

Para (Garfield, 1990) as palavras-chave *plus* ou *keywords plus* representam a inclusão de termos adicionais que possam recuperar e/ou maximizar o tema central do estudo. Assim, é possível destacar os termos “ciclo de vida”, “reciclagem” e “projeto/ concepção de arquitetura”, os quais evidenciam a necessidade do aperfeiçoamento de pesquisas na área da indústria da construção neste sentido.

Com relação à nuvem de palavras referente às palavras-chave dos autores, Zhang *et al.* (2016) mencionam que corresponde à maneira mais pertinente de demonstrar o conteúdo que se deseja exprimir. Deste modo é possível destacar os termos “*Design for disassembly*” e “*Design for deconstruction*”, como uma demanda emergente de um campo de estudo ainda pouco explorado que é a desconstrução ou desmontagem de edifícios, fortemente vinculados à Economia Circular.

As palavras-chave destacadas dos títulos dos artigos ainda reforçam os termos de maior impacto nos estudos dos últimos anos: Projeto, circularidade, desmontagem, BIM, sustentabilidade, reuso, resíduos, entre outros. Ainda é possível destacar nas análises de palavras-chaves, termos que parecem como tendência para estudos atuais, tais como *Ecodesign*, economia circular e tomada de decisão.

As palavras-chave identificadas, assim como os demais mapeamentos realizados, orientaram a condução da abordagem deste trabalho.

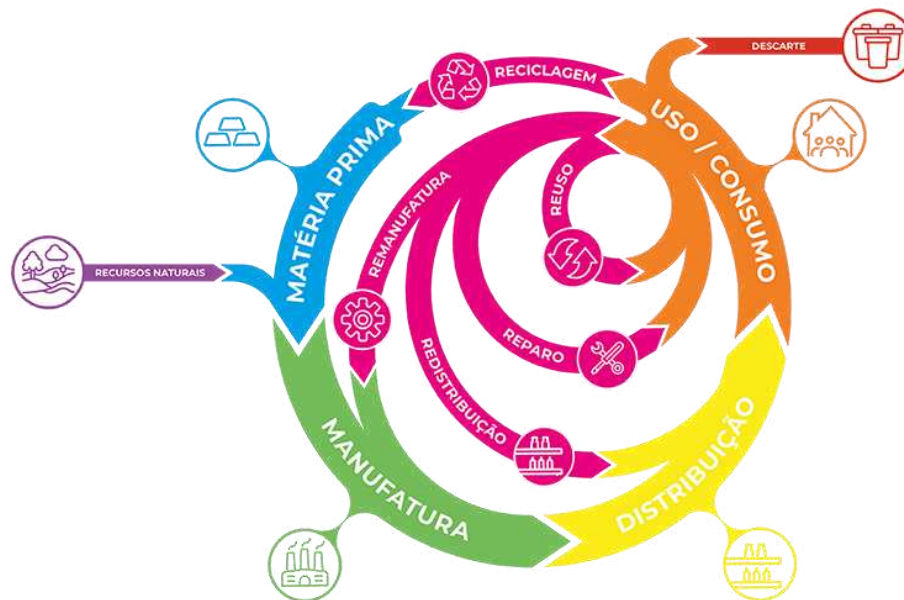
2.2 Economia Circular (EC)

A Fundação Ellen Macarthur define a Economia Circular (EC) como uma estrutura de soluções sistêmicas que tratam de desafios globais, tais como as alterações climáticas, perda de biodiversidade, resíduos e poluição, dissociando a atividade econômica do consumo de recursos finitos. Deste modo, a EC é baseada em três princípios, orientados pelo design:

- Eliminar resíduos e poluição;
- Circular produtos e materiais (no seu valor mais alto);
- Regenerar a natureza (Ellen Macarthur Foundation, 2023).

A Figura 5 ilustra o fluxo contínuo de materiais em um modelo de Economia Circular. É possível observar nesta dinâmica que quanto menor o ciclo que o produto fizer na cadeia, menor o uso de recursos.

Figura 5: Fluxo contínuo de materiais em um modelo de EC.



Fonte: Ideia Circular (2023)

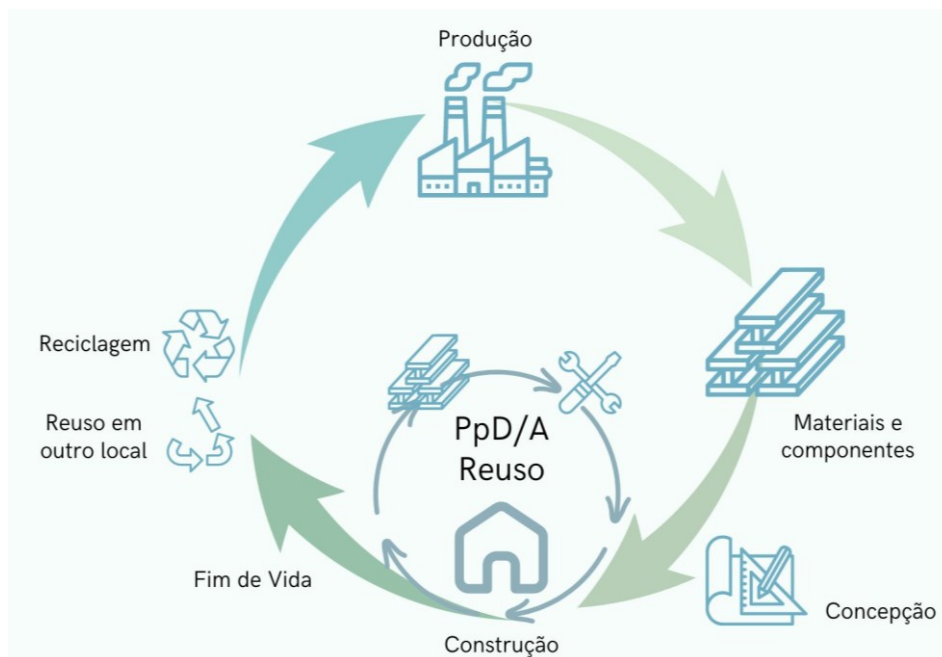
Neste sentido, é possível afirmar que neste processo a destinação de um material ou produto deixa de ser apenas um problema vinculado ao gerenciamento de resíduos, mas torna-se parte do processo de projeto de produtos e sistemas que já consideram a próxima vida útil, desde a sua concepção (Ideia Circular, 2023)

2.2.1 Aspectos da construção circular

Nos modelos de construção tradicionais, uma vez atingida a vida útil completa do componente, ele é então reciclado ou acaba como resíduo de construção. Isto significa que o valor do material gerado durante a extração e produção é perdido. A economia circular, baseada nos princípios do berço-a-berço, é um novo modelo de crescimento sustentável que desafia a forma atual de produção e consumo, e que introduz um modelo onde o valor do material é preservado durante sua vida. Os ciclos de materiais fecham-se, levando a menos resíduos de construção, à geração de menos CO2 e à subsequente minimização da utilização de recursos (Jensen e Sommer, 2018).

Nesse sentido, vários autores têm investigado as principais barreiras e estratégias para implementação de modelos baseados em EC na Indústria da Construção, identificando os princípios de Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (PpD/A) como fundamentais para esse objetivo (Akinade *et al.*, 2020; Bertino *et al.*, 2021; Charef *et al.*, 2021; O'Grady *et al.*, 2021; Kręt-Grzeškowiak; Baborska-Narozny, 2023). A Figura 6 representa os ciclos de produção da indústria da construção baseados em EC, e como o PpD/A está inserido na dinâmica.

Figura 6: Inserção do PpD/A em uma EC



Fonte: a autora (2024)

É possível observar na Figura 6 que o círculo interno se refere a uma minimização do uso de material em comparação com um sistema linear convencional. Assim, quanto mais estreito for o círculo, melhor será a reutilização dos materiais e da energia - entre outros recursos - utilizados na produção. Um círculo mais longo refere-se ao aumento do número de círculos consecutivos, ou seja, se os materiais são reutilizados, reciclados, etc. (ASkar *et al.*, 2022; Jensen e Sommer, 2018).

Para Jensen e Sommer (2018), o ambiente construído desempenha um papel vital na economia global e pode ser um propulsor para a inovação e o desenvolvimento sustentáveis. Acelerar a transição de uma atual economia linear para uma economia circular no setor da construção pode aumentar significativamente este potencial. Para tanto, é necessária a introdução de um projeto de desmontagem em todas as partes de um edifício visando manter os produtos e materiais a circular com o seu valor mais elevado no setor da construção (Jensen e Sommer, 2016).

Eberhardt *et al.* (2020) argumentam que edifícios, componentes e materiais têm potencialmente múltiplos ciclos de vida e uso. No entanto, há pouca experiência prática com multiciclagem, como projetar para desmontar componentes de construção para reutilização direta em um ou mais edifícios subsequentes no setor de construção. Com base na literatura, o reaproveitamento na indústria da construção inclui principalmente o reaproveitamento de estruturas inteiras, o reaproveitamento de componentes de estruturas antigas e o reaproveitamento dos materiais obtidos das estruturas. Pode-se constatar que o processo de reaproveitamento durante o gerenciamento de estruturas desmontadas acelera a sustentabilidade da construção (Cai e Waldmann, 2019). Alguns projetos envolvem esse tipo de consideração, como o BAMB (*Building as Materials Bank*), que busca aumentar o valor dos materiais de construção, levando à redução de desperdícios e menos recursos virgens (BAMB, 2015). Considerando a abordagem da EC e do Banco de Materiais, o PpD permite que o edifício em fim de vida seja fonte de materiais para o próximo (Basta *et al.*, 2020).

No entanto, Askar *et al.* (2022) argumentam que, ao invés de considerar as edificações apenas como potenciais bancos de materiais onde componentes e materiais podem ser recuperados, reutilizados ou reciclados para novas construções, o ideal seria prever prioritariamente a otimização do seu uso. Assim, A EC precisa ser vista como uma estratégia de negócios, não apenas como gestão de resíduos ou como uma estratégia de projeto, considerando o princípio de “desacelerar o ciclo”, o

qual sugere aumentar a longevidade da construção e do produto, preservando seu valor, qualidade e eficiência ao máximo possível (Askar *et al.* (2022).

Os órgãos formuladores de políticas mundiais (por exemplo, Comissão Europeia) e normas (por exemplo, ISO), no geral, enfatizam a necessidade de uma estrutura de circularidade universalmente reconhecida para edifícios (Khadim *et al.*, 2022). A ISO 20887/2020 expõe a necessidade de uma estrutura holística para criar, classificar e avaliar a circularidade em edifícios deve considerar todos os estágios do ciclo de vida, desde o planejamento até as opções de fim de vida com todos os fluxos de entrada e saída de materiais associados, bem como o envolvimento de um grupo diversificado de partes interessadas com especialidades interligadas. (International Standard, 2020).

No entanto, Mayer e Bechthold (2017) afirmam que a falta de métodos de desempenho abrangentes que avaliam o potencial de recuperação de materiais e componentes dificultam o alcance deste objetivo.

No Brasil, a Comissão de Meio Ambiente do Senado Federal propôs a elaboração do Projeto de Lei 1874/2022, que institui a Política Nacional de Economia Circular (PNEC). Após a apresentação do PL, foram criados dois grupos de trabalhos para definir o posicionamento do setor industrial sobre dois pontos críticos: relação com consumidor e aspectos social da economia circular (BRASIL, 2022).

O texto do projeto define conceitos, objetivos e instrumentos da PNEC e tem, como alguns de seus princípios, a eliminação de resíduos e poluição desde o início da cadeia de produção de bens e serviços e a manutenção do valor dos recursos, produtos e materiais em uso, pelo maior tempo possível, entre outros. Destacam-se como alguns dos instrumentos utilizados pela PNEC a criação do Fórum Nacional de Economia Circular, as compras públicas sustentáveis e a educação com foco na circularidade (BRASIL, 2022).

Segundo Munaro e Tavares (2022) a implantação da EC está associada, principalmente, ao suporte de políticas públicas. O trabalho dos autores teve como objetivo analisar as políticas públicas brasileiras que apoiam a implantação da EC no setor da construção civil com base na categorização das estratégias dos 9Rs, as quais visam ações circulares no ciclo de vida da edificação e valorização de recursos materiais e energéticos em todos os processos e fluxos (Figura 7).

Figura 7: A estrutura circular dos 9Rs em ordem de prioridade



Fonte: Adaptado de Potting *et al.* (2017 *apud* Munaro e Tavares, 2022)

Nesse sentido, Munaro e Tavares (2022) identificaram doze políticas públicas brasileiras e seus respectivos instrumentos e os categorizaram conforme a estrutura dos 9Rs de estratégias circulares. O Quadro 7 expõe a categorização das estratégias.

Quadro 7: Correlação das políticas públicas brasileiras e a classificação dos 9Rs

(continua)

Estratégia	Políticas Públicas	Descrição	Instrumentos para a circularidade
R0 Recusar	-	-	-
R1 Repensar	Resolução nº 348 (CONSELHO...,2004)	<i>Institui materiais de resíduos perigosos contendo amianto.</i>	Ladrilhos e outros objetos e materiais que contenham amianto são materiais perigosos
R2 Reduzir	Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007)	<i>Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.</i>	Redução e controle das perdas de água, incentivando a racionalização e promovendo a eficiência energética; Adoção de medição individualizada do consumo de água
	Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020)	<i>Atualiza o marco legal do saneamento básico</i>	
	PPCS - Plano de Ação para Produção e Consumo Sustentáveis (MINISTÉRIO...,2014)	<i>Articula as principais políticas ambientais e de desenvolvimento do País, em especial as Políticas Nacionais de Mudança do Clima e de Resíduos Sólidos e o plano Brasil Maior.</i>	Aproveita os recursos naturais do ambiente local; gerir e poupar água e energia na construção; promover o uso racional de materiais de construção
	Lei nº 12.187 (BRASIL, 2009)	<i>Institui a Política Nacional sobre Mudança do Clima - PNMC</i>	Redução das emissões de gases de efeito estufa

**Quadro 7: Correlação das políticas públicas brasileiras e a classificação dos 9Rs
(conclusão)**

Estratégia	Políticas Públicas	Descrição	Instrumentos para a circularidade
R3 Reutilizar	Lei nº 10.257 (BRASIL, 2001)	<i>Estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências.</i>	Uso de solo urbano não utilizado, subutilizado ou não utilizado; Usucapião de imóvel urbano; Regularização de edificações seguindo a legislação vigente
	Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007)	<i>Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.</i>	Reaproveitamento de efluentes e aproveitamento de águas pluviais
	Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020)	<i>Atualiza o marco legal do saneamento básico</i>	
R3 Reutilizar R4 Reparar R5 Reformar R6 Remanufaturar R7 Reaproveitar R8 Reciclar	Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010)	<i>Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos</i>	Planos de resíduos sólidos; Coleta seletiva, logística reversa e responsabilidade compartilhada, gerenciamento de resíduos sólidos
R8 Reciclar	Lei nº 11.445 (BRASIL, 2007)	<i>Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico e para a política federal de saneamento básico.</i>	Gerenciamento de resíduos sólidos
	Resolução nº 307 e Resolução nº 448 (CONSELHO...2002, 2012)	<i>Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil.</i>	Classificação e destinação adequada dos resíduos da construção civil. Planos de gestão de resíduos
	Resolução nº 431 (CONSELHO...2011)	<i>Estabelece nova classificação para o gesso.</i>	Gesso como resíduo reciclável classe B
	Resolução nº 469 (CONSELHO...,2015)	<i>Altera a Resolução CONAMA nº 307</i>	Logística reversa para embalagens vazias de tintas
R9 Recuperar	Lei nº 14.026 (BRASIL, 2020)	<i>Atualiza o marco legal do saneamento básico</i>	Extinção de aterros a céu aberto

Fonte: Adaptado de Munaro e Tavares (2022)

O estudo de Munaro e Tavares (2022) revelou que a implantação da EC no setor da construção no Brasil está focada na redução do RCC, norteada por instrumentos normativos como a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio dos princípios de responsabilidade compartilhada e logística reversa.

Ainda, o estudo deixou evidente que os instrumentos para transição para uma EC no setor da construção no Brasil ainda são incipientes e necessitam de pensamento sistêmico. Existem vínculos entre a legislação brasileira e as diretrizes de políticas que se relacionam e contribuem para a introdução dos princípios da EC nesta indústria, porém, ainda não há políticas públicas específicas e faltam esforços para a aplicação e consolidação das existentes (Munaro e Tavares, 2022).

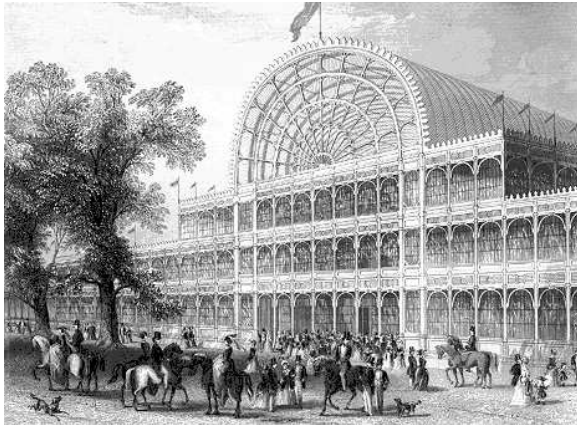
2.3 Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade de edificações (PpD/A)

Conforme mencionado no tópico sobre Economia Circular deste trabalho, uma estratégia crítica e emergente para substituir os processos usuais de demolição e consequente desperdício de recursos de construção é a desconstrução de edificações. Desconstrução, por definição, é o processo de quebrar uma estrutura em seus componentes para resgatar seus materiais para reciclagem, reutilização e renovação (RIOS *et al.*, 2015). Este processo favorece a revalorização e reutilização de materiais e elementos construtivos que, no processo convencional, seriam tratados como entulho e removidos para aterros que muitas vezes não estão legalmente autorizados a armazenar tais materiais (Couto e Couto, 2010). Assim, o processo de desconstrução altera essencialmente o processo tradicional de gestão de resíduos (Basta *et al.*, 2020).

O Projeto para Desconstrução ou Desmontagem (PpD) é uma prática para facilitar os processos e procedimentos de desmantelamento da edificação por meio do planejamento e projeto (Basta *et al.*, 2020). Este conceito emergente considera todo o ciclo de vida de uma edificação, desde o projeto inicial até a eventual remoção, incorporando princípios de desmontagem, reciclagem e manufatura reversa (Couto e Couto, 2010). A aplicação dos princípios PpD permitiria a desmontagem do edifício no futuro para alcançar a reutilização de componentes de ordem superior ou edifícios inteiros (Crowther, 2018), consequentemente permitindo modificações de tipologias espaciais ao longo do tempo (Durmisevic, 2019).

Embora existam construções desmontáveis desde os primórdios da humanidade relacionadas aos hábitos nômades dos seres humanos, recentemente, os edifícios mais conhecidos planejados para esse fim são as estruturas para exposições e feiras mundiais. Em 1851, foi concebido o projeto de um dos ícones da arquitetura, o *Crystal Palace*, que foi exposto na Primeira Exposição Mundial no *Hyde Park*, em Londres (Figura 8). Este pavilhão de exposições, considerado na época um dos mais significativos edifícios pré-fabricados do mundo, foi construído para exibir a exuberância do Império Britânico, tornando-se um marco na tradição de feiras internacionais. Após a exposição, as estruturas em ferro fundido e em chapa de vidro foram realocadas. O Palácio de Cristal foi desmontado e remontado em *Sydenham*, em 1854 (Figura 9) (Gössel e Leuthäuser, 2001).

Figura 8: Palácio de Cristal em Londres, em 1851



Fonte: Archdaily, 2023

Figura 9: Palácio de Cristal remontado em Sydenham, em 1854



Fonte: Archdaily, 2023

Atualmente, menos de 1% dos edifícios existentes são totalmente desmontáveis e o PpD ainda não é prática usual nesta indústria (Kanters, 2018). No entanto, os estudos na área cresceram exponencialmente nos últimos anos e estão, em sua maioria, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias para a fase de projeto.

Deste modo, a crescente abordagem em PpD continua a lançar estratégias para a sua aplicabilidade, como o planejamento da vida útil de serviço e do projeto de edifícios, em que técnicas de conexão reversíveis são combinadas com materiais de construção reutilizáveis (Durmisevic, 2006; Paduart, *et al*, 2015).

Nesse sentido, pesquisas recentes orientam para a avaliação do ciclo de vida de edifícios baseada em modelos de negócios de EC. A construção circular é definida como o desenvolvimento do edifício usando recursos renováveis disponíveis durante a construção, operação e reutilização. Os componentes de construção são projetados e preparados para retenção de valor, estendendo sua vida útil ou retornando materiais para reutilização em ciclos futuros (Braakman *et al.*, 2021). Assim, os princípios do PpD/A estariam vinculados, principalmente, aos esforços de recuperação e reaproveitamento de componentes construtivos, uma vez que a reciclagem de materiais já é uma prática comum na construção civil (Reike *et al.*, 2018). Em outras palavras, a EC é um modelo econômico vital que busca dissociar o desenvolvimento econômico do consumo de recursos finitos (Ellen Macarthur Foundation, 2023).

A recente norma ISO 29887:2020 define o Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (PpD/A) como uma abordagem para o projeto de um produto ou ativo construído que facilita a desmontagem no final de sua vida útil ou fornece a capacidade de ser alterado ou modificado para atender a um propósito específico de

forma a permitir que componentes e materiais entrem na dinâmica da EC. Nessa perspectiva, os princípios PpD/A incluem estratégias para otimizar a vida útil de serviço e de projeto das edificações, contribuindo significativamente para o desenvolvimento sustentável.

No entanto, as condições de viabilidade para a aplicação efetiva dos princípios e estratégias para construções desmontáveis e adaptáveis permanecem difusas na literatura.

Nesse sentido, este subcapítulo baseia-se, principalmente, na abordagem atual conduzida pela ISO 20887/2020. Através da fundamentação e contribuição de outras normativas e documentos científicos, este estudo conduz o Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (PpD/A) como estratégia crítica para o planejamento de todo o ciclo de vida, extensão da Vida Útil de Serviço (VU) e Vida Útil de Projeto (VUP) de edificações públicas e o consequente desenvolvimento sustentável da indústria.

2.3.1 A norma ISO 20887:2020

A ISO (*International Organization for Standardization*) é uma federação mundial composta de organismos nacionais que estabelece comitês técnicos para elaboração e aprovação de Normas Internacionais. A ISO 20887/2020, a qual é considerada base orientativa deste trabalho, foi elaborada pelo Comitê Técnico ISO/TC 59, Edificações e Obras Civas, Subcomitê SC 17 - Sustentabilidade em Edificações e Obras Civas, e faz parte de um conjunto de documentos que considera aspectos ambientais, sociais e econômicos (International Standard, 2020).

Deste modo, a ISO 20887: *Sustainability in buildings and civil engineering works — Design for disassembly and adaptability — Principles, requirements and guidance* (Sustentabilidade em edifícios e obras de engenharia civil – Projeto para desmontagem e adaptabilidade – Princípios, requisitos e orientações, em tradução), publicada em 2020, visa fornecer uma estrutura dos princípios de Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (DfD/A⁴, que neste trabalho será substituído por PpD/A, para fins de adaptação do termo ao português) e as questões-chave que

⁴ *Design for Disassembly and Adaptability*

devem ser consideradas pelos diferentes atores, particularmente os projetistas envolvidos no processo (International Standard, 2020).

A norma baseia-se na premissa de que a aplicação dos princípios do PpD/A ao planejamento da vida útil dos edifícios pode contribuir positivamente para o desenvolvimento sustentável, estimulando considerações alternativas na fase de definição do projeto e otimizando tanto a vida útil de serviço, quanto a vida útil do projeto (ver item 2.3.2). Assim, as estratégias vinculadas ao PpD/A visam minimizar a necessidade de remoções desnecessárias e novas construções, reaproveitando ou modificando ativos construídos⁵ para renovar sua vida útil e resultar em ativos construídos capazes de acomodar uma ampla variedade de usos (International Standard, 2020). De uma perspectiva mais ampla, a recuperação e subsequente reutilização ou reciclagem de materiais e componentes provenientes de desconstrução apoiarão a evolução dos processos baseados em EC.

A estrutura definida pela norma a qual norteia a implantação do PpD/A é precedida por considerações gerais que priorizam a determinação dos potenciais requisitos funcionais, de vida útil, regulamentares, políticos e outros. Tais considerações levam em conta também as características particulares do projeto, tais como, contextos físicos da localização e cultural local, tipo de usuário e de uso, sistema construtivo, tecnologias e materiais empregados, tamanho da edificação, vida útil de projeto, objetivos de performance, cronograma, entre outros. Posteriormente, ao avaliar as opções de projeto, sistema, elemento, componente e material do PpD/A, a norma orienta para a avaliação das possíveis compensações entre os impactos usando a construção de cenários e abordagens como custo do ciclo de vida e avaliação do ciclo de vida da construção (International Standard, 2020).

O Quadro 8 fornece exemplos de cenários que ilustram como o contexto, que decorre do resumo do cliente e da compreensão do uso presente e futuro da edificação, pode influenciar a aplicabilidade dos princípios PpD/A.

⁵ Tradução de “*Built assets*”. O termo significa qualquer coisa de valor que seja construída ou resulte de operações de construção (ISO 15686-1:2011)

Quadro 8: Exemplos de interação entre o contexto do projeto e os princípios de PpD/A

	Descrição do cenário/ contexto	
	Curto prazo (vida útil exigida < 20 anos) com múltiplos proprietários	Longo prazo (vida útil exigida > 60 anos) com alteração mínima de proprietários
Aplicação dos princípios de desmontagem	Alta relevância para conexões reversíveis e independência, reaproveitamento, materiais facilmente reutilizáveis	Alta relevância para durabilidade, padronização de componentes, reparo e atualização ou materiais facilmente reutilizáveis e recicláveis
Aplicação dos princípios de adaptabilidade	Baixa relevância para estratégias de longo prazo, no entanto, melhorar a versatilidade e a convertibilidade pode reduzir os impactos se o reaproveitamento for viável	Alta relevância, como expansibilidade da capacidade rodoviária e versatilidade dos centros de transporte público alinhado com as futuras mudanças tecnológicas

Fonte: Adaptado de International Standard (2020)

Os dois exemplos de cenários apresentados no Quadro 8 expõem o nível de relevância na aplicação de determinadas estratégias de PpD/A, auxiliando na tomada de decisão no projeto.

Os princípios PpD/A foram enquadrados em duas categorias: os relacionados à adaptabilidade e os relativos à desmontagem. O conceito de design para adaptabilidade compreende três princípios, enquanto o design para desmontagem deve consistir em sete princípios. Ambas as categorias devem ser submetidas a cinco níveis de análise – sistemas, elementos, componente ou montagem, subcomponente e material - os quais devem ser parte integrante dos processos de projeto, construção e gerenciamento de informações ao longo do ciclo de vida do ativo construído (International Standard, 2020).

Geralmente, os princípios de adaptabilidade lidam com mudanças no uso funcional do espaço para edifícios e mudanças nos requisitos operacionais para outros ativos construídos. Isso inclui a capacidade de acomodar diferentes funções sem a necessidade de mudanças significativas (Versatilidade), a capacidade de adaptar várias funções com pequenas modificações não estruturais (Conversibilidade) ou a capacidade de suportar mudanças substanciais, adicionar espaços e recursos e expandir a capacidade (Expansibilidade) (International Standard, 2020).

Em contraste, os princípios de desmontagem lidam com recursos materiais. Em resumo, os sete princípios da desmontagem incluem 1) facilidade de acesso a componentes e serviços; 2) independência de sistemas e camadas e uso de conexões reversíveis; 3) evitar tratamentos e acabamentos desnecessários; 4) apoiar modelos de negócio de reutilização que vão de encontro aos modelos de negócio que visam a Economia Circular; 5) reduzir o número de elementos, componentes e materiais

considerando a simplicidade; 6) padronizar o uso de recursos em termos de suas dimensões, modularidade e mercado; e 7) garantir a segurança e eficiência do processo de desmontagem (International Standard, 2020).

A seguir, os princípios de PpD/A orientados pela norma serão descritos mais detalhadamente, através de referências encontradas na literatura que corroboram com os requisitos da norma internacional.

2.3.1.1 Princípios do PpD/A – contribuições da literatura

A revisão sistemática e bibliométrica conduzida neste trabalho (item 2.1) permitiu a identificação das pesquisas mais relevantes para este trabalho. Com isso, foi possível identificar, na literatura, estratégias de projeto que contribuem na conceituação dos princípios de PpD/A orientados pela ISO 20887/2020. O objetivo do aprofundamento de conceitos é encontrar soluções de práticas projetuais, para então viabilizar o PpD/A em edificações.

A seguir, os princípios do PpD/A serão detalhados, de acordo com as descrições encontradas nas pesquisas correlatas deste trabalho:

(a) Facilidade de acesso

Dar acesso a todos os componentes e serviços do edifício é um princípio de projeto definido por vários autores dos documentos da revisão (Crowther, 2018; Sassi, 2008; Tingley e Davison, 2012; Kanters, 2018; Bertino *et al.*, 2021; Couto e Couto, 2010; e outros), além de fornecer acesso a todas as conexões e juntas (Sassi, 2008; Tingley e Davison, 2012, Nordby *et al.*, 2009; Rios e Grau, 2020; Debacker *et al.*, 2007; e outros).

Esses objetivos podem ser alcançados organizando os elementos de construção em uma hierarquia de acesso de acordo com sua expectativa de vida (Crowther, 2018; Nordby *et al.*, 2009; Akinade *et al.*, 2017; Mayer e Bechthold, 2018; Jaillon e Poon, 2014; e outros). Esta estratégia inclui a identificação da vida útil do projeto de diferentes elementos, considerando o gerenciamento do ciclo de vida dos ativos desde o projeto até o fim da vida. Assim, as camadas de elementos com ciclos mais frequentes devem ser colocadas próximas à superfície, considerando a sequência de desmontagem.

Além disso, o acesso a elementos construídos pode ser facilitado pelo planejamento de rotas de serviço que podem ser facilmente acessadas e mantidas (Tingley e Davison, 2012) e áreas dedicadas para zonas específicas do sistema (Rockow *et al.*, 2021).

(b) Independência

O processo de desmontagem e adaptabilidade da edificação pode ser viabilizado por meio de sistemas independentes, como estruturas e superestruturas separadas da envoltória, paredes internas, revestimentos e serviços. Isso pode ser alcançado projetando o edifício em camadas independentes (Guerra e Leite, 2021; Rockow *et al.*, 2021; Brigante *et al.*, 2022; Nordby *et al.*, 2009; Akinade *et al.*, 2017; Mayer e Bechthold, 2018; Jaillon e Poon, 2014; e outros). Um design em camadas facilita a separação e o acesso de componentes com diferentes períodos de vida. Portanto, materiais e sistemas compostos devem ser evitados, pois podem dificultar a separação de seus constituintes para reciclagem no final de sua vida útil (Machado *et al.*, 2018; Akinade *et al.*, 2017; Mrkonjic, 2007; Zoghi *et al.*, 2022; ANastasiades *et al.*, 2021; Charef *et al.*, 2022; Akinade *et al.*, 2015; Tingley e Davison, 2011).

No entanto, as camadas de construção devem ser projetadas para permitir a desmontagem paralela, em vez de apenas a desmontagem sequencial (Crowther, 2018; Nordby *et al.*, 2009; Akinade *et al.*, 2017; Kanters, 2018; Eckelman *et al.*, 2018; e outros). A desmontagem sequencial usa movimentos extras e reorientações para remover peças; uma solução é agrupar elementos em módulos, removendo peças em paralelo e reduzindo o número de movimentos e reorientações necessárias para remover peças (Smith e Hung, 2015).

Outra chave para garantir a independência do sistema é projetar com conexões reversíveis, que devem ser mecânicas em vez de quimicamente ligadas, como adesivos ou revestimentos (Nordby *et al.*, 2009; Jockwer *et al.*, 2020; Tingley e Davison, 2012; Crowther, 2018; Akinade *et al.*, 2017; e outros).

Acima de tudo, para garantir a estabilidade das camadas durante as manutenções, adaptações e desmontagens, deve-se garantir uma fundação robusta capaz de suportar a carga extra (Rockow, 2021; Khadim *et al.*, 2022; Akinade *et al.*, 2020).

(c) Evitar tratamentos e acabamentos desnecessários

Tratamentos de superfície e acabamentos em estruturas e componentes de edifícios devem ser evitados tanto quanto possível, pois dificultam a recuperação no final da vida útil. Aglutinantes, adesivos e resinas devem ser evitados ou, quando isso não for possível, tratamentos e acabamentos devem ser especificados para serem facilmente removidos durante a recuperação em fim de vida (Basta *et al.*, 2020; Machado *et al.*, 2018; Nordby *et al.*, 2009; Tingley E Davison, 2011; Akinade *et al.*, 2017; Kanters, 2018; Akanbi *et al.*, 2019; e outros).

(d) Apoiar modelos de negócios de reutilização (Economia Circular)

As construções prediais podem ser inseridas na dinâmica da Economia Circular por meio de especificações de projeto de materiais e componentes que podem ser reciclados e reutilizados (Basta *et al.*, 2020; Ding *et al.*, 2016; Machado *et al.*, 2018; Rios *et al.*, 2016; Akinade *et al.*, 2017; e outros). Basta *et al.* (2020) e Tingley e Davison (2011) orientam para estabelecer metas para a porcentagem da estrutura do edifício que pode ser reutilizada e reciclada.

Da mesma forma, o uso de elementos recuperados e reciclados deve ser incentivado (Kanters, 2018, Rasmussen *et al.*, 2020; Torgautov *et al.*, 2021; Hendriks e Janssen, 2003; Roberts *et al.*, 2023, Toniolo *et al.*, 2021; e outros), bem como o uso de materiais renováveis, biodegradáveis e produzidos localmente (Rios *et al.*, 2021; Torgautov *et al.*, 2021; Bertino *et al.*, 2021; VAndenbroucke *et al.*, 2013; Tingley e Davison, 2011). Isso pode ser viável se o fornecedor garantir a qualidade dos produtos e se eles estiverem corretamente identificados com as especificações técnicas adequadas (Toniolo *et al.*, 2021). Kanters (2018) afirma que também é importante identificar os elementos recuperados e reciclados que suportam o PpD/A.

O uso de materiais, componentes e conexões duráveis também é recomendado (Cai e Waldmann, 2019; Machado *et al.*, 2018; Rios *et al.*, 2021; Tingley e Davison, 2011; Akinade *et al.*, 2017; e outros). Esses elementos devem ser resistentes e suportar uso repetido, desmontagem e remontagem. Anastasiades *et al.* (2023) recomendam procedimentos de teste para materiais e componentes para reutilização.

Alguns autores incentivam o uso de bancos de materiais e componentes (BMC) para gerenciar e regular a transferência de materiais de um edifício em sua fase de FdV para uma nova estrutura (Cai e Waldmann, 2019; Akbarieh *et al.*, 2020;

Jayasinghe e Waldmann, 2020; Roberts *et al.*, 2023). Esses bancos disponibilizariam estoques de materiais para o futuro, com identificação e informações sobre os componentes e certificação do desempenho remanescente dos componentes (Jayasinghe e Waldmann, 2020).

O planejamento da vida útil de serviço e de projeto é uma estratégia que apoia o desenvolvimento da economia circular. (Tingley e Davison, 2011; Akinade *et al.*, 2017; Couto e Couto, 2010; Kanters, 2018; Debacker *et al.*, 2007; e outros). Este princípio inclui a determinação da expectativa de vida do edifício e seus componentes, realizando análises e simulações de alternativas de fim de vida para melhorar a gestão do ciclo de vida do edifício. (Tingley e Davison, 2011; Akinade *et al.*, 2017; Couto e Couto, 2010; Kanters, 2018; Debacker *et al.*, 2007; e outros).

Como o PpD/A ainda não é uma prática comum na indústria da construção, poucas políticas o estabelecem como estratégia para favorecer a recuperação e reutilização de materiais e componentes de desconstrução. Reivindicar uma legislação rígida e políticas de desconstrução é fundamental para o desenvolvimento da EC (Akbarieh *et al.*, 2020; Torgautov *et al.*, 2021).

(e) Simplicidade

A simplicidade no projeto de edifícios é um princípio que inclui principalmente a redução da complexidade. Isso significa reduzir o número e minimizar os tipos de materiais e componentes (Basta *et al.*, 2020; Machado *et al.*, 2018; Rios *et al.*, 2021; Nordby *et al.*, 2009; Tingley e Davison, 2011; e outros), minimizar detalhes (Rockow *et al.*, 2021), projetar formas simples e geometria de estruturas, componentes e conexões que permitem dimensões e ajustes padronizados (Tingley e Davison, 2011) e também evitar materiais compostos.

A simplicidade também pode ser entendida pelo uso de materiais e componentes leves que podem facilitar o manuseio e transporte de componentes e sistemas (Crowther, 2018; Akinade *et al.*, 2017; Debacker *et al.*, 2007; Machado *et al.*, 2018; Couto e Couto, 2010; e outros).

(f) Padronização

Estruturas padronizadas devem permitir sua reutilização em futuras reformas, relocações ou desconstruções de estruturas (Basta *et al.*, 2020), reduzindo sua

complexidade e tempo de montagem/desmontagem. Isso significa a utilização de elementos pré-fabricados e industrializados, como estruturas e componentes (Basta *et al.*, 2020; Crowther, 2018; Machado *et al.*, 2018; RIOS *et al.*, 2021; Rockow *et al.*, 2021; e outros).

No entanto, a padronização de edifícios também pode ser estendida para as seguintes estratégias:

- Uso de projeto modular: concepção de plantas, estrutura e altura entre andares regulares. Projeto para a grade estrutural padrão e módulos robustos que devem ser substituíveis e convenientes para transporte (Basta *et al.*, 2020; Rios *et al.*, 2021; Broniewicz e Broniewicz, 2020; Kanters, 2018; NOrdby *et al.*, 2009; Tleuken *et al.*, 2022; e outros);
- Uso de ferramentas, práticas e componentes padronizados;
- Conformidade do projeto com códigos e normas (Akinade *et al.*, 2017);
- Viabilizar a desmontagem utilizando ferramentas e equipamentos padronizados (Akinade *et al.*, 2017; Crowther, 2018; Machado *et al.*, 2018; Roberts *et al.*, 2023; Couto e Couto, 2010).
- Uso de dimensões padronizadas de componentes garantindo que sejam dimensionados adequadamente para manuseio e transporte (Cai e Waldmann, 2019; Munaro *et al.*, 2022; Jaillon e Poon, 2014; Crowther, 2018; Rios *et al.*, 2021; e outros).
- Identificação padrão de materiais e componentes: fornecer identificação e dados padrão e permanentes de diferentes componentes e tipos de materiais (Basta *et al.*, 2020; RIOS *et al.*, 2021).

(g) Segurança da desmontagem

O processo de desmontagem do edifício deve garantir a segurança da estrutura e dos recursos humanos. Acima de tudo, a estabilidade da estrutura deve ser garantida durante a desmontagem por um projeto de fundação robusto capaz de suportar a carga extra (Rockow, 2021; Khadim *et al.*, 2022; Akinade *et al.*, 2020) e projeto de estruturas de suporte que podem ser escorados e adaptados com segurança e facilidade (Debacker *et al.*, 2007).

O processo de desmontagem é viável quando existe espaço suficiente (Charef *et al.*, 2021; O'Grady *et al.*, 2021). Assim, devem ser considerados o espaço envolvido

e os meios necessários para lidar com os vários componentes durante a desmontagem e garantir uma folga realista entre os elementos para permitir todos os movimentos necessários durante a desmontagem (Couto e Couto, 2010). Da mesma forma, recomenda-se fornecer peças de reposição e devido armazenamento para os componentes, bem como capacidade de reposição de sistemas de construção (Tingley e Davison, 2011; Ladinski, 2017; Jayasinghe e Waldmann, 2020; Crowther, 2016; Eberhardt *et al.*, 2018; Couto e Couto, 2010)

Para garantir a segurança e a saúde da equipe de desmontagem e a não contaminação durante o processo, deve-se evitar o emprego de materiais tóxicos e perigosos (Basta *et al.*, 2020; Cai e Waldmann, 2019; Machado *et al.*, 2018; Rios *et al.*, 2021; Nordby *et al.*, 2009; e outros). Recomenda-se também dimensionar os componentes de acordo com os meios de manuseio para fácil armazenamento e transporte (Tingley e Davison, 2011; Crowther, 2016). Isso pode ser facilitado utilizando *frames* como um sistema estrutural e de vedações (Ostapska *et al.*, 2021) e a construção em aço (Akinade *et al.*, 2017).

Por outro lado, todo o processo de desmontagem deve ser guiado por um plano de desconstrução completo desenvolvido na fase de projeto (Basta *et al.*, 2020; Rios *et al.*, 2021; Akinade *et al.*, 2017; Guerra e Leite, 2021; Tingley e Davison, 2011). Essa estratégia considera o inter-relacionamento de todas as partes interessadas para planejar a sequência de desmontagem, soluções no local, transporte e gerenciamento de resíduos (Anastasiades *et al.*, 2023; Akinade *et al.*, 2017; Guerra e Leite, 2021; Motahar *et al.*, 2023; Vandervaeren, *et al.*, 2022; O'Grady *et al.*, 2021). Além disso, o plano pode ser aperfeiçoado utilizando tecnologia BIM. Ao simular o processo de desmontagem, a gestão da desconstrução é potencialmente facilitada pelo BIM (Basta *et al.*, 2020; Akinade *et al.*, 2017; Mattaraia *et al.*, 2023; Chen *et al.*, 2022; Munaro *et al.*, 2022).

O plano de desconstrução também deve incluir o planejamento da vida útil e do projeto de vida do edifício e seus componentes. Ao simular cenários de FdV e determinar a VUP do edifício e seus componentes, todo o ciclo de vida do edifício pode ser melhorado (Tingley e Davison, 2011; Akinade *et al.*, 2017; Kanters, 2018; Debacker *et al.*, 2007; Chen *et al.*, 2022; e outros). Portanto, é essencial fornecer um inventário completo de todos os materiais e componentes usados na construção e manter todas as informações sobre o processo de fabricação e montagem da construção de forma acessível por meio de um conjunto integrado de desenhos as

built (Basta *et al.*, 2020; Tingley e Davison, 2011; Rios *et al.*, 2015); Bertino *et al.*, 2021; Couto e Couto, 2010; e outros).

Além disso, as informações acessíveis para desmontagem devem fornecer o seguinte conteúdo:

- Inventário de manutenção (Hendriks e Janssen, 2003);
- Instruções de desmontagem de componentes, sistemas e pontos de desmontagem (Kanters, 2018);
- Instruções sobre posterior reutilização e reciclagem (Bertino *et al.*, 2021);
- Rastreabilidade do produto (reutilizado, reciclado, etc.) e garantia (Charef *et al.*, 2022);
- Uma estratégia clara para armazenamento intermediário de componentes reutilizáveis (logística) (Anastasiades *et al.*, 2023; Charef *et al.*, 2022).

(h) Adaptabilidade

Os três princípios de adaptabilidade - versatilidade, conversibilidade e expansibilidade - foram considerados neste único tópico pois se beneficiam de muitas estratégias semelhantes, bem como de muitas estratégias já abordadas nos princípios de desmontagem.

Garantir uma estrutura capaz de cobrir vãos variados e fornecer uma variedade de plantas possíveis por meio de um projeto de construção aberta é a chave para a versatilidade e conversibilidade dos edifícios (Crowther, 2018; Tarpio *et al.*, 2022; Rockow *et al.*, 2021; Geldermansa 2016; Akinade *et al.*, 2017; e outros). Isso pode ser alcançado por meio de uma grade estrutural simples, regular e coordenada (Machado *et al.*, 2018; Tarpio *et al.*, 2022; Rockow *et al.*, 2021; Jaillon e Poon, 2014; Couto e Couto, 2010; e outros).

Alguns autores recomendam o uso de camadas multifuncionais para permitir múltiplos usos do mesmo espaço (Mostafa *et al.*, 2022; Tarpio *et al.*, 2022; Rockow *et al.*, 2021; Hosey *et al.*, 2015; Ladinski, 2017). Brigante *et al.* (2022) recomendam o uso de estruturas de pilares e vigas em vez de paredes estruturais internas. Essa estratégia permite a utilização de divisórias internas móveis, também citadas por Ladinski (2017), Rasmussen *et al.* (2020) e Mostafa *et al.* (2022).

Para aumentar também a expansibilidade dos edifícios, foram identificadas algumas estratégias de projeto específicas, como segue:

- Aumentar a previsibilidade do layout: trabalhar com cenários pode abrir soluções que prolongarão a vida útil do edifício (Rockow *et al.*, 2021; Kanters, 2018);
- Fornecer capacidade de reserva nos sistemas prediais: espaços de teto superdimensionados e capacidade de energia superdimensionada (Rockow *et al.*, 2021); pé-direito amplo (Brigante *et al.*, 2022);
- Independência de sistemas: utilização de conexões reversíveis e fundação robusta, conforme abordado anteriormente nos princípios de desmontagem.

2.3.2 Vida Útil (VU) e Vida Útil de Projeto (VUP)

A crescente abordagem sobre a sustentabilidade na construção civil, assim como a valorização do ambiente construído e os altos custos de gestão e manutenção dos empreendimentos, tem evidenciado estudos recentes que apresentam métodos para a determinação da durabilidade e vida útil (VU) de materiais, componentes, instalações, estruturas e edifícios como um todo (Freitas, 2017). Uma das técnicas existentes com esse objetivo é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) (ABNT, 2014).

Segundo a NBR ISO 14040/2014⁶, a ACV tem como foco os aspectos e os impactos ambientais potenciais ao longo de todo o ciclo de vida de um produto ou sistema, desde a aquisição das matérias-primas, produção, uso, tratamento pós-uso, reciclagem até a disposição final, em uma abordagem “do berço ao túmulo”. Crowther (2005) afirma que tal avaliação identifica todas as entradas e saídas, benéficas ou não, durante todo o ciclo de vida desse sistema ou produto; assim, todos os impactos ambientais cumulativos podem ser vistos e analisados. No entanto, de acordo com Dong *et al.* (2021), diferentemente de outros produtos, os impactos ambientais causados por edificações são difíceis de avaliar devido ao uso diversificado e massivo de materiais, à longa vida útil e às características únicas de cada edifício.

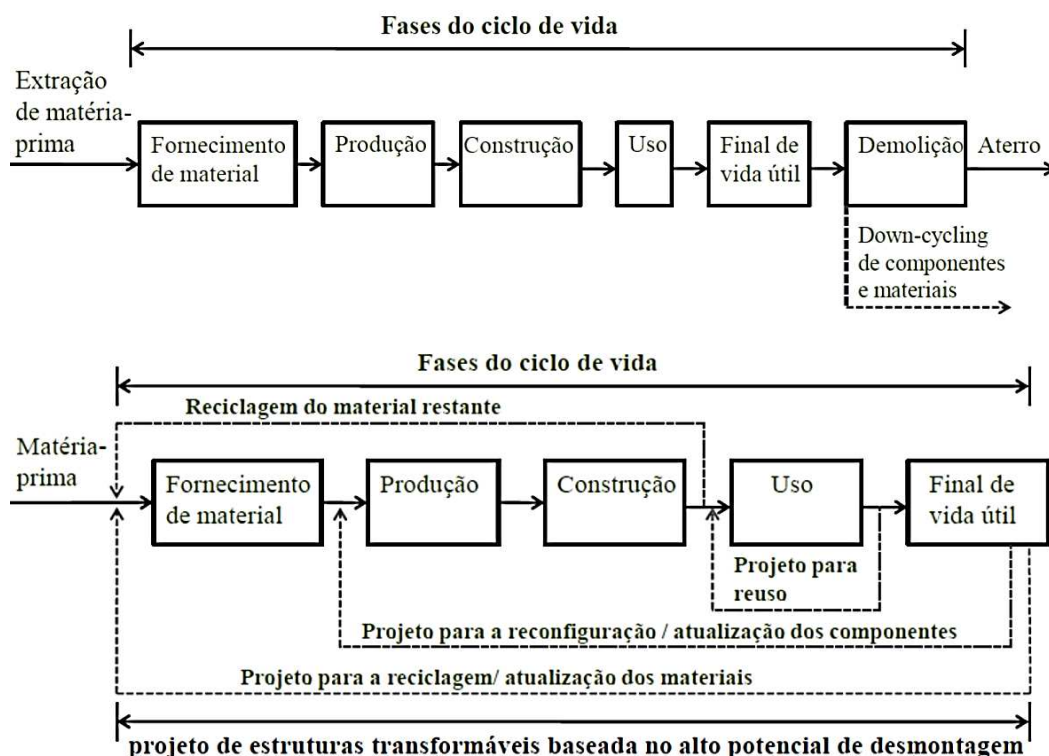
Vários autores chamam atenção para a importância de se ter um planejamento do ciclo de vida de edificações. Viggiano (2019) afirma que a ACV em edifícios permite o planejamento e especificações de produtos e sistemas mais duráveis, da construção em si, do uso pelos ocupantes, além da determinação da

⁶ Associação Brasileira de Normas Técnicas. ISO 14040:2014. Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Princípios e estrutura.

periodicidade de manutenção e substituição de materiais e componentes, e destinação dos materiais no fim de vida (descarte, reuso, reciclagem, entre outros).

Silva (2020) afirma que, conseqüentemente, é necessária uma abordagem de ciclo fechado na concepção dos edifícios, melhorando a eficiência global dos materiais e dos resíduos dos edifícios ao longo do seu ciclo de vida total, de modo que, após o fim da vida útil da edificação, os possíveis resíduos tornam-se novamente recursos que visam a preservação das edificações existentes (Silva, 2020). Assim, o foco do projeto seria fechar os ciclos mais curtos de recuperação de materiais, reestruturando o modelo convencional de ciclo de vida linear, onde o fim da vida útil não se dá pela demolição do edifício e sim por uma possível desmontagem. A diferença destes ciclos está representada na Figura 10.

Figura 10: Modelo linear padrão do ciclo de vida dos materiais e componentes de construções (acima) e modelo de ciclo de vida fechado dos materiais e componentes de estruturas com alto potencial de desmontagem (abaixo).

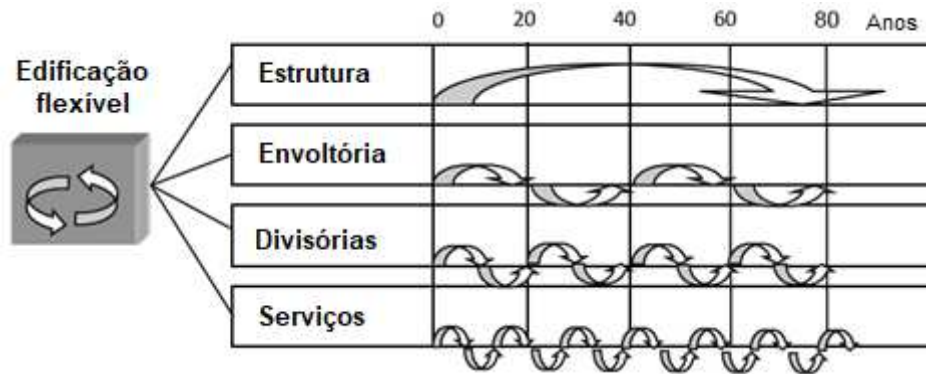


Fonte: Adaptado de Durmisevic (2019).

Segundo Durmisevic (2006), os impactos ambientais negativos das construções são, geralmente, causados pela desproporção que há entre o uso e o ciclo de vida técnico dos materiais e componentes, o que diminui o potencial de

recuperação destes materiais. Assim, segundo a autora, o primeiro passo para administrar a tensão temporal na construção é desacoplar os diferentes níveis da construção em taxas de tempo de mudança lenta e rápida.

Figura 11: Diferentes taxas de durabilidade de componentes da edificação.



Fonte: adaptado de Durmisevic (2019)

A Figura 11 ilustra diferentes taxas de durabilidade de uso de componentes de construção. É possível identificar os conflitos temporais de durabilidade entre os componentes, no entanto, a durabilidade final e o potencial de reverter ou estender o ciclo de vida da edificação estão relacionados com a maneira como os materiais estão colocados juntos, ficando evidente o impacto da tomada de decisão na fase de projeto (Durmisevic *et al.*, 2019).

Segundo Janjua *et al.* (2019b) os estudos de ciclo de vida mais recentes consideraram, principalmente, a VU aproximada de uma edificação (em média 50 anos) e não levaram em conta os requisitos de substituição de componentes do edifício, que são imperativo a qualquer edificação, obtendo resultados imprecisos no balanço de material e energia. De acordo com os autores, isso se deve à indisponibilidade de dados de VU dos próprios componentes do edifício. No entanto, essa energia (denominada energia de substituição) pode representar de 7% a 110% da energia incorporada inicial, se a VU dos materiais de construção não for considerada adequadamente na fase de projeto de um edifício.

Para Salvado *et al.* (2020) o planejamento do ciclo de vida dos elementos construídos garante que a VU de um sistema, com manutenção prevista, seja pelo menos tão longa quanto a estimada em projeto. Neste sentido, pesquisas recentes têm salientado que tal planejamento deve ser elaborado vinculado à VU dos elementos construídos.

A norma ISO 15686-1/2011⁷ determina que a “Vida útil é o período de tempo após a construção, no qual um edifício e suas partes atendem ou excedem os requisitos mínimos aceitáveis de desempenho estabelecidos”. Segundo Janjua *et al.* (2019) estimar a VU de edificações é um processo bastante complicado que envolve uma análise intensiva dos dados e deve ser realizada componente a componente. Tal dificuldade se deve às variáveis inerentes à cada edificação, tais como sua composição, especificação de materiais, projeto arquitetônico e estrutural. Ainda, o planejamento da VU deve considerar as diferentes propriedades e comportamentos dos materiais de construção, os requisitos do usuário, os agentes de degradação e o desempenho do edifício diante destes agentes (Janjua *et al.*, 2019).

Com objetivo de alcançar a confiabilidade na previsão da VU de edificações foi publicada a norma ISO 15686-1, Edifícios e ativos construídos – Planejamento da Vida útil de Serviço – Parte 1, no ano 2000. Posteriormente, um conjunto de outras publicações derivadas da ISO 15686 contemplaram diferentes aspectos e procedimentos para estimar a VU de edifícios. Sendo assim, a VU pode ser estimada por métodos determinísticos, de engenharia e probabilísticos (Janjua *et al.*, 2019).

A parte 2 da ISO (15686-2/2001), descreve um método determinístico chamado “Método do Fator”, onde fatores de avaliação específicos são aplicados para determinar a vida útil de materiais e componentes. O método se baseia em uma VU de Referência, que é a vida útil esperada para um determinado conjunto de condições de uso específicas do estudo de caso (Amoêda, 2009). Assim, as variáveis específicas que afetam a VU a serem consideradas são as seguintes:

- (i) Fator A: qualidade dos componentes;
- (ii) Fator B: nível de projeto;
- (iii) Fator C: nível de execução da obra;
- (iv) Fator D: ambiente interno;
- (v) Fator E: ambiente externo;
- (vi) Fator F: condições de uso;
- (vii) Fator G: nível de manutenção.

De acordo com a ISO 15686-1, a seguinte fórmula expressa o Método do Fator:

⁷ Internacional Standards. ISO 15686:2011. Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 1: General principles and framework

$ESLC = RSLC \times \text{Fator A} \times \text{Fator B} \times \text{Fator C} \times \text{Fator D} \times \text{Fator E} \times \text{Fator F} \times \text{Fator G}$

Onde:

ESLC: Vida útil estimada do componente

e RSLC: Vida útil de referência do componente (Amoêda, 2009).

Amoêda (2009) descreve, com base em outros estudos, que tais fatores são determinados por testes ou experiências de uso anterior e devem ser adaptados para cada material considerado, assim, o peso do fator também deve ser adaptado diante das condições de degradação conhecidas tais como as influências climáticas e condições de uso. O autor ainda afirma que a confiabilidade do método depende da precisão dos dados de entrada, onde fatores menores que a unidade reduzem a VU estimada, e fatores maiores que a unidade aumenta a VU estimada.

A norma brasileira NBR 15575/2021⁸, a qual estabelece requisitos gerais de desempenho em edificações habitacionais, determina que a durabilidade do edifício e de seus sistemas está diretamente associada ao custo global do bem imóvel. Assim, a norma determina que vida útil é “o período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender aos requisitos do usuário preestabelecidos”. Deste modo pode-se afirmar que a durabilidade de uma edificação se extingue quando essa deixa de atender às funções que lhe foram atribuídas em razão de degradações que tornam o desempenho insatisfatório ou por obsolescência funcional (ABNT, 2021).

De modo similar à ISO 15686/2011, a NBR 15575/2021 determina que a VU atingida por uma edificação refere-se a uma composição da Vida Útil de Projeto (VUP) influenciada pelas atividades de manutenção, clima, fatores de controle do usuário e outros fatores que não dependem do controle dos responsáveis pela construção do empreendimento. Por este motivo, projetistas, construtores e incorporadores devem determinar valores teóricos para a VUP, utilizando-se das Normas Brasileiras, Internacionais ou Regionais. Deste modo, a norma define a VUP como:

⁸ Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575:2021. Edificações habitacionais – Desempenho.

“(...) período estimado de tempo para qual um sistema é projetado, a fim de atender aos requisitos de desempenho estabelecidos nesta Norma, considerando o atendimento aos requisitos das normas aplicáveis, o estágio do conhecimento no momento do projeto e supondo o atendimento da periodicidade e correta execução dos processos de manutenção especificados no respectivo manual de uso, operação e manutenção (...)” (ABNT, 2021).

A VUP não deve ser confundida com o tempo de vida útil, durabilidade ou prazo de garantia legal, sendo que o tempo real de VU é uma composição do valor teórico da VUP, que pode ou não ser alcançado em função do desempenho da edificação diante das ações de manutenção, utilização, da natureza e da vizinhança.

Portanto, as condições de exposição da edificação devem ser especificadas em projeto, assim como as ações relativas à sua manutenção, uso e operação devem estar claramente detalhadas na documentação que acompanha o edifício, e consideradas no cálculo da VUP. Assim, os valores teóricos para a VUP de cada sistema devem ser elaborados para que estes tenham uma durabilidade potencial compatível com a VUP considerada nos projetos elaborados, não sendo inferiores aos valores estabelecidos no Quadro 9.

Quadro 9 – Vida Útil de Projeto (VUP)

Sistema	VUP mínima (Anos)
Estrutura	≥ 50
Pisos internos	≥ 13
Vedação vertical externa	≥ 40
Vedação vertical interna	≥ 20
Cobertura	≥ 20
Hidrossanitário	≥ 20

Fonte: ABNT (2021)

O Quadro 10 relaciona a VUP em categorias, as quais variam de 1 a 3, sendo respectivamente: substituível, manutenível e não manutenível.

Quadro 10 - Categorias de vida útil de projeto (VUP) para as partes do edifício

Categoria	Descrição	Vida útil	Exemplos típicos
1	Substituível	Vida útil mais curta que o edifício, sendo sua substituição fácil e prevista na etapa de projeto	Muitos revestimentos de pisos, louças e metais sanitários
2	Manutenível	São duráveis, mas necessitam de manutenção periódica, e são passíveis de substituição ao longo da vida útil do edifício	Revestimentos de fachadas e janelas
3	Não-manutenível	Devem ter a mesma vida útil do edifício por não possibilitarem manutenção	Fundações e muitos elementos estruturais

Fonte: ABNT (2021)

Quando não há indicação em projeto da VUP dos sistemas, serão adotados os valores apresentados no Quadro 9, para o desempenho mínimo (ABNT, 2021). A norma ainda especifica que a avaliação da VUP na análise do projeto, pode ser realizada através da utilização do método proposto pelas ISO 15686-1 a 15686-3 e ISO 15686-5 a 15686-7.

Todavia, é importante destacar que a norma brasileira é balizada, fundamentalmente, para atender requisitos mínimos de desempenho de edificações habitacionais “(...) principalmente para as habitações subsidiadas pela sociedade e as destinadas às parcelas da população menos favorecidas economicamente” (ABNT, 2021).

Já a norma ISO 15686-1:2011⁹ define a Vida Útil de Projeto (*Design Life*) como “a vida útil considerada pelo projetista como base para as suas especificações”. Ainda, define que o projeto para a durabilidade, através do planejamento da vida útil (*Service Life Planning*) é a elaboração de um programa, seguido do projeto da edificação e seus constituintes, que visa cumprir a vida de projeto requerida e, em consequência, reduzir os custos do empreendimento e facilitar a manutenção (International Standard, 2011).

Vários autores orientam para que o planejamento da vida útil da edificação inclua a determinação de cenários de vida útil (BASTA *et al.*, 2020; AKINADE *et al.*, 2017; RIOS *et al.*, 2021). Nesse sentido, o regulamento canadense CSA S478-95 -

⁹ INTERNATIONAL STANDARD. ISO 15686-1:2011. Buildings and constructed assets — Service life planning — Part 1: General principles and framework.

*Guideline on Durability in Buildings*¹⁰, o qual orienta quanto à durabilidade em edifícios e à integração dos requisitos de durabilidade no projeto, aproxima-se deste objetivo quando determina uma categorização de cenários de VUP, conforme apresentado no Quadro 11.

Quadro 11: Categorias de vidas úteis de projeto para edifícios, sugeridas pela norma CSA S478-95.

Categoria	Vida útil de projeto para edifícios	Exemplos
Temporários	Até 10 anos	- Construções não permanentes, escritórios de venda. - Construções para exposições temporárias.
Curta duração	10 a 24 anos	- Salas de aulas temporárias.
Média duração	25 a 49 anos	- Maioria das construções industriais. - Maioria das construções para estacionamentos.
Longa duração	50 a 99 anos	- Maioria das construções habitacionais, comerciais, para escritórios e serviços.
Permanente	Período mínimo de 100 anos	- Monumentos (museus, galerias de arte e arquivos). - Patrimônio.

Fonte: adaptado da norma CSA S478 (1995)

Nesse sentido, tanto o planejamento da vida útil de serviço quanto do projeto são estratégias que apoiam o desenvolvimento da Economia Circular (Bourke e Kyle, 2019; Chen *et al.*, 2022). Bourke e Kyle (2019) destacaram a importância do planejamento da vida útil para garantir que a vida útil de um ativo de construção seja igual ou superior à sua vida de projeto. No entanto, os autores afirmam que os estudos sobre o planejamento da vida útil têm recebido muito menos atenção do que a pesquisa de outras estratégias de EC.

2.3.3 Cenários de Fim de vida (FdV)

Muitos estudos têm discutido a expectativa de vida dos edifícios e as razões para o fim de sua vida. Aktas e Bilec (2012) afirmam que a construção de estruturas que permanecem por séculos não é a melhor solução ambiental para os problemas da sociedade, pois não acompanham as mudanças de uso e as novas tecnologias que possam surgir, resultando em obsolescência.

¹⁰ CANADIAN STANDARDS ASSOCIATION. CSA S478-95: *Guideline on Durability in Buildings*. Rexdale, Canada, 1995.

De acordo com a norma ISO 15686-1/2011 é possível distinguir três tipos de obsolescência nos edifícios: a funcional, a tecnológica e a econômica. A sua ocorrência típica e exemplos dos diferentes tipos de obsolescência são apresentados no Quadro 12.

Quadro 12: Tipos de obsolescência e exemplos

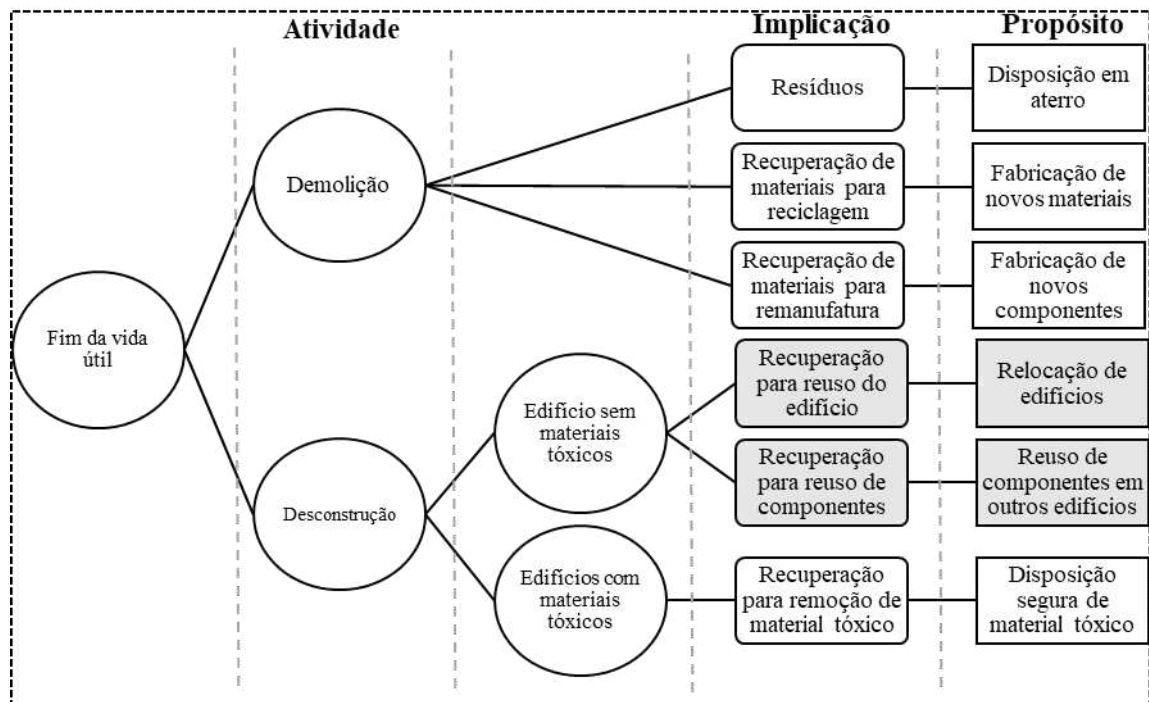
Tipo de Obsolescência	Ocorrência Típica	Exemplos
Funcional	A função em causa já não é requerida	Processo industrial obsoleto, instalações desnecessárias, divisória removida (em escritórios, por ex.)
Tecnológica	Alternativas atuais com melhor desempenho, mudança de padrões de uso	Mudança do isolamento térmico para um melhor desempenho, mudança para caixilharias mais estanques
Econômica	Item ainda totalmente funcional, mas menos eficiente e económico que novas alternativas	Mudança do sistema de aquecimento

Fonte: adaptado da ISO 15686-1 (2011)

Segundo Silva *et al.* (2021), a situação de obsolescência ocorre quando o ciclo de vida técnico é superior ao de utilização. Assim quando a edificação atinge um patamar de obsolescência, seja tecnológica ou funcional, requer do usuário uma tomada de decisão que compreenderá uma intervenção, a qual pode contemplar uma adequação (reabilitação, reforma, retrofit etc.) ou a remoção do edifício, a qual demanda a concepção de outro projeto (Silva *et al.*, 2021).

Segundo Akinade *et al.* (2015), o Fim de Vida (FdV) da edificação pode ser compreendido ou pela demolição, ou pela desconstrução, conforme ilustrado na Figura 12. A demolição como estratégia de remoção de edifícios resulta em descarte de resíduos em aterros, com pouca consideração pela recuperação do material. Por outro lado, a desconstrução visa a recuperação e descarte seguro de materiais tóxicos e evitar o desperdício através da recuperação e destinação alternativa para materiais e componentes.

Figura 12: Tipos e propósitos do fim de vida de edificações



Fonte: adaptado de Akinade *et al.* (2015)

Fatores importantes a serem avaliados na consideração do processo de desconstrução são os custos envolvidos necessários para promover a recuperação dos recursos materiais utilizados (Machado *et al.*, 2018) e o tempo necessário para a desmontagem da estrutura, que pode levar de três a oito vezes mais ao da demolição (Rios *et al.*, 2015). No entanto, considerando o aspecto ambiental, a desconstrução ainda pode ser vantajosa, principalmente quando a edificação já foi concebida sob esse aspecto.

Segundo Amoêda (2009), a determinação de um cenário de FdV permite identificar a matéria-prima para a qual um material ou componente recuperado será um substituto. Assim, o trabalho do autor pretendeu identificar o Cenário de FdV mais viável para cada material ou componente recuperado, determinando um modelo onde os cenários são compreendidos por quatro opções simplificadas:

- a) Reutilização;
- b) Reciclagem;
- c) Recuperação de calor;
- d) Aterro.

Deste modo, os materiais recuperados podem ser alocados aos quatro diferentes Cenários de FdV se cumprirem determinadas condições estabelecidas de acordo com as suas propriedades, que serão relacionados a seguir.

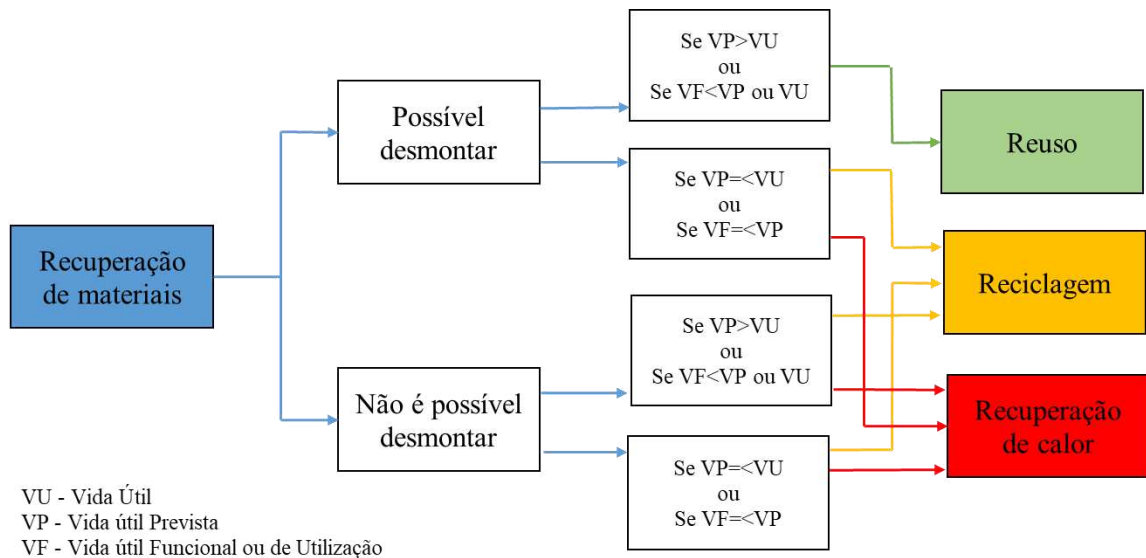
(a) Cenário de reutilização

O cenário de reutilização é considerado para aqueles materiais e componentes que cumpram total ou parcialmente as seguintes condições (ver Figura 13):

- Cujas Vida Útil Prevista (VP) é maior do que a Vida Útil (VU) do edifício;
- Cujas Vida de Utilização ou Funcional (VF) é menor do que a Vida Útil Prevista (VP) ou vida útil (VU) do edifício;
- Que pode ser desmontado ou parcialmente removido;
- Que mantenham sua forma ou função após serem desmontados ou parcialmente removidos;
- Não estar incorporando materiais perigosos.

O autor que componentes estruturais e desmontáveis são geralmente adequados para reutilização, tais como perfis de aço, perfis de madeira e elementos pré-fabricados de concreto, desde que atendam aos requisitos estabelecidos. Considera também que materiais não estruturais podem ser adequados para reutilização, como materiais de acabamento que podem ser redimensionados se necessário, como pisos de madeira, painéis de vidro, caixilhos de janelas e portas ou painéis metálicos. Elementos não desmontáveis podem ser cortados sem perder a forma e posteriormente reutilizados parcialmente para um fim igual ou diferente (Amoêda, 2009).

Figura 13: Alocação de materiais recuperados de acordo com os cenários de FdV



Fonte: adaptado de Amoêda (2009)

(b) Cenário de reciclagem

No Modelo proposto por Amoêda (2009), o cenário de reciclagem deverá ser considerado para aqueles materiais e componentes que cumpram total ou parcialmente os seguintes critérios (conforme Figura 13):

- Cujas vida útil prevista (VP) é superior à vida útil (VU) do edifício ou elemento de construção, mas a desmontagem não é possível;
- Cujas Vida Útil Prevista (VP) seja igual ou inferior à Vida Útil (VU) do edifício ou elemento construtivo;
- Cujas Vida de Utilização ou Funcional (VF) corresponda ou seja inferior à sua Vida Útil Prevista (VP);
- Que não possa ser desmontado;
- Que não mantenham a sua forma apesar de desmontados;
- Que possa ser separado por processos mecânicos ou químicos se for um material compósito, ou reciclado tal como está;
- Que possa ser limpo se for material contaminado;
- Não conter ou não incorporar materiais perigosos.

Amoêda (2009) ainda afirma que a possibilidade de desmontagem não é uma condição primária para a reciclagem caso forem aplicados processos mecânicos ou químicos para separação e limpeza. Exemplos disso são os casos de separação do papel do gesso na reciclagem de placas de gesso, ou do aço do concreto na

reciclagem do concreto estrutural. Em contraponto, os materiais que não sejam viáveis de serem separados para fins de reciclagem, como materiais compostos, serão alocados em cenários de Recuperação de Calor ou Aterro Sanitário, dependendo da sua composição e nível de contaminação.

(c) Cenário de Recuperação de calor

Este cenário é considerado por Amoêda (2009) como uma opção viável para aqueles materiais que não são adequados para fins de reutilização ou reciclagem, mas são recuperados para produção de energia através de combustão ou processos químicos (ver Figura 13). Exemplos de materiais são madeira descartada e materiais plásticos que não estejam contaminados.

(d) Cenário de aterro

Amoêda (2009) considera este cenário como a opção final para aqueles materiais que não são adequados para os três cenários anteriores. Materiais não removidos separadamente, apresentando contaminação química e física, materiais compósitos indissociáveis e materiais classificados como perigosos são alocados neste Cenário de FdV.

O trabalho de Silva et al. (2018) determina uma classificação para os elementos ou partes da edificação oriundos do processo de desagregação (Quadro 13), sob a ótica da recuperação dos materiais e componentes e redução do volume de resíduos destinados a aterros, orientando para uma simulação de demolição racional da edificação.

Quadro 13: Classificação de acordo com o método, processo e morfologia

Classificação	
Método	Desconstrução
	Demolição seletiva
	Demolição destrutiva
Processo	Mecânico
	Manual
Morfologia	Material amorfo
	Componente
	Elemento construtivo
	Material elaborado

Fonte: Silva et al. (2018)

Deste modo, os métodos de desmantelamento seguiram os conceitos a seguir:

- Desconstrução: processo de desagregação buscando manter o maior grau de função e conformação das partes;
- Demolição seletiva: combinação dos processos de demolição destrutiva e desmontagem;
- Demolição destrutiva: desagregação de um todo (edificação) em parcelas menores, geralmente materiais amorfos (Silva et al., 2018).

Em relação a morfologia dos materiais resultantes, o trabalho de Silva et al. (2018) adotou as seguintes definições:

- Materiais amorfos: aqueles sem conformação e função específica;
- Componente: produto com conformação e função definida;
- Elemento construtivo: combinação de materiais elaborados e componentes, para construir uma parte da edificação;
- Materiais elaborados: aqueles beneficiados e conformados sem função específica.

Quanto ao processo empregado, pode ser manual, com o uso de ferramentas, ou mecânico com utilização de equipamentos (Silva et al., 2018). Ainda, os autores determinam o potencial de recuperação por meio de análise empírica e estimativa das possibilidades para cada elemento, estabelecendo uma escala teórica que atribui percentuais de recuperação em função do potencial, conforme Quadro 14.

Quadro 14: Escala qualitativa estimativa do potencial de recuperação

Escala qualitativa estimativa	
Potencial	Recuperação
Integral	100%
Alto	75%
Regular	50%
Baixo	25%
Não reutilizável/ reciclável	0%

Fonte: Silva et al. (2018)

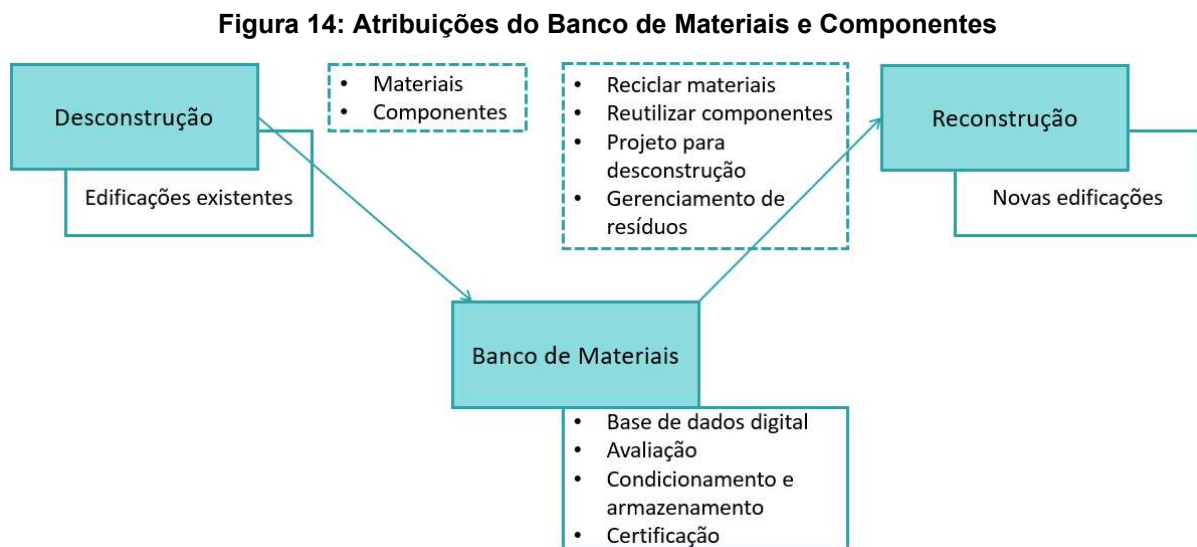
Assim, os autores orientam para uma simulação da demolição racional, a qual deve ser determinada em função da avaliação dos parâmetros atribuídos à destinação final do resíduo (reutilização, reciclagem ou aterro) e escala qualitativa estimativa.

2.3.4 Banco de Materiais e Componentes (BMC)

Segundo Jayasinghe e Waldmann (2020), para o desenvolvimento do PpD, bem como de ações de reciclagem e reutilização de materiais e componentes, é necessário um conhecimento detalhado sobre os elementos incorporados nos edifícios. Esse seria o conceito de Banco de Materiais e Componentes (BMC), que atua como gestor para administrar todos os negócios envolvidos na indústria da construção.

O trabalho de Cai e Waldmann (2019) discutiu os principais negócios do BMC proposto, incluindo avaliação, condicionamento, armazenamento e certificação de materiais e componentes obtidos das estruturas desmontadas. Para que isso seja possível, é necessário estabelecer uma base de dados detalhada sobre materiais e componentes em edifícios, a qual fornecerá todo o tipo de informação sobre os materiais e componentes de um edifício, através da gestão eficaz da reciclagem de materiais e da reutilização de componentes. Os autores afirmam que esse processo permitiria alcançar um alto nível de Economia Circular na indústria da construção.

O papel do BMC durante as fases de desconstrução e reconstrução é mostrado na Figura 14.



Fonte: Adaptado de Jayasinghe e Waldmann (2020)

Segundo Cai e Waldmann (2019), as atribuições resumidas do BMC seriam:

- Desenvolver um plano inteligente de desconstrução com base nas necessidades do mercado;

- Orientar a desconstrução ou desmontagem de estruturas no sentido da obtenção de materiais/componentes mais reutilizáveis e recicláveis, com base na análise de mercado de diferentes estruturas e em experiências anteriores do banco;
- Garantir a reutilização dos materiais/componentes no futuro durante o planejamento de nova construção, tais como a identificação de materiais apropriados para reciclagem;
- Validar a capacidade de desmontagem das estruturas durante o PpD e/ou fornecer uma avaliação do ciclo de vida das estruturas;
- Realizar avaliação dos materiais/componentes e condicionamento, se necessário, para ajustar a qualidade dos materiais e componentes para posterior reutilização.
- Garantir a instalação de tecnologias que permitam a legibilidade, editabilidade e facilidade de utilização da informação durante as fases de gestão e certificação de materiais e componentes reutilizados/reciclados;
- Fornecer um estudo de mercado para o desenvolvimento de uma base de dados que recolha materiais/componentes com elevado potencial de reutilização;
- Fornecer estratégias de transporte seguro para evitar danos aos componentes durante o trajeto aos pontos de fixação;
- Projetar e desenvolver algumas conexões razoáveis e confiáveis para componentes reutilizados, para a reconstrução dos componentes;
- Fornecer monitoramento ou previsão de possíveis danos às estruturas com base no banco de materiais e componentes. Por exemplo, o banco pode informar o usuário do edifício sobre alguns possíveis danos por meio de uma análise das propriedades de longo prazo dos componentes, utilizando as informações dos materiais e componentes disponíveis (Cai e Waldmann, 2019).

Cai e Waldmann (2019) ainda mencionam a utilização de modelos BIM que possibilitam gerenciar de forma eficaz a reutilização e reciclagem de materiais e componentes nas estruturas, compreendendo um banco de materiais digital.

Nesse sentido, vários autores mencionam a relevância do BMC para gerenciar e regular a transferência de materiais de um edifício em sua fase de FdV para uma nova estrutura (Cai E Waldmann, 2019; Akbarieh *et al.*, 2020; Jayasinghe E Waldmann, 2020; Roberts *et al.*, 2023). Esses bancos disponibilizariam estoques de materiais para o futuro, com identificação e informações sobre os componentes e certificação do desempenho remanescente dos componentes (Jayasinghe E Waldmann, 2020).

No Brasil, não foram encontradas ações relacionadas ao desenvolvimento de BMC pela administração pública federal. As iniciativas encontradas nesse sentido referem-se, em sua maioria, a ações regionais ou municipais, como decretos e projetos de lei que instituem a criação de BMC em municípios, porém relacionados ao uso de interesse social, como habitações sociais. As possibilidades verificadas relacionam-se com a compra de materiais e componentes recuperados, em comércios que atuam neste sentido, os quais, no entanto, não fornecem garantia da qualidade dos produtos.

Da mesma forma, não foram encontradas iniciativas internacionais que atuam na prática com este modelo de negócio, apenas uma crescente evolutiva na abordagem da relevância para a EC. Nesse contexto, conclui-se que ainda se trata de um conceito emergente que requer estudo de experiências práticas para sua aplicação.

2.3.5 Utilização do BIM na assistência ao PpD/A

Segundo Eastman *et al.* (2013), Modelagem da Informação da Construção (em inglês, *Building Information Modeling – BIM*) é uma das tecnologias mais promissoras da indústria que relaciona a arquitetura, engenharia e construção (AEC). O uso do BIM possibilita a criação de um modelo digital preciso de uma edificação, o qual, quando completo, apresenta a geometria exata e todos os dados relevantes para dar suporte à construção, fabricação e ao fornecimento dos elementos necessários para a execução da construção. Assim, as principais contribuições do BIM podem ser compreendidas no auxílio do processo de projeto de construção integrada, resultando em construções de melhor qualidade, com custos e prazos de execução reduzidos (Eastman *et al.*, 2013).

Para Longo (2020), as informações contidas no modelo gerado em BIM, além de auxiliarem na construção, podem ser relevantes para a manutenção e até mesmo na futura desmontagem da edificação. Isso porque o BIM dispõe de funcionalidades, como a identificação dos materiais utilizados, detalhamentos de conexões, que possibilitam realizar análises da relação entre os vários componentes e sistemas da edificação através de simulações.

Portanto, com o desenvolvimento de ferramentas tecnológicas para o ambiente construído nos últimos anos, houve um aumento considerável no número de pesquisas que visam avaliar o uso do BIM na condução e simulação do processo de PpD/A e identificar ferramentas compatíveis com o BIM para apoiar a decisão de projeto.

Nesse sentido, Jayasinghe e Waldmann (2020) desenvolveram uma ferramenta web baseada em BIM como um banco de materiais e componentes para a Indústria da Construção, visando a Economia Circular. Akanbi *et al.* (2019) desenvolveram um sistema analítico de desmontagem e desconstrução (D-DAS) para construção de economia circular. Akinade *et al.* (2015) propôs uma avaliação de desconstrutibilidade baseada em BIM (BIM-DAS). Mattaraia *et al.* (2023) exploraram a estruturação de informações de PpD possibilitada pelo BIM para apoiar a tomada de decisões de projeto integradas na construção, para medição dos níveis de desmontagem, restrito aos materiais e sistemas construtivos mais comuns utilizados no Brasil.

A vantagem do uso de tecnologia BIM estaria, principalmente, na possibilidade de integração do processo de projeto, favorecendo a determinação de cenários de FdV e recuperação de materiais e componentes, e gestão de resíduos de construção e demolição, visando a sua redução (Akinade *et al.*, 2017; Denis *et al.*, 2018; Basta *et al.*, 2020; Akbarieh *et al.*, 2020; Mattaraia *et al.*, 2023).

2.4 Instituições Federais de Ensino Superior (IFES)

As Instituições Federais de Ensino Superior (IFES) brasileiras, com a configuração organizacional atual, tiveram sua origem com a Universidade do Rio de Janeiro, fundada em 1920, que se tornou a Universidade do Brasil em 1937, e, por fim, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), em 1965. Assim, a UFRJ foi considerada como um grande projeto universitário do Governo na época, o qual serviu de modelo para as demais instituições de ensino superior do país (BRASIL, 2008).

O Estatuto das Universidades Brasileiras, publicado em 1931, visou a aplicação da legislação sobre o ensino superior, conduzindo normas para regulação das instalações de universidades nos estados (Fialho, 2005). Desde então, foram oficializados no Brasil a criação dos campi universitários, inspirados nos modelos das universidades norte-americanas, os quais consideravam a racionalidade construtiva e a funcionalidade administrativa das estruturas (Campêlo, 2012).

Atualmente, a gestão de IFES é determinada em Estatuto, onde constam informações sobre a estrutura e funcionamento, definição de políticas para ensino, pesquisa, extensão e gestão, além dos objetivos e finalidades da instituição. Assim, a elaboração do planejamento é estabelecida através de um acordo entre o Ministério da Educação (MEC) e a Associação Nacional de Dirigentes das Instituições Federais de Ensino Superior (ANDIFES), os quais deliberam e aprovam a distribuição orçamentária para as IFES (Ribeiro, 2012). O orçamento destinado às IFES é dividido em três grupos: (i) despesas obrigatórias – pessoal e encargos; (ii) gastos de manutenção – energia, água, internet etc; (iii) investimentos – planejamento e execução de obras, instalações e aquisição de equipamentos. Cerca de 80% do orçamento total é destinado às despesas obrigatórias, o que faz com que os gestores públicos tenham pouca flexibilidade para exercer o controle sobre os gastos (Facco, 2021; Marino, 2021).

Segundo o INEP (2022), o Brasil possui atualmente 2.595 instituições de Educação Superior, sendo apenas 120 instituições federais, representadas por universidades, institutos federais de educação, ciência e tecnologia (IFs) e centros federais de educação tecnológica (Cefets). De acordo com BRASIL (2008), a importância da abrangência nacional das IFES constitui-se em permitir a formação de profissionais altamente qualificados em todo o território, sendo fator de redistribuição da riqueza, além do desenvolvimento de projetos de pós-graduação, pesquisa e de extensão locais. Desse modo, as IFES são consideradas muito relevantes na redução da desigualdade social e tecnológica e no desenvolvimento social e econômico brasileiro, sendo responsável por mais de 90% da produção científica do país (INEP, 2022).

2.4.1 Caracterização das edificações de IFES

A Reforma Universitária de 1968 foi regulamentada pelo Decreto-Lei 5540/68, contou com o auxílio do especialista norte-americano Rudolph Atcon (1921-1995). Atcon visitou 12 universidades brasileiras, elaborando um relatório final intitulado “Manual sobre o Planejamento Integral do Campus Universitário”, onde apresentou orientações para o plano urbanístico dos campi, propondo diretrizes para a aquisição do terreno, o zoneamento dos centros de ensino, a hierarquia do sistema viário, a definição de gabaritos e tipologias para as edificações (ATCON, 1974). Desde então, Planos Diretores Físicos passaram a ser elaborados para cada nova instituição.

O plano urbanístico dos campi sugeria uma área de 5km² para a implantação de seu espaço físico, cujo projeto deveria ser desenvolvido por profissional especialista. O plano ainda apresentava amplo detalhamento para as edificações, a fim de garantir a unidade e a homogeneidade do conjunto, e previa a expansão em etapas, conforme as demandas fossem surgindo – condição que era viabilizada a partir da padronização dos elementos construtivos e da modulação estrutural. Deste modo, eram priorizadas as estruturas em concreto armado, com plantas livres, e superfícies revestidas com materiais de pouca ornamentação. Estratégias relativas à orientação solar foram implantadas, objetivando a maximização da iluminação natural e da ventilação cruzada, como dispositivos para o controle da incidência solar direta e amplas janelas em fita.

Mais recente, o trabalho de Andery *et al.* (2015) conduziu um estudo exploratório sobre o processo de projeto em obras de readequação de edificações públicas universitárias, que são consideradas pelos autores um “interessante objeto de estudo no campo do gerenciamento de projetos, em função de sua complexidade”. Os resultados encontrados pelos autores destacam fatores que dificultam soluções integradas para as etapas de projeto e construção. Além dos problemas inerentes ao processo de contratação de projetos de obras públicas, as instituições universitárias reproduzem problemas específicos, relacionados a seguir:

- a) Mudanças frequentes na estrutura organizacional e no quadro de profissionais envolvidos, o que torna frequente as alterações dos espaços físicos para adequações de uso, assim como os programas de necessidades que se modificam durante o processo de projeto;
- b) forte intervenção dos clientes nos processos de projeto;

- c) dinâmica de projetos que são condicionadas à obtenção de recursos financeiros (Andery *et al.*, 2015).

Para Faria *et al.* (2020) os problemas mencionados podem acarretar perdas no desempenho dos espaços, dificuldades aos usuários e conseqüente necessidade de reformas e adaptações. Portanto é imperativo melhorar o desempenho dos edifícios, definindo uma estrutura conceitual e fluxos de trabalho para o processo de projeto que prevejam o desempenho das edificações. Além disso, segundo Silva e Freitas (2016), o retorno financeiro de uma edificação de IFES está na durabilidade e conforto que esta proporcionará aos usuários, bem como na economia de recursos para o governo com a adoção de estratégias que racionalizem o consumo de recursos, ou seja, a eficiência energética e o uso racional da água, destacando a relevância atual da implantação de critérios de sustentabilidade em projetos de edificações para IFES.

Nesse sentido, o processo de projeto para edificações de IFES deve considerar as restrições e orientações dos Planos Diretores aprovados dos campi e as prioridades estabelecidas pelo Plano de Desenvolvimento Interno (PDI) de cada instituição, assim como as prioridades da gestão e dos usuários. Ainda, considerando que projetos de edificações de IFES estão submetidos às determinações dispostas em legislações, documentos normativos e orientativos para instituições públicas, a seguir serão descritos os processos de contratação, execução e projeto voltados para edificações de uso público.

2.4.2 Processo de contratação e execução de edificações públicas

A Administração pública tem como principal objetivo atender às necessidades da sociedade, sendo responsável por conceber e manter grande parte da infraestrutura urbana existente, que inclui edificações de uso público. De acordo com o TCU (2014) “obra pública é considerada toda construção, reforma, fabricação, recuperação ou ampliação de bem público”. Segundo o IBGE (2020), o setor público foi responsável por 24,4% de todas as construções de edificações e por 50% de todas as obras de infraestrutura no Brasil no ano de 2020.

Embora o Brasil possua posição de destaque no cenário mundial pela realização de grandes obras de engenharia e arquitetura, conforme apontado pelo CBIC (2022), historicamente, problemas das mais variadas ordens podem ser

observados nos processos de execução das obras brasileiras, tais como atrasos no cronograma, alterações constantes nos projetos, erros orçamentários, baixa qualidade de execução, entre outros.

A publicação da CBIC ainda chama a atenção para a imensa quantidade de obras inacabadas no Brasil. Uma auditoria operacional realizada pelo Tribunal de Contas da União (TCU), onde mais de 30 mil obras públicas financiadas com recursos federais foram analisadas, concluiu que mais de 30% foram consideradas como paralisadas ou inacabadas, o que corresponde a quase 20% do investimento previsto. Dentre os motivos para as paralisações o principal é de ordem técnica (47%) e se traduz especialmente pelas falhas, erros e omissões dos projetos básicos (CBIC, 2022).

Corroborando com tal constatação, o trabalho de Souza *et al.* (2020) realizou levantamento bibliográfico para identificar as principais causas para o problema crônico de atrasos de obras públicas, não apenas no Brasil, mas em outras federações do globo. Entre as causas mais frequentes está o aumento no escopo do trabalho e modificações inesperadas pelo proprietário do empreendimento. Nesse sentido os autores ainda apontam a frequência de contratação de projetos incompletos, demora no repasse de informações pelos clientes, além, no caso do Brasil, da permissividade da lei quanto à possível contratação isenta de detalhamentos e definições essenciais.

O Estatuto das Licitações e Contratos, Lei Federal nº 8.666 de 1993¹¹, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e está em transição para nova Lei de Licitações nº 14.133 de 2021¹² onde, na seção IV, subseção II dispõe sobre os regimes de contratação para as obras e serviços de Engenharia. Segundo Andery *et al.* (2015) as leis que regem o processo licitatório são a base para a melhoria contínua das práticas de projeto e produção no setor público pois enrijece e limita os critérios para escolha das empresas responsabilizadas pelo desenvolvimento de projetos e execução de obras e serviços.

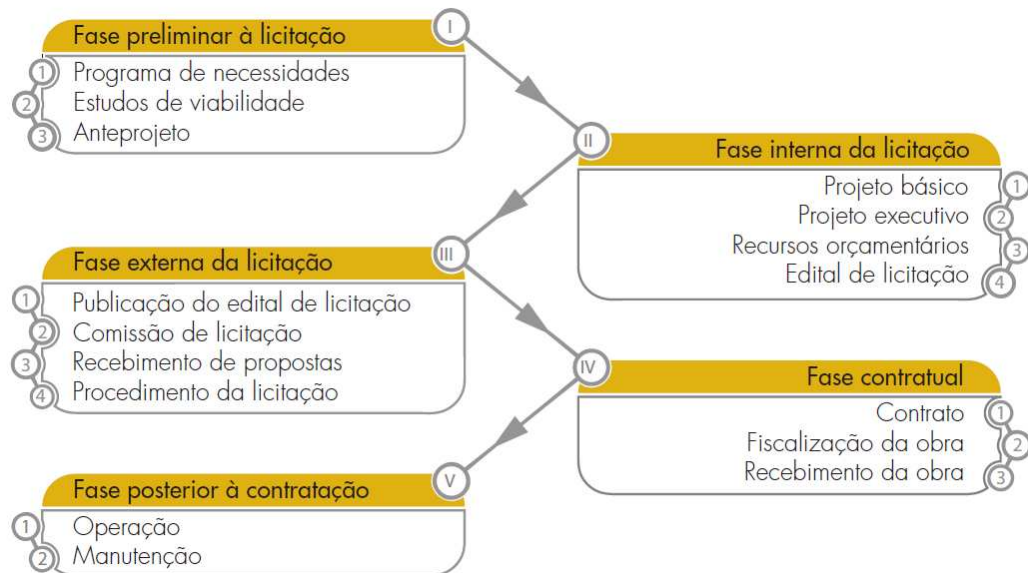
Até a sua conclusão, a obra pública passa por uma série de etapas fundamentais que antecedem até mesmo a fase da licitação. O sucesso do empreendimento depende intrinsecamente do cumprimento de forma ordenada e das

¹¹ BRASIL. Lei nº 8.666, de 21 de junho de 1993. Regulamenta o art. 37, inciso XXI, da Constituição Federal, institui normas para licitações e contratos da Administração Pública e dá outras providências.

¹² BRASIL. Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021. Lei de Licitações e Contratos Administrativos.

informações precisas fornecidas nestas etapas, que reflete diretamente em menor risco de prejuízos à Administração.

Figura 15: Fluxograma das etapas para contratação indireta de uma obra pública



Fonte: TCU (2014)

A Figura 15 apresenta um fluxograma orientativo da ordem sequencial das etapas a serem realizadas para uma adequada execução indireta de uma obra pública, divididas essencialmente em cinco fases: I) Fase preliminar à licitação; II) Fase interna da licitação; III) Fase externa da licitação; IV) Fase contratual; V) Fase posterior à contratação.

2.4.3 Gestão do processo de projeto de edificações públicas

Enquanto empresas do setor privado possuem autonomia na contratação e gestão em processos de projeto de edificações e infraestrutura, a Administração Pública está condicionada, sobretudo, ao atendimento das demandas sociais, ambientais, à necessidade da racionalização do orçamento público e da transparência. Por isso, o processo de projeto de edificações públicas deve seguir, fundamentalmente, as etapas regulamentadas pela lei nº 14.133/2021.

Conforme o art. 2º, item III, do Decreto nº 2.271, de 7 de julho de 1997¹³, as contratações da Administração devem demonstrar os resultados que serão alcançados em termos de economicidade e de melhor aproveitamento dos recursos humanos, materiais ou financeiros disponíveis. Tratando-se de projeto de edificações, as soluções adotadas têm relação direta com o resultado requerido nesse artigo do referido decreto.

Em complemento, existem diversos documentos oficiais que estabelecem diretrizes quanto às práticas de elaboração de projetos de construção, complementação, reforma ou ampliação de uma edificação na esfera pública, os quais visam o atendimento às leis, à qualidade de projeto e execução da obra ao longo de todas as etapas envolvidas; e a consequente eficiência e otimização na utilização dos recursos públicos e ambientais. Os principais documentos que orientam os projetos de ordem pública são relacionados a seguir:

- I. Manual de Práticas para Projeto, Construção e Manutenção de Obras Públicas, da Secretaria de Estado da Administração e do Patrimônio (SEAP)¹⁴:

Além de descrever em detalhes as etapas do processo de projeto contidas na lei de licitações, este manual colabora em diretrizes complementares para a boa prática de projetos de edificações, tais como:

- O desenvolvimento harmônico e consistente dos estudos e projetos, de forma a observar as possíveis interferências entre os elementos dos diversos sistemas construtivos;
- a consideração das aspirações do Contratante;
- a utilização de materiais e métodos construtivos adequados aos objetivos do empreendimento e às condições do local de implantação;
- a adoção de soluções racionais, elegendo sempre que possível sistemas de modulação e padronização compatíveis com as características do empreendimento;

¹³ BRASIL. Decreto nº 2.271, de 7 de julho de 1997. Dispõe sobre a contratação de serviços pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional e dá outras providências.

¹⁴ BRASIL. Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio (SEAP). Manual de Obras Públicas – Edificações: Práticas de Projeto da SEAP. Brasília, 2020.

- a adoção de soluções que ofereçam facilidades de operação, manutenção e a durabilidade dos diversos componentes e sistemas da edificação;
- a adoção de soluções técnicas que considerem as disponibilidades econômicas e financeiras para a implantação da edificação (BRASIL, 2020).

O Manual ainda orienta quanto à coordenação e responsabilidade dos projetos, o devido encaminhamento para aprovação formal nos diversos órgãos de fiscalização e controle, e a adequada apresentação de desenhos e documentos relacionados.

II. Manuais de Escopo de Projetos e Serviços (SECOVI-SP):

Compreendem diversos Manuais de Escopo de Contratação de Projetos e Serviços para a Indústria Imobiliária que estão sob coordenação do Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação ou Administração de Imóveis Residenciais ou Comerciais de São Paulo (SECOVI-SP). Os 14 manuais fornecidos apresentam uma importante base de informações direcionada a contratantes e projetistas, visando a qualidade no desenvolvimento de empreendimentos imobiliários. A iniciativa contempla os escopos de acústica, estrutura, instalações elétricas, instalações hidráulicas, arquitetura e urbanismo, impermeabilização, revestimentos, vedações, ventilação e ar-condicionado, coordenação de projetos, paisagismo, automação e segurança, arquitetura de infraestrutura esportiva e luminotécnica – todos com seu manual específico (SECOVI-SP, 2013).

III. Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras do TCU:

Cartilha que visa a orientar órgãos e entidades da Administração Pública que não possuem equipes técnicas especializadas nos procedimentos a adotar nas contratações para execução e fiscalização de suas obras. Tem ainda o objetivo de minimizar falhas formais e de execução, a fim de garantir a realização das obras de forma adequada e transparente.

A Cartilha aborda desde questões legais que regem a contratação de obras na Administração Pública em geral, em especial a Lei nº 8.666/1993 e alguns acórdãos e súmulas da jurisprudência do próprio TCU, reforçando a importância dos

procedimentos legais e regulamentares recomendáveis na execução de empreendimentos, até a apresentação da descrição dos principais aspectos técnicos de obras de edificações (TCU, 2014).

IV. NBR 16636-1 (2017) – Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e Urbanísticos - Parte 1: Diretrizes e Terminologias¹⁵:

Norma brasileira que estabelece, com base em outras normas específicas, os procedimentos gerais e as diretrizes das principais etapas para a elaboração e o desenvolvimento dos serviços especializados de projetos técnicos profissionais, arquitetônicos e urbanísticos e sua aplicabilidade, de acordo com as diversas especialidades envolvidas em cada projeto.

A norma estabelece que é responsabilidade do coordenador geral do projeto definir, antes da contratação dos outros profissionais habilitados, os escopos dos trabalhos, formas, prazos e quais profissionais devem desenvolver suas etapas, assim como os documentos a serem entregues e intercambiados entre as especialidades. Para sua realização, cada atividade técnica deve ter definidas em planos de trabalho específicos, as suas entradas, ou seja, os dados iniciais, as informações, e documentos necessários, os recursos a serem aplicados em cada fase dos trabalhos, os requisitos a serem respeitados e demais restrições definidas para o projeto, como prazos e custos, na forma como se refletem na atividade em questão.

V. NBR 16636-2 (2017) – Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e Urbanísticos. Parte 2: Projeto Arquitetônico¹⁶:

Norma que descreve as especificações das atividades técnicas que atuam no desenvolvimento do projeto arquitetônico específico para edificações e suas recomendações são aplicáveis a todas as categorias tipológicas funcionais e formais das edificações.

¹⁵ Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16636-1: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos. Parte 1: Diretrizes e terminologia. 46 p., Rio de Janeiro, 2017.

¹⁶ Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 16636-2: Elaboração e desenvolvimento de serviços técnicos especializados de projetos arquitetônicos e urbanísticos. Parte 2: Projeto arquitetônico. 23 p., Rio de Janeiro, 2017

Ainda, esta parte da norma estabelece os estágios de execução da atividade técnica do projeto arquitetônico para edificações, onde são consideradas duas fases principais: 1) fase de preparação e 2) fase de elaboração e desenvolvimento de projetos técnicos, as quais serão detalhadas a seguir:

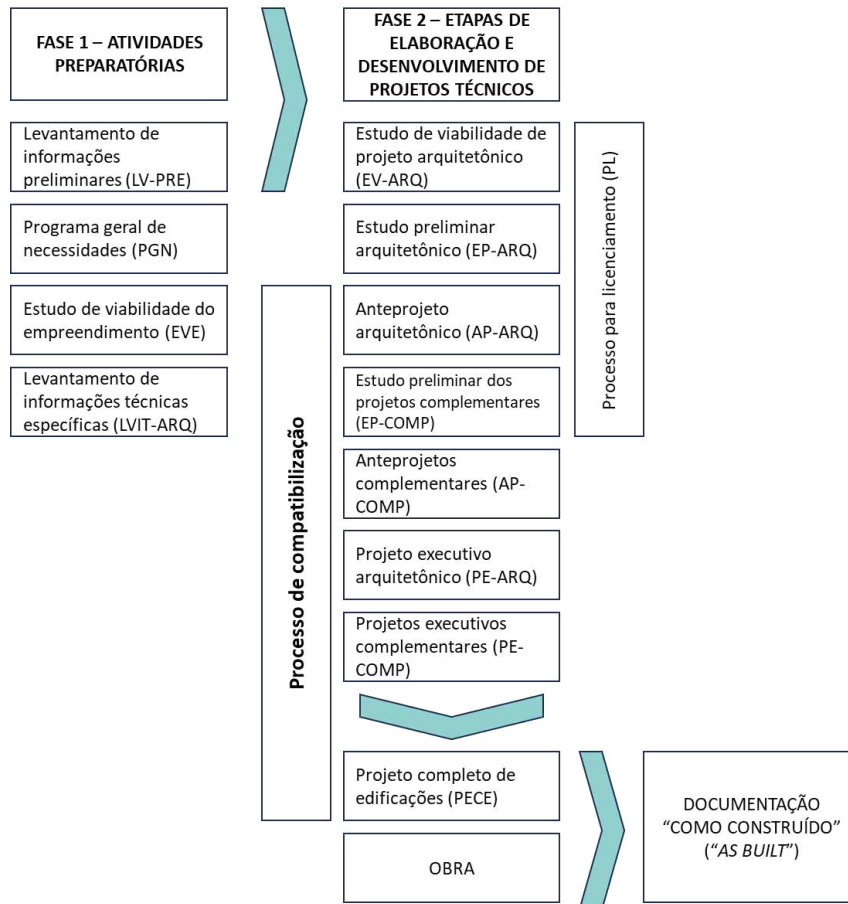
Fase de preparação, que inclui as seguintes etapas:

- a) Levantamento de informações preliminares;
- b) programa geral de necessidades;
- c) estudo de viabilidade do empreendimento;
- d) levantamento das informações técnicas específicas (LVIT-ARQ) a serem fornecidas pelo empreendedor ou contratadas no projeto.

Fase de elaboração e desenvolvimento de projetos técnicos, cujo processo inclui a determinação e representação prévias da configuração arquitetônica da edificação, mediante o desenvolvimento e a coordenação geral dos projetos de todos os elementos da edificação (projeto completo) e sua compatibilização. Esta fase é composta pelas seguintes etapas:

- a) levantamento de dados para arquitetura; levantamento das informações técnicas específicas a serem fornecidas pelo empreendedor ou contratadas no projeto;
- b) programa de necessidades para arquitetura;
- c) estudo de viabilidade de arquitetura;
- d) estudo preliminar arquitetônico;
- e) anteprojeto arquitetônico;
- f) estudo preliminar dos projetos complementares;
- g) projeto para licenciamentos;
- h) anteprojetos complementares;
- i) projeto executivo arquitetônico
- j) projetos executivos complementares;
- k) projeto completo de edificação;
- l) documentação conforme construído – (“*as built*”).

Figura 16: Fases dos projetos arquitetônicos e complementares da edificação



Fonte: Adaptado de NBR 16636-2 (2017)

A Figura 16 apresenta o fluxograma das fases de projeto de edificações, segundo a norma.

Como é possível observar, existem diversos instrumentos regulamentadores que visam garantir a qualidade dos projetos de edificações pertinentes à gestão da Administração Pública. No entanto, segundo Faria *et al.* (2020), alguns aspectos presentes na lei de licitações podem acarretar problemas de construtibilidade, pois dificultam o desenvolvimento de projetos dentro dos conceitos de engenharia simultânea e integração entre as atividades envolvidas, uma vez que permite, em alguns casos, que a execução de detalhamentos do projeto seja feita de forma concomitante com a execução da obra, favorecendo erros de compatibilização.

No Brasil, o desempenho em construções vincula-se principalmente às recomendações da norma NBR 15:575: Edificações habitacionais — Desempenho. Embora a norma represente avanços significativos no estabelecimento dos critérios

de desempenho, é aplicável apenas aos empreendimentos habitacionais, sendo que essa abordagem aplicada às edificações públicas ainda é incipiente.

Não obstante, os problemas evidenciados relacionados às falhas nos projetos, que são a principal causa dos problemas construtivos, poderiam ser significativamente reduzidos com o planejamento holístico de todo o ciclo de vida da edificação.

2.4.4 Gestão Pública de Resíduos da Construção e Demolição (RCD)

Define-se por resíduos de construção e demolição (RCD) aqueles gerados quando novos edifícios e estruturas são construídos e quando os edifícios existentes são renovados ou demolidos, incluindo atividades de desconstrução (Thives *et al.*, 2022). O setor da construção, apesar dos crescentes esforços para reduzir o impacto ambiental de seus processos, ainda é uma importante fonte de resíduos adversos ao meio ambiente (Nagalli, 2022; Shooshtarian *et al.*, 2022).

Os RCDs representam 30% a 40% do total de resíduos sólidos gerados no mundo (LI *et al.*, 2020). No Brasil, só no ano de 2021, foram coletados pelos municípios mais de 48 milhões de toneladas de RCD, o que representa um crescimento de 2,9% em relação ao período anterior (período pós pandemia). Boa parte desta quantidade equivale a resíduos de construção e demolição abandonados em vias e logradouros públicos (ABRELPE, 2022).

Segundo Thives *et al.* (2022), direcionar RCD para aterros não é eficaz e leva a sérios impactos ambientais e uso desnecessário da terra. Neste sentido, o governo deve fornecer incentivo para o gerenciamento sustentável de RCD e aplicação de políticas e estratégias para facilitar o desenvolvimento do mercado (Shooshtarian *et al.*, 2022). Enquanto isso, a participação e supervisão pública e dos governos pode melhorar a gestão destes resíduos e controlar de forma mais eficaz o despejo ilegal, através da criação de linhas diretas de supervisão e plataformas de informação para facilitar a participação do público (Chen *et al.*, 2019).

Uma das maneiras de minimizar a deposição de RCD em aterros ou em locais não autorizados para este fim, é o reaproveitamento destes resíduos por meio da reciclagem em usinas para produção de agregados (Silva, 2020). Neste sentido, Shooshtarian *et al.* (2022) afirmam que a legislação precisa fornecer o suporte necessário para as atividades de reciclagem de resíduos.

No Brasil, a Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), a qual entrou em vigor no ano 2002 e foi atualizada pelas resoluções nº 431/2011, nº 448/2012, e nº 469/2015, estabelece diretrizes, critérios, procedimentos de gestão e classificação dos resíduos. Assim, os resíduos foram segregados em classes, conforme definição: Classe A - resíduos inertes que podem ser reciclados sem processos de transformação, por exemplo: tijolos, cerâmicas, concreto, argamassas, telhas de barro etc; Classe B - resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plástico, papel, metal, vidro, madeiras, embalagens vazias de tintas imobiliárias e gesso; Classe C - resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem ou recuperação; e Classe D - resíduos considerados perigosos: tinta, solvente, óleo, hospitalar, amianto, etc. (CONAMA, 2015).

Em 2010 foi aprovada a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), por meio da Lei nº 12.305 de 2 de agosto de 2010, a qual estabeleceu a forma como o país deve dispor os seus resíduos, incentivando a reciclagem e a sustentabilidade. A lei se baseia no princípio de responsabilidade compartilhada, considerando que todos os agentes envolvidos na fabricação, distribuição, venda e consumo são responsáveis pelo ciclo de vida dos produtos e seus resíduos.

Em 2022, o Decreto nº 10.936/2022 trouxe nova regulamentação à lei da PNRS e o Decreto nº 11.043/2022 instituiu o Planares – Plano Nacional de Resíduos Sólidos, o principal instrumento previsto na Lei, que estabelece as estratégias, diretrizes e metas para o setor para os próximos 20 anos (ABRELPE, 2022).

A recém-publicada norma NBR 17100-1/2023¹⁷ pode ser considerada um marco nacional na gestão de resíduos. A norma determina uma hierarquia na destinação de resíduos, para além da hierarquia já descrita na Política Nacional de Resíduos Sólidos. Ainda, chama a atenção para a recuperação energética e a eliminação, respectivamente, como possibilidades de destinação anteriores à disposição final dos resíduos, assim como o planejamento como uma etapa posterior à não-geração.

Corroborando com as últimas orientações das principais normativas, Li *et al.* (2020) afirmam que o gerenciamento de resíduos da construção e demolição deve ser prevista ainda na fase de projeto, reduzindo os desperdícios na origem. Segundo Li

¹⁷ Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 17100: Gerenciamento de resíduos. Parte 1: Requisitos gerais . 31 p., Rio de Janeiro, 2023.

et al., (2020) as tecnologias da informação podem ser grandes aliadas para promover a eficiência do gerenciamento de RCD e minimizar os efeitos ambientais e sociais do descarte de resíduos.

Neste contexto, considerando que o setor da construção civil é um dos principais geradores de resíduos em todo o mundo, a revisão da literatura fundamenta o papel do poder público no incentivo de boas práticas e estratégias para de gestão dos RCDs. Além disso, foi evidenciada a necessidade prioritária dessas estratégias estarem previstas ainda na fase de projeto de construção ou readequação de edificações, através do planejamento do seu Fim de Vida (FdV) e projetos para desmontagem e adaptabilidade (PpD/A).

2.4.5 Sustentabilidade em edificações públicas

De acordo com Viggiano (2019) sustentabilidade ambiental é uma qualidade atribuída à capacidade de se manter utilizando as limitações dos recursos naturais disponíveis, tais como a água, o potencial energético e a biodiversidade; gerindo de maneira responsável os recursos finitos do planeta, sempre economizando, conservando, reusando e reciclando quando necessário e possível. Portanto, afirma-se que o edifício sustentável é aquele que, além de garantir a funcionalidade e o conforto de seus usuários, gera o mínimo possível de impacto ao meio ambiente e alcança o máximo possível de autonomia, que é o potencial de independência em relação aos insumos externos (Viggiano, 2019).

Segundo De La Cruz-Lovera *et al.* (2017) o consumo de energia em edifícios públicos é, em geral, 40% superior ao dos edifícios residenciais. A pesquisa de Giamberardino *et al.* (2022) concluiu que o nível de atendimento aos critérios ambientais em licitações de obras rodoviárias federais no Brasil é de 19%.

Nesse sentido, duas ações iniciais são fundamentais na Administração Pública: 1) projetos de edifícios que contemplem conceitos de eficiência energética e 2) correta preparação do edital para licitação pública da obra, com a garantia de um processo transparente, econômico e ético. (Viggiano, 2019). Deste modo, essa abordagem resultará não só numa redução gradual da despesa pública, como também na minimização dos impactos ambientais, contribuindo para o combate às alterações climáticas (De La Cruz-Lovera *et al.*, 2017).

Segundo Brasil (2014), geralmente o processo de projeto de edificações públicas prioriza as questões operacionais e os custos da construção, considerando em segundo plano as questões ambientais e sociais. A autora observou que a falta de metodologia específica e inserção aleatória de práticas de sustentabilidade em nas etapas de concepção, projeto e construção edificações públicas compromete diretamente em falhas de desempenho.

No Brasil, ainda que de forma gradual, há uma evolução normativa no sentido da promoção da sustentabilidade nas aquisições de bens e serviços (Giamberardino *et al.*, 2022). No âmbito das edificações, o artigo 6º da Lei federal nº 14.133 de 2021, estabelece que os projetos básicos e executivos de obras e serviços devem fornecer elementos necessários para o adequado tratamento do impacto ambiental (inciso XXV).

O decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001, regulamentou a Lei nº 10.295 que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia que, entre outras providências, instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) e, especificamente para edificações, o Grupo Técnico para Melhoria da Eficiência Energética nas Edificações no país (GT-Edificações), para regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações construídas no Brasil, visando ao uso racional da energia elétrica.

A Secretaria de Logística (SLTI/MPOG) publicou, em 19 de janeiro de 2010, a Instrução Normativa nº 01, que está fundamentada nos acordos internacionais estabelecidos, nos artigos 37 e 225 da Constituição Federal e na Lei 6.938/81 - Lei da Política Nacional do Meio Ambiente. Segundo a IN, os editais deverão prever que as empresas contratadas adotarão as práticas de sustentabilidade durante execução dos serviços, quando couber; além de estabelecer que as licitações que utilizem como critério de julgamento o tipo melhor técnica ou técnica e preço, deverão considerar no edital critérios objetivos de sustentabilidade ambiental para a avaliação e classificação das propostas (Brasil, 2014).

A promulgação do Decreto 7.746/2012 pode ser considerado um marco da sustentabilidade da Administração Pública (BRASIL, 2017). Entre as principais inovações trazidas pelo decreto, destacam-se a institucionalização das aquisições e contratações públicas sustentáveis na Lei nº 8.666 (art. 3º), exigência do planejamento sustentável por meio dos Planos de Gestão de Logística Sustentável (PLS) e criação

da Comissão Interministerial de Sustentabilidade na Administração Pública (CISAP) (BRASIL, 2017).

Posteriormente foi publicada a Instrução Normativa nº 02, de 04 de junho de 2014, a qual estabelece a obrigatoriedade da obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam *retrofit*, com área superior a 500 m² ou cujo valor da obra seja maior que o equivalente ao Custo Unitário Básico da Construção Civil (CUB Médio Brasil) aplicado a uma edificação de 500 m². Os projetos devem visar, obrigatoriamente, à obtenção da ENCE Geral de Projeto classe "A" (mais eficiente), onde é avaliada a conformidade da envoltória da edificação e dos sistemas de iluminação e condicionamento de ar (BRASIL, 2014).

Originado a partir da ENCE, o Brasil também conta com o Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações (PBE Edifica), para avaliar edificações ou equipamentos, visando reduzir o desperdício de energia. Até o mês de maio de 2022, já foram avaliadas 226 edificações e emitidas 291 etiquetas - 176 de projeto e 115 de edificação construída - dentre as edificações comerciais, de serviços e públicas.

A etiquetagem de edifícios é a principal forma de fomentar políticas de eficiência energética (Vaz *et al.*, 2022). Nesse sentido, Silva e Freitas (2016) afirmam que os investimentos iniciais para o desenvolvimento e execução de edificações que recebem a etiquetagem obrigatória podem ser altos, mas que, ao longo da vida útil do empreendimento vão sendo minimizados por meio dos ganhos com eficiência energética, uso racional da água e durabilidade da edificação.

No âmbito internacional, a temática da sustentabilidade está inserida na agenda global denominada Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), composta por 17 objetivos e 169 metas sobre diversos temas, estabelecidos no acordo da Agenda 2030 da ONU, do qual o Brasil é parte e o qual se comprometeu a cumprir (VIGGIANO, 2019; BRASIL, 2017). Em 2017, o TCU realizou uma auditoria cujo tema está inserido no ODS 12 – Promoção de Padrões Sustentáveis de Produção e Consumo, com enfoque especial na meta 12.7, destinada à promoção das compras públicas sustentáveis.

Após realizar pesquisa junto a mais de 100 instituições da esfera federal representantes dos Três Poderes (Executivo, Legislativo e Judiciário), com maior relevância nos gastos insumos como água, energia elétrica e papel, a mencionada auditoria do TCU propôs a criação do Índice de Acompanhamento da Sustentabilidade

na Administração (IASA) cujo objetivo é verificar o nível de implementação e evolução de ações voltadas à sustentabilidade pela Administração Federal. Tal índice foi obtido através da avaliação da média de onze critérios/ eixos temáticos estabelecidos na auditoria, que são:

- 1) Elaboração, implementação e monitoramento do PLS;
- 2) racionalização no uso de energia elétrica;
- 3) racionalização no uso de água;
- 4) atendimento a requisitos de acessibilidade;
- 5) certificação de prédios públicos;
- 6) racionalização no uso de papel e implementação de processo eletrônico;
- 7) gestão de resíduos e coleta seletiva;
- 8) contratações públicas sustentáveis;
- 9) mobilidade e gases de efeito estufa;
- 10) conscientização e capacitação; e
- 11) adesão a programas de sustentabilidade (BRASIL, 2017).

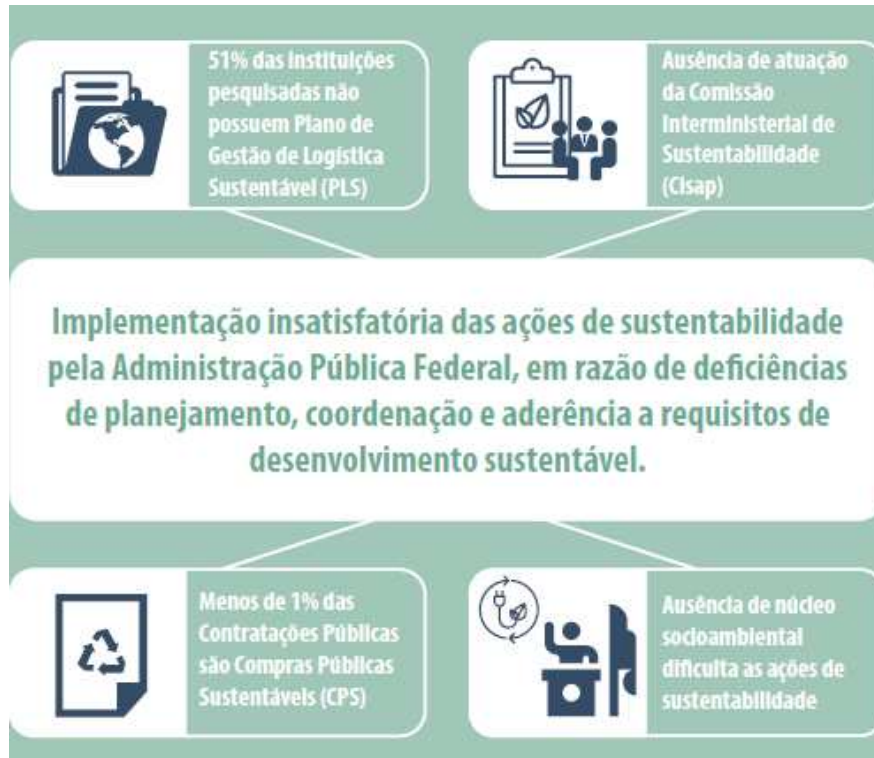
Foi considerada uma escala de avaliação de 0 a 3 nas ações constantes dos onze eixos temáticos da sustentabilidade abordados na auditoria. O resultado da média obtida pelos órgãos que aderiram ao questionário foi de 1,64, o que enquadra a administração pública federal em uma faixa de performance intermediária (nível de 1 a 2), demandando atenção para que as ações alcancem a faixa superior, representada pela pontuação de 2 a 3.

As principais causas para que a performance obtida pelas instituições participantes no IASA não tenha sido mais satisfatória foram:

- a) Deficiências de atuação no nível central de governo – falta de atuação da CISAP;
- b) baixa evolução na adoção de critérios e práticas sustentáveis nas contratações – as compras públicas sustentáveis não superam 1% do montante de aquisições e contratações;
- c) nível incipiente de implementação de ações que visem à utilização de edifícios públicos mais eficientes e sustentáveis;
- d) deficiências nas iniciativas relacionadas à gestão de resíduos e realização de coleta seletiva solidária (BRASIL, 2017).

As principais constatações encontradas pela auditoria estão resumidas na Figura 17.

Figura 17: Principais resultados encontrados pela auditoria do TCU



Fonte: BRASIL (2017)

Um Guia Nacional de Contratações Sustentáveis foi lançado em 2022 em sua 5ª edição, pela Advocacia Geral da União (AGU), através da Câmara Nacional de Sustentabilidade (CNS). O Guia define a Licitação Sustentável como licitação que integra aspectos socioambientais em todas as suas fases, com o objetivo de reduzir impactos negativos sobre o meio ambiente, sendo uma expressão abrangente que não está delimitada pelo procedimento licitatório em si, mas perpassa todas as fases da contratação pública, desde o planejamento até a fiscalização da execução dos contratos e a gestão dos resíduos (CNS, 2022).

Nesse sentido, a incorporação da sustentabilidade em obras e serviços é relacionada a aspectos técnicos pertinentes ao projeto básico ou do projeto executivo, e pela observância da legislação e normas, visando a não geração de resíduos (CNS, 2022).

Diante do exposto neste capítulo, fica evidente que a condução de processos de contratação de obras para edificações públicas mais sustentáveis é condicionada ao atendimento das definições e exigências vigentes na legislação e nas normativas

disponíveis no Brasil. No entanto, é possível observar que existem lacunas quanto às condicionantes exigidas na promoção da sustentabilidade das edificações, uma vez que a maioria dos critérios abordados nos documentos relacionados são bastante teóricos e não estabelecem diretrizes práticas, principalmente quanto ao escopo deste trabalho, no que diz respeito aos conceitos de ciclo de vida e durabilidade.

2.4.6 Utilização do BIM no projeto de edificações públicas

A utilização de tecnologia BIM é cada vez mais difundida no Brasil e, em consequência, está revolucionando o campo da construção civil em toda cadeia produtiva envolvida, sobretudo as áreas da arquitetura, engenharia e construção (AEC) (PARANÁ, 2018).

Building Information Modelling - BIM ou Modelagem da Informação da Construção foi definido pelo Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020, como um “conjunto de tecnologias e processos integrados que permite a criação, a utilização e a atualização de modelos digitais de uma construção, de modo colaborativo, que sirva a todos os participantes do empreendimento, em qualquer etapa do ciclo de vida da construção” (BRASIL, 2020).

O mencionado decreto estabelece a utilização do BIM na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia, realizada pelos órgãos e pelas entidades da Administração Pública federal, como estratégia para a disseminação do uso do BIM no Brasil. No entanto, apenas alguns órgãos da Federação estão vinculados às ações previstas no Decreto, que são o Ministério da Defesa, Ministério da Infraestrutura, a Secretaria Nacional de Aviação Civil e o Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. Assim, os demais órgãos e as entidades da administração pública poderão adotar as ações de implementação do BIM nos termos do disposto no Decreto em quaisquer das fases previstas (BRASIL, 2020).

Deste modo, a implementação do BIM deverá ser realizada de forma gradual, obedecendo as fases previstas, sendo elas:

- I. Primeira fase: instituída a partir de 1º de janeiro de 2021. Determina que o BIM deverá ser utilizado no desenvolvimento de projetos de arquitetura e engenharia e as disciplinas mínimas exigidas. Refere-se a construções novas, ampliações ou reabilitações, quando consideradas de grande

relevância para a disseminação do BIM, nos termos do disposto no art. 10;

- II. segunda fase: a ser implantada a partir de 1º de janeiro de 2024. Deverá abranger os usos previstos da primeira fase e considerar, ainda, a orçamentação, o planejamento, o controle da execução de obras, a atualização do modelo e de suas informações como construído (*as built*), para obras cujos projetos de arquitetura e engenharia tenham sido realizados ou executados com aplicação do BIM;
- III. terceira fase: a ser instituída a partir de 1º de janeiro de 2028. Abrangerá, no mínimo, os usos previstos na primeira e segunda fase e considera, ainda, o gerenciamento e a manutenção do empreendimento após a sua construção, em que projetos de arquitetura e engenharia e respectivas obras tenham sido desenvolvidos ou executados com aplicação do BIM (BRASIL, 2020).

O decreto ainda determina a obrigatoriedade de aplicação do BIM em uma ou mais etapas do ciclo de vida da construção, as quais abrangem o programa de necessidade, os diversos níveis de detalhamento dos projetos de arquitetura e engenharia, a execução da obra, o comissionamento e as atividades de gerenciamento do uso e de manutenção da edificação após sua construção (BRASIL, 2020).

Além das orientações do Decreto nº 10.306, a nova lei de licitações nº14.133 orienta para que seja preferencialmente adotado o BIM, ou tecnologias e processos integrados similares ou mais avançados que venham a substituí-lo, nas licitações de obras e serviços de engenharia e arquitetura (BRASIL, 2021)

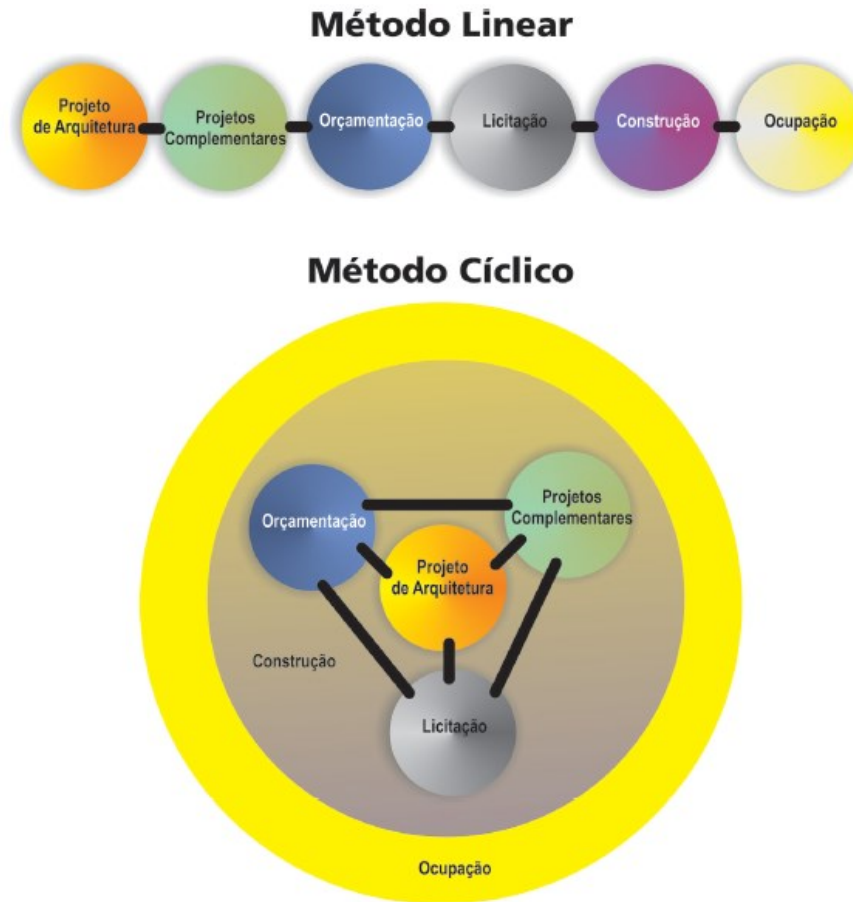
Segundo Tramontano *et al.* (2020), os recentes documentos publicados nos mais diversos órgãos da Federação deixam evidentes os esforços para consolidação do BIM no meio público e que exigirá uma mudança bastante considerável nos processos e métodos de projeto, expandindo sua implementação em todo o ciclo de vida da construção. Os autores mencionam a importância em se estabelecer padrões neutros de interoperabilidade entre aplicativos e atores envolvidos em toda cadeia produtiva do empreendimento e, ainda, a existência de um sistema de avaliação de

projeto em conformidade com as normas de desempenho definidas na NBR 15.575/2013.

Os processos tradicionais de projeto trazem dificuldades de comunicação entre os entes participantes, uma vez que existe uma divisão rígida entre as várias fases de projeto e “quaisquer sugestões ou questões pertinentes à fase seguinte somente serão incorporadas no processo produtivo em um novo ciclo e uma nova obra” (Tramontano *et al.*, 2020), tornando-se um fluxo unidirecional de informações, ou um método linear, como aponta Viggiano (2019). Segundo o autor, este método “parte de uma única via de informações, encadeada na forma de uma sequência de ações pré-estabelecidas, sendo que cada etapa vencida é uma etapa hermética que não admite reavaliação.” (VIGGIANO, 2019).

Tramontano *et al.* (2020) afirmam que a utilização do BIM tende a tornar tais divisões menos rígidas e promove um maior compartilhamento das decisões e responsabilidades, e, em consequência, da própria autoria do projeto, o que configura um arranjo produtivo que favorece o cumprimento ao que estabelece a legislação para contratações de obras públicas. Neste mesmo sentido, Viggiano (2019) propõe a adoção de métodos cíclicos de projeto, em detrimento aos métodos meramente lineares, visando a sustentabilidade em edificações públicas. As diferenças de abordagem entre os métodos linear e cíclico são representadas na Figura 18.

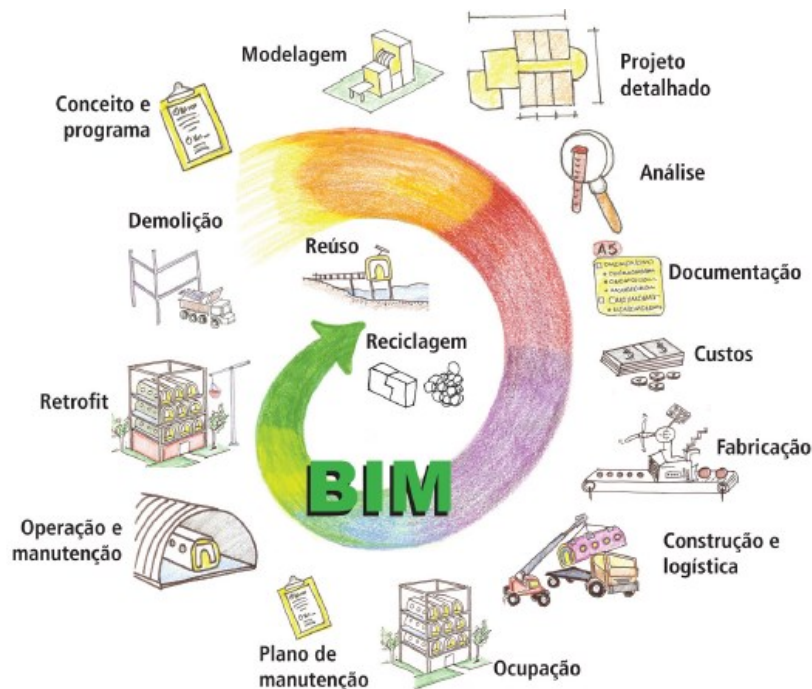
Figura 18: Diferença entre abordagem entre um método linear (sequencial) e o método cíclico (holístico) de projeto de edificações públicas.



Fonte: Viggiano, 2019

Segundo Viggiano (2019) o método cíclico de projeto permite a formação dos laços de realimentação, ou seja, permite que as modificações sejam inseridas e as interações entre os sistemas sejam revistas de maneira dinâmica, de forma que as atualizações no projeto original sejam compartilhadas por todos os profissionais envolvidos na produção. O uso de tecnologias BIM permitiria alcançar tal metodologia para um projeto integrado e, ainda, manteria disponibilidade do conhecimento construtivo desde o início da concepção do projeto, incorporando no planejamento as questões relativas à execução, operação e manutenção do edifício.

Figura 19: Esquema que retrata uma sequência cíclica de ações ou fases, utilizando BIM no projeto e execução de edifícios



Fonte: Viggiano (2019)

Considerando que ainda se trata de uma nova tecnologia e que as ações de implementação do BIM pelo Poder Público são recentes, é possível observar as crescentes publicações advindas dos mais diversos órgãos públicos do país na fomentação de tais mudanças. Como exemplo cita-se a criação do Laboratório BIM do Paraná (LaBIM PR) que, desde fevereiro de 2015, desempenha estudos e pesquisas em BIM com parcerias de empresas desenvolvedoras de *softwares*, com o objetivo de apoiar tecnicamente o estabelecimento de diretrizes para contratação e fiscalização de projetos e obras públicas em BIM no âmbito da Secretaria de Infraestrutura e Logística do Paraná (PARANÁ, 2018).

Nesse sentido, é possível afirmar que há uma constante evolutiva de desenvolvimento de ações voltadas às mudanças de paradigmas para projetos de edificações públicas e que as ferramentas BIM vêm colaborar, e muito, neste sentido. Observa-se que o processo de contratação de projetos e obras da esfera pública tende a ser bastante favorecido pelas informações compartilháveis e gerenciáveis ao longo de todo o ciclo de vida da edificação.

2.5 Estudos relacionados

Como apresentado anteriormente, os estudos relacionados ao PpD/A cresceram exponencialmente nos últimos anos, com conseqüente evolução junto às novas práticas, normativas, orientações e tecnologias.

Nesse sentido, os tópicos a seguir apresentam alguns exemplos de estudos importantes na área, conforme evolução das abordagens:

- Hendriks e Janssen (2003) descreveram a importância do PpD para a futura reutilização e reciclagem de componentes de construção;
- Isiadinso *et al.* (2006) discutiram o conceito emergente de projeto para desconstrução na indústria da construção e o compararam com o projeto para desmontagem na indústria de manufatura. Foi concluído que a indústria da construção poderia se beneficiar com os métodos utilizados para implementar o PpD no processo de projeto de produtos;
- Durmisevic (2006) desenvolveu um modelo de conhecimento para avaliar a Capacidade de Transformação (CT) de estruturas prediais com base em seu potencial de desmontagem, baseando-se em dados de entrada difusos que representam variáveis linguísticas;
- Debacker *et al.* (2007) descreveram os princípios críticos de três métodos principais que integram a quarta dimensão, ou seja, o tempo, no design: um design para adaptabilidade (reutilização de construção), design para desconstrução (reutilização de componentes) e um design para desmontagem (reutilização de material);
- O estudo de Nordby *et al.* (2009) apresenta uma sistematização abrangente dos princípios do PpD para vinculá-los a uma ferramenta de avaliação onde os componentes da construção são preparados para todas as etapas do processo de recuperação.
- Couto e Couto (2010) analisaram as barreiras e potencialidades das técnicas de desconstrução em canteiros de obras portuguesas. A pesquisa discutiu criticamente a importância da desconstrução para a reabilitação, usando estudos anteriores e dados coletados de experiências atuais.

- Tingley e Davison (2011) delinearão as estratégias para projetar para a desconstrução, com o objetivo de adotar uma abordagem de todo o ciclo de vida ao considerar a sustentabilidade dos edifícios, enfatizando a consideração do carbono incorporado dos projetos e minimizando isso quando possível.
- Rios *et al.* (2015) pesquisaram os desafios e oportunidades na prática atual de atividades de desconstrução e as lacunas entre sua teoria e implementação;
- Akinade *et al.* (2015) propuseram uma avaliação de desconstrutibilidade baseada em BIM (BIM-DAS) visando a minimização de resíduos de demolição;
- Crowther (2016) criou um modelo teórico para entender o potencial de PpD em múltiplas escalas no cenário urbano (desde materiais e elementos, passando por salas e edifícios, até formas urbanas e territórios) para reduzir o desperdício e aumentar a eficiência da reutilização, dado que a maioria das cidades não é projetada ou construída para acomodar a facilidade de mudança por meio da desmontagem; em vez disso, sucumbem à demolição e à produção de lixo;
- Denis *et al.* (2018) desenvolveram um método chamado Análise de Rede de Desmontagem (DNA) para quantificar o impacto do PpD e vinculá-lo a melhorias específicas de projeto;
- Akanbi *et al.* (2019) desenvolveram um sistema analítico de desmontagem e desconstrução (D-DAS) baseando-se nos princípios da Economia Circular;
- Jayasinghe e Waldmann (2020) desenvolveram uma ferramenta web baseada em BIM como banco de materiais e componentes para a Indústria da Construção, visando a Economia Circular;
- Silva *et al.* (2020) propuseram uma metodologia para avaliar o potencial de recuperação de edificações que, devido ao fim de sua vida útil, estão sujeitas a adequações;

- Askar *et al.* (2022) identificaram o projeto para adaptabilidade (*Design for Adaptability* - DfA) como uma estratégia para melhorar a circularidade da construção;
- Vandervaeren *et al.* (2022) propõem um método para modelar os fluxos de elementos de construção iniciados pela desmontagem de um edifício, tanto durante as fases operacionais como de fim de vida;
- Motahar *et al.* (2023) apresentaram um método integrado para planejamento completo de desmontagem e avaliação de desconstrutibilidade (DA) como uma nova estratégia para facilitar o projeto de edifícios desconstrutíveis;
- Mattaraia *et al.* (2023) exploraram a estruturação de informações de PpD possibilitada pelo BIM para apoiar a tomada de decisões de projeto integradas na construção, para medição dos níveis de desmontagem, restrito aos materiais e sistemas construtivos mais comuns utilizados no Brasil;
- Roberts *et al.* (2023) realizaram uma análise de ciclo de vida de um edifício com um processo baseado em PpD, para avaliar os seus impactos ambientais em 18 categorias de impacto.

Todos os trabalhos mencionados relacionados com a presente pesquisa descrevem estratégias de projeto relacionadas ao PpD ou ao PpA. Os trabalhos de Akinade *et al.* (2015), Akanbi *et al.* (2019) e Mattaraia *et al.* (2023) baseiam-se em ferramentas BIM para avaliação e suporte ao PpD. No entanto, não foram encontrados métodos de abordagem qualitativa para avaliação de princípios de PpD/A que relacionam a vida útil de projeto e a projeção de cenários de Fim de Vida, assim como não foram encontrados trabalhos baseados nos requisitos da ISO 20887/2020.

3 MÉTODO

Este capítulo apresenta a estratégia de pesquisa utilizada e os procedimentos metodológicos conduzidos para desenvolver um Sistema para implementação dos princípios do PpD/A em projetos de edificações de IFES, sob a ótica da EC.

3.1 Estratégia de pesquisa

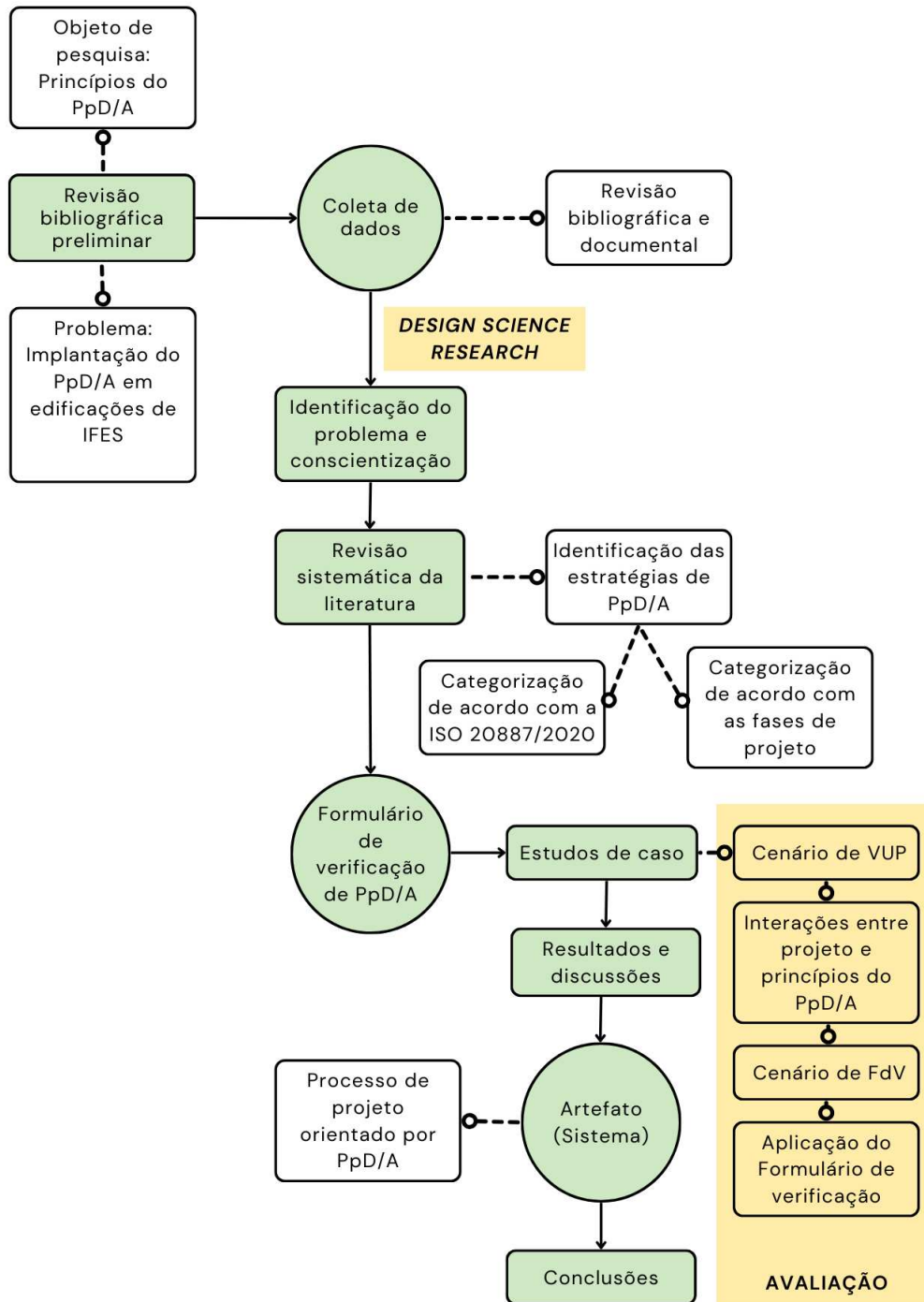
De natureza aplicada, a presente pesquisa “procura produzir conhecimentos para aplicação prática, dirigidos à solução de problemas específicos.” (Prodanov e Freitas, 2013). Com objetivo de classificação exploratória, a pesquisa visa apresentar maior familiaridade com o problema proposto e proporcionar visão geral acerca de determinado fato, onde parte dos estudos exploratórios podem envolver levantamento bibliográfico e documental (Gil, 2008).

Assim, o desenvolvimento da pesquisa se iniciou por meio de experiências da autora com o processo de projeto de edificações de IFES, onde foi possível identificar estratégias de projeto que não consideram o planejamento da vida útil da edificação, e que muitas vezes não favorecem sua adaptabilidade frente às novas demandas e à forte interferência de agentes externos à coordenação de projetos; premissas essas que corroboram com abordagens encontradas na literatura referenciadas neste trabalho. Através de uma revisão bibliográfica preliminar, identificou-se que esse problema é diretamente relacionado à necessidade de considerar a abordagem emergente sobre projeto para desmontagem e adaptabilidade. Também, foi possível identificar lacunas nessa abordagem que requerem investigação.

Após a coleta de dados preliminar mencionada, a pesquisa conduziu a aplicação do método *Design Science Research* (DSR) para desenvolvimento de um sistema (artefato) adequado para solução do problema de pesquisa.

Na Figura 20 é apresentado o fluxograma geral das etapas conduzidas na presente pesquisa.

Figura 20: Fluxograma geral das atividades da pesquisa



Fonte: a autora (2024)

Na Figura 20 é possível observar o fluxo das principais etapas do processo (em verde), os resultados adjacentes (em branco) e a parte relacionada à avaliação realizada (em amarelo). As etapas inseridas em círculos representam os produtos resultantes dos processos.

3.1.1 *Design Science Research*

A presente pesquisa se utilizou da aplicação do método *Design Science Research* (DSR, do inglês, pesquisa em Ciência do Projeto ou Ciência do Artificial), o qual foi conduzido por possuir ferramentas adequadas para viabilização dos objetivos propostos. Segundo Lacerda *et al.* (2013), o objetivo da *Design Science* é conceber e validar sistemas ainda não existentes, seja criando, recombinao ou alterando produtos/processos/software/métodos para melhorar as situações existentes.

Assim, segundo Chakrabarti (2010), enquanto a *Design Science* é a base epistemológica, a *Design Science Research* é o método que operacionaliza a construção do conhecimento nesse contexto. O resultado da aplicação da DSR seria a criação de artefatos que podem ser classificados como constructos, modelos, métodos e instanciações (Lacerda *et al.*, 2013).

Van Aken (2004) afirma a necessidade do desenvolvimento das classes de problemas, as quais podem consistir em uma organização do processo e o desenvolvimento do conhecimento em uma *Design Science*. As classes de problemas permitem que os artefatos e suas soluções não sejam aplicados apenas pontualmente a certo problema em determinado contexto, tornando-o generalizável e válido para uma dada classe de casos. Lacerda *et al.* (2013) define a classe de problemas como “a organização de um conjunto de problemas, práticos ou teóricos, que contenha artefatos avaliados, ou não, úteis para a ação nas organizações.”

Lacerda *et al.* (2013) chamam a atenção para que o pesquisador se atente com possíveis confusões relacionadas entre a DSR e Estudo de Caso. As principais distinções entre essas abordagens podem ser identificadas nos seus objetivos, na avaliação dos resultados, no papel do pesquisador e na necessidade de uma base empírica. Pesquisas que desenvolvem artefatos aplicados a um contexto organizacional e o avaliam, encontram na DSR uma base metodológica apropriada. No entanto, para avaliação dos artefatos propostos, o Estudo de Caso pode ser combinado no processo metodológico para atender a objetivos específicos e ajudar a compreender o funcionamento do artefato em determinados contextos.

Assim, Lacerda *et al.* (2013) determinam que as etapas para condução da DSR consistem em identificação do problema, conscientização, revisão sistemática da literatura, identificação de artefatos, configuração das classes de problemas e proposição de artefatos para resolução de problema específico. Posteriormente,

procede-se à concepção do projeto, desenvolvimento e avaliação do artefato selecionado, seguindo-se da explicitação das aprendizagens e conclusões. Finalmente, é realizada a generalização para uma classe de problemas e a comunicação dos resultados.

Neste sentido, a condução do método nesta pesquisa teve a finalidade de desenvolver um sistema para implementação de estratégias de PpD/A em projetos de edificações de IFES. Para tanto, as etapas da DSR foram cumpridas rigorosamente, conforme demonstrado no Quadro 15.

Quadro 15: Etapas e saídas da aplicação do método DSR (continua)

Etapa	Descrição	Saída da pesquisa
Identificação do problema e conscientização	Determinação do problema de pesquisa. Elaboração da justificativa do estudo quanto a relevância e requisitos que o artefato necessita atender	Questão de pesquisa Justificativa e relevância Requisitos do artefato
Revisão sistemática da literatura	Revisão sistemática com a finalidade de identificar artefatos com soluções semelhantes e genéricas, e metodologia utilizada	Identificação das estratégias de PpD/A e metodologias para aplicação
Configuração das classes de problemas	Estruturação das classes de problemas que possam ser resolvidos com soluções generalizadas e quais artefatos podem ser utilizados	Categorização das estratégias identificadas de acordo com os princípios da ISO 20887/2020 Categorização das estratégias identificadas de acordo com as fases de projeto
Concepção do projeto do artefato	Projeto do artefato para resolução de problema específico. Considera as características necessárias, o contexto, limitações e o desempenho esperado.	Concepção do Formulário de Verificação de PpD/A em edificações, justificativa para a metodologia escolhida.
Desenvolvimento do artefato	Construção do artefato projetado conforme procedimentos especificados	Formulário de Verificação de PpD/A em edificações elaborado
Avaliação do artefato	Aplicação e observação do artefato construído. Revisão dos requisitos atendidos e limitações da solução	Aplicação do Formulários de Verificação em projetos de edificações de diferentes contextos (Estudos de caso)
Explicação das aprendizagens	Declaração dos pontos de sucesso e de insucesso do processo de pesquisa	Resultados obtidos na aplicação em cada caso
Conclusões	Exposição dos resultados obtidos e limitações da pesquisa	Discussão dos resultados obtidos Proposição de soluções de projeto para alcançar o PpD/A requerido em cada caso avaliado Validação do Formulário de Verificação de PpD/A
Generalização para uma classe de problemas	Levantamento do artefato desenvolvido e das heurísticas extraídas para gerar uma generalização útil a outras pesquisas	Configuração de sistema para implementação do PpD/A em projetos de edificações de IFES, considerando as categorizações e formulário desenvolvidos

Quadro 15: Etapas e saídas da aplicação do método DSR (Conclusão)

Etapa	Descrição	Saída da pesquisa
Comunicação dos resultados	Elaboração da divulgação dos resultados obtidos dentro da área de interesse	Conclusão e formalização do sistema para implementação do PpD/A em projetos de edificações de IFES Considerações finais e possíveis aplicações futuras do Formulário de Verificação em edificações diversas

Fonte: adaptado de Lacerda *et al.* (2013)

Assim, é apresentado no Quadro 15 as etapas metodológicas designadas pela DSR, a descrição de cada etapa e o conjunto das saídas de cada etapa relacionadas à presente pesquisa, as quais estabeleceram o passo-a-passo de desenvolvimento do sistema proposto neste trabalho.

A seguir, cada etapa do procedimento metodológico terá sua descrição na aplicação desta pesquisa.

3.2 Identificação do problema e conscientização

Conforme descrito na Introdução, a questão de pesquisa que este trabalho se propõe a responder é: como as estratégias do Projeto para Desmontagem e Adaptabilidade (PpD/A) podem ser implantadas em projetos de edificações de Instituições Federais de Ensino Superior para inserir os processos construtivos na dinâmica da Economia Circular?

Partindo da premissa de que o PpD/A possui estratégias que podem otimizar de maneira significativa todo o ciclo de vida de uma edificação e, que projetos para edificações de IFES estão progressivamente se ajustando às agendas de sustentabilidade ambiental, social e econômica, esta pesquisa considera a implementação dos princípios do PpD/A como uma demanda emergente para solução de problemas de concepção de projetos relacionados às IFES.

Para tanto, foi determinado que um sistema para implementação dos princípios do PpD/A em projetos de edificações de IFES forneceria as ferramentas necessárias para alcançar o objetivo determinado.

3.3 Revisão sistemática da literatura (RSL) e identificação das estratégias de projeto

A pesquisa bibliométrica realizada neste trabalho (item 2.1) permitiu que uma Revisão sistemática da literatura (RSL) fosse realizada. A operacionalização das buscas em bases de dados de produção científica possibilitou a identificação e relação das principais pesquisas na área e, conseqüentemente, as principais fontes, metodologias adotadas, objetivos e lacunas de pesquisa, conforme demonstrado no Quadro 16.

Quadro 16: Exemplo de relação das produções científicas identificadas

Fonte	Título	Método	Objetivo	Lacunas
<i>European Journal of Sustainable Development</i>	<i>A Taxonomy of Construction Material Reuse and Recycling: Designing for Future Disassembly</i>	Estudo de Caso	Desenvolvimento de modelo ou taxonomia de estratégias de reciclagem e reutilização	Falta de estratégias para desmontagem
Crowther (2018)				

Fonte: a autora (2024)

Deste modo, a RSL conduzida possibilitou uma análise crítica dos dados da literatura. Uma abordagem interpretativa exploratória foi utilizada para discutir o estado atual da arte na Revisão Bibliográfica deste trabalho e, também, identificar as estratégias de projeto difundidas nos últimos vinte anos, as quais viabilizariam o PpD/A de edificações.

Assim, o presente estudo utilizou a construção do método para identificar, reportar e categorizar os princípios de desmontagem e adaptabilidade em projetos de edificações, baseando-se nos requisitos da ISO 20887/2020, os quais serão mais amplamente abordados a seguir.

3.4 Critérios para categorização das estratégias de acordo com os princípios da ISO 20887/2020

As estratégias identificadas na literatura foram categorizadas de acordo com os princípios de PpD/A definidos pela ISO 20887/2020. Um exemplo de como a categorização foi realizada pode ser observado no Quadro 17, onde são identificados os princípios projetuais, as estratégias na prática projetual e as autores correspondentes.

Quadro 17: Exemplo de como os artigos foram categorizados

Princípios da ISO 20887/2020	Princípios de projeto	Estratégias	Fontes
Facilidade de Acesso	Componentes e serviços acessíveis	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Planejar rotas de serviço de fácil acesso e manutenção; ▶ Utilizar elementos de construção visíveis e acessíveis (por exemplo, sistemas elétricos e hidráulicos) 	Basta <i>et al</i> (2020); Calderini and Guy (2017); Crowther (2018); Toniolo <i>et al</i> (2021); Torgautov <i>et al</i> (2021); Rockow <i>et al</i> (2021); Sassi (2008); Tleuken <i>et al</i> (2022); Tingley and Davison (2011); Askar <i>et al</i> (2022); Pittri <i>et al</i> (2023); Kanters (2018); Crowther (2005); Bertino <i>et al</i> (2021); Vandervaeren <i>et al</i> (2022); Crowther (2016); Hosseini <i>et al</i> (2022); Mattaraia <i>et al</i> (2023); Denis <i>et al</i> (2018); Couto and Couto (2010)
	Conexões e juntas acessíveis	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Utilizar conexões de elementos de construção visíveis e acessíveis 	Sassi (2008); Xu and Lu (2019); Tleuken <i>et al</i> (2022); Tingley and Davison (2011); Rios and Grau (2020); Joensuu <i>et al</i> (2022); Debacker <i>et al</i> (2007); Motahar <i>et al</i> (2023); Zoghi <i>et al</i> (2022); Crowther (2016); Pongiglione <i>et al</i> (2021); Nordby <i>et al</i> (2009); Anastasiades <i>et al</i> (2021); Broniewicz and Broniewicz (2020); Vandembroucke <i>et al</i> (2013); Pittri <i>et al</i> (2023); Joensuu <i>et al</i> (2022)
	Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Considerar a gestão do ciclo de vida dos ativos desde a concepção até ao fim da vida; ▶ Identificar a vida útil de diferentes elementos; ▶ Posicionar camadas de elementos com ciclos mais frequentes próximos à superfície; ▶ Considerar a sequência de desmontagem e a expectativa de vida útil do produto; 	Crowther (2018); Nordby <i>et al</i> (2009); Akinade <i>et al</i> (2017b); Pittri <i>et al</i> (2023); Kanters (2018); Mayer and Bechthold (2017); Debacker <i>et al</i> (2007); Jaillon and Poon (2014); Nordby <i>et al</i> (2009); Anastasiades <i>et al</i> (2021); Ladinski (2017); Couto and Couto (2010)
	Dedicar área/volume específico para a zona do sistema	<ul style="list-style-type: none"> ▶ Soluções que facilitam o acesso aos serviços do edifício (poço elétrico, dutos de ventilação); por exemplo, espaço no teto, pisos de acesso e núcleos centrais 	Rockow <i>et al</i> (2021); Tirelli and Besana (2023); Tarpio <i>et al</i> (2022)

Fonte: A autora (2024)

O exemplo apresentado no Quadro 17 demonstra a categorização de apenas um princípio estabelecido pela norma, dos sete sobre desmontagem e três sobre adaptabilidade existentes, os quais são apresentados no **Apêndice A**.

Além da descrição estabelecida pela ISO 20887/2020 para cada princípio de projeto considerado, a revisão da literatura possibilitou a expansão dos conceitos e a aplicabilidade dos mesmos. As descrições de cada princípio estabelecido pela norma, de acordo com o referencial teórico desta pesquisa, estão apresentadas no item 2.3.1.1 deste trabalho.

3.5 Critérios para categorização das estratégias de acordo com as fases de projeto

As estratégias descritas, já categorizadas por princípios determinados pela ISO 20887/2020, foram resumidas em orientações práticas a serem incluídas em fases para elaboração do PpD/A. Em um primeiro momento, as duas primeiras fases determinadas para o PpD/A já são conhecidas do processo desenvolvimento do projeto de edificações públicas, que são Estudo Preliminar (EP) e Projeto Executivo (PE), cujas descrições baseiam-se nos conceitos descritos pelo Manual de Obras Públicas – Edificações – Projeto, da Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio (SEAP), e devem constar os elementos descritos a seguir:

- Estudo Preliminar (EP): Deverá apresentar a avaliação da alternativa selecionada, sua descrição, os critérios, índices e parâmetros utilizados, as demandas a serem atendidas, o pré-dimensionamento dos sistemas previstos e a interferência entre eles;
- Projeto Executivo (PE): Deverá apresentar todos os elementos necessários à execução da edificação, representando todos os detalhes construtivos, acompanhado por relatório técnico contendo a revisão e complementação do memorial descritivo e do memorial de cálculo apresentados nesta etapa de desenvolvimento do projeto (BRASIL, 2020).

Nesse sentido, tanto o EP quanto o PE poderão compreender os mesmos documentos elaborados para o projeto de construção, apenas adaptando as estratégias para atender o máximo de princípios do PpD/A possíveis, considerando variáveis limitantes.

Já a terceira e última fase do PpD/A compreende o Plano de Desconstrução (PD), o qual foi considerado por vários estudos mencionados neste trabalho como uma ferramenta fundamental a ser elaborada ainda na fase de projeto, e que deve conter, em resumo, os elementos descritos a seguir:

- a) Descrição da estratégia de projeto escolhida para atender ao PpD/A da edificação – determinação do sistema construtivo, possibilidades de mudança de uso ou de expansão (Guy e Ciarimboli, 2006, apud Kanters, 2018);

- b) Inventário de todos os materiais e componentes utilizados na edificação (Tingley e Davison, 2011; Rios *et al.*, 2015), e identificação padronizada de materiais e componentes (Basta *et al.*, 2020; Rios *et al.*, 2021);
- c) Sequência de desmontagem e instruções sobre a desmontagem dos elementos (Kanters, 2018; Motahar *et al.*, 2023);
- d) Instruções sobre recuperação, reutilização e reciclagem (Bertino *et al.*, 2021);
- e) Orientações sobre elaboração e apresentação de desenhos *as built* (Basta *et al.*, 2020; Tingley e Davison, 2011);
- f) Orientações para o atendimento a NBR 14037/2014, sobre o uso, operação e manutenção da edificação;
- g) Orientações para o atendimento ao Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC, quando aplicável.

Tais fases do PpD/A foram determinadas de maneira a possibilitar a avaliação do máximo de elementos construtivos possíveis de uma edificação. Na Figura 21 é apresentada a categorização dos princípios e estratégias de PpD/A de acordo com a fase de projeto correspondente.

Figura 21: Princípios e estratégias de PpD/A categorizados por fase de projeto

Fases do PpD/A em Edificações Públicas	Estudo Preliminar (EP)	Projeto Executivo (PE)	Plano de Desconstrução (PD)
Princípios do PpD/A			
(AC) Facilidade de Acesso	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prever rotas de serviço ✓ Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado ✓ Dedicar área/volume específico para a zona do sistema 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Posicionar as camadas de elementos com ciclos mais frequentes perto da superfície ✓ Prever sistemas visíveis e acessíveis 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Manter clara a organização hierárquica dos elementos por ordem de acesso relacionada ao tempo de vida esperado
(IN) Independência	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prever fundação robusta ✓ Prever sistemas em camadas ✓ Prever sistemas independentes ✓ Prever desmontagem paralela dos sistemas ✓ Dedicar área/volume específico para a zona do sistema 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prever fachadas independentes da superestrutura ✓ Prever paredes internas independentes da estrutura ✓ Evitar materiais/sistemas compostos ✓ Utilizar conexões reversíveis 	
(EV) Evitar trat. e acab. desnecessários		<ul style="list-style-type: none"> ✓ Evitar acabamentos secundários ✓ Evitar tratamentos de superfície de difícil remoção 	
(EC) Apoio à modelos de negócios de Economia Circular	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Avaliar possibilidade de utilização de Bancos de Materiais (BM) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Preferir utilização de materiais renováveis como a madeira, ou recicláveis como o aço para estruturas ✓ Projetar juntas e componentes para resistir ao uso repetido ✓ Utilizar materiais recicláveis e reutilizáveis ✓ Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados ✓ Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis ✓ Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis ✓ Privilegiar o uso de materiais de origem local ✓ Privilegiar o uso de materiais e componentes leves 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificar e isolar elementos que não podem ser reciclados, reutilizados e removidos ✓ Identificar e medir (por peso, volume e valor) elementos recuperados ou reciclados ✓ Identificar materiais reutilizados que suportam o PpD/A ✓ Fornecer instruções sobre reutilização e reciclagem ✓ Fornecer rastreabilidade do produto (reutilizado, reciclado, etc) e garantia
(SD) Simplicidade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prever geometrias simples de estruturas ✓ Prever o uso de formas e geometrias simples para volumetrias 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reduzir o número de materiais e componentes ✓ Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes 	
(PA) Padronização	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prever grade estrutural padrão ✓ Prever sistemas que permitam ajustes padronizados ✓ Prever layout modular 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Preferir a utilização de sistemas pré-fabricados ✓ Prever módulos robustos que devem ser substituíveis e convenientes para transporte ✓ Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados ✓ Privilegiar o uso de materiais e componentes leves ✓ Certificar que os componentes sejam dimensionados adequadamente para manuseio e transporte ✓ Projetar em conformidade com códigos e normas 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Identificação padronizada de materiais e componentes
(SD) Segurança de desmontagem	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prever espaço físico suficiente para a desmontagem ✓ Realizar análise de desempenho e de cenários de fim de vida da edificação 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prever fundação robusta para estabilidade ✓ Utilizar estruturas que possam ser escoradas e adaptadas com segurança e facilidade ✓ Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida ✓ Evitar materiais tóxicos e perigosos 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Fornecer um inventário de manutenção ✓ Fornecer instruções de desmontagem para componentes e sistemas, e os pontos de desmontagem ✓ Planejamento da sequência de desmontagem e pontos de desmontagem
(AD) Adaptabilidade: Versatilidade, Convertibilidade, Expandabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prever grade estrutural padrão ✓ Prever estrutura capaz de cobrir vãos variados e fornecer uma variedade de plantas possíveis ✓ Prever layout modular ✓ Favorecer layouts de plano aberto ✓ Favorecer a previsibilidade do layout 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prever vigas longas para permitir flexibilidade de uso ✓ Prever divisórias internas móveis ✓ Prever partições internas desmontáveis ✓ Prever sistemas ou elementos que podem ter funções com usos múltiplos ✓ Prever amplo pé-direito ✓ Prever mobiliário não fixo ✓ Prever fornecimento de carga de energia extra ✓ Prever pontos extras de fornecimento de redes ✓ Prever núcleos centrais 	
(C&R) Coordenação & Responsabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Determinar, junto ao Programa de Necessidades e Análise de Viabilidade, a VUP esperada da edificação e sistemas ✓ Relacionamento colaborativo das partes interessadas na fase de projeto ✓ Incentivar treinamentos e motivação para trabalhar com PpD/A 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Determinar a VUP da edificação e sistemas ✓ Realizar análise de desempenho e de cenários de fim de vida da edificação ✓ Utilizar BIM para simular o processo de desmontagem do edifício ✓ Reservar tempo extra para garantir que o PpD/A seja incorporado 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Assegurar a existência de um conjunto integrado de desenhos "as built" ✓ Identificar a vida útil dos diferentes elementos e componentes ✓ Inventário de materiais e componentes ✓ Determinar estratégias para o local, transporte e gerenciamento de resíduos ✓ Providenciar fácil armazenamento e transporte de elementos (tamanho e peso de manuseio) ✓ Fornecer peças de reposição e devido armazenamento

Fonte: A autora (2024)

Cabe destacar que os princípios de PpD/A elencados seguem os princípios determinados pela ISO 20887/2020, exceto pelo último, aqui chamado de Coordenação & Responsabilidade (C&R). A criação deste princípio surgiu da necessidade de separação das atividades relacionadas à coordenação de todo o processo de projeto e das atribuições de cada agente envolvido.

Deste modo, baseando-se nas estratégias de PpD/A, fica estabelecido como escopo da coordenação de projetos as seguintes responsabilidades:

- Aprovações nos órgãos competentes, inclusive pela introdução das modificações necessárias à sua aprovação (BRASIL, 2020);
- Relacionamento colaborativo entre as partes interessadas na fase de projeto;
- Treinamentos e motivação da equipe para trabalhar com PpD/A;
- Determinação da VUP dos sistemas da edificação;
- Realizar análise de desempenho e fim de vida da edificação;
- Preferencialmente utilizar BIM para simulação do processo de desmontagem da edificação;
- Elaborar o Plano de Desconstrução (PD);
- Reservar tempo extra no cronograma para garantir que o PpD/A seja incorporado.

3.6 Processo de desenvolvimento do Formulário de Verificação de PpD/A em edificações

Segundo Simon (1996) *apud* Lacerda *et al.* (2013), um artefato pode ser descrito como um objeto artificial o qual organiza componentes do ambiente interno para atingir os objetivos de um determinado ambiente externo, onde seus objetivos, funções e adaptações são normalmente discutidos durante a concepção. De acordo com Lacerda *et al.* (2013), pesquisas que se dedicam à construção de artefatos devem ser validadas cientificamente com uma abordagem metodológica rigorosa e apropriada.

Deste modo, através da condução de uma revisão crítica e sistematizada da literatura e devidas categorizações baseadas em norma internacional e no processo de projeto de edificações orientado por guias e manuais da administração pública

brasileira, um Formulário de Verificação foi desenvolvido com objetivo de analisar os elementos construtivos do projeto sob a perspectiva do PpD/A.

É importante destacar que a norma ISO 20887/2020 fornece Formulário de Verificação de viabilidade de projeto para opções de desmontagem de elementos ou componentes, de acordo com as características de cada princípio do PpD/A, e fornece exemplo de como essa avaliação pode ser aplicada, através de um *checklist*. Esta pesquisa se baseou nas orientações da norma, porém fez adaptações necessárias para que a avaliação fosse a mais prática possível, dentro do contexto do estudo.

Deste modo, foi desenvolvido um Formulário de Verificação para cada uma das três fases de PpD/A determinadas neste trabalho - Estudo Preliminar (EP), Projeto Executivo (PE) e Plano de Desconstrução (PD) – considerando os elementos de análise pertinentes a cada fase. Os elementos de análise caracterizam-se pelas atividades desenvolvidas nas fases de projeto (ex.: Determinação da VUP; cenários de FdV), ou os sistemas construtivos considerados no projeto (ex.: fundação, cobertura, instalações).

As figuras Figura 22, Figura 23 e Figura 24 representam o Formulário de Verificação, aplicado às fases de EP, PE e PD respectivamente. Nos modelos representados é possível observar: as etapas e elementos construtivos a serem avaliados pertinentes à fase de projeto em questão; as estratégias de PpD/A aplicáveis a cada um destes elementos; os princípios atendidos conforme apresentados na Figura 21; os campos de preenchimento para verificação do atendimento de cada estratégia determinada; e um campo para observação, a ser preenchido principalmente no caso de atendimento parcial ou não atendimento/ não verificado.

Figura 22: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Estudo Preliminar

ESTUDO PRELIMINAR (EP)									
Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/não verificado	Não se Aplica	Observações	
A) Avaliações preliminares	a.1) Planejamento da Vida Útil de Projeto (VUP) de acordo com NBR 15575/2021	Especificar valor teórico para VUP para cada um dos sistemas, não inferior aos estabelecidos pela NBR 15575/2021	C&R						
B) Estrutura	b.1) Fundação	Prever fundação robusta	IN, AD						
	b.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD						
		Prever estrutura capaz de cobrir vãos variados e fornecer flexibilidade e reversibilidade de layout	AD						
		Prever geometrias simples de estruturas	SI						
C) Arquitetura	c.1) Volumetrias	Prever o uso de formas e geometrias simples para volumetrias	SI						
		Prever layout modular	PA, AD						
	c.2) Organização e Dimensionamento de Espaços Internos - Layout	Favorecer layouts de plano aberto	AD						
		Prever cenários possíveis de layouts visando a adaptabilidade	IN, AD						
		Prever rotas de serviço	AC						
		Prever amplo pé-direito que permita expansão de área se necessário	IN, AD						
		Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado	AC						
		Prever mobiliário não fixo	IN, AD						
		Prever espaço físico suficiente para a desmontagem	SD						
		c.3) Sistemas - Coberturas, vedações, partições internas, esquadrias, forros e pisos	Prever sistemas em camadas	IN					
Prever sistemas independentes	IN								
Prever desmontagem paralela dos sistemas	IN								
D) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	d.1) Sistemas - Tubulações, canaletas, equipamentos	Dedicar área/volume específico para a zona do sistema (ex.: shafts, áreas técnicas)	IN, AC						

Fonte: a autora (2024)

Figura 23: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Projeto Executivo (continua)

PROJETO EXECUTIVO (PE)								
Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/não verificado	Não se Aplica	Observações
F) Estrutura	f.1) Fundação	Fundação robusta que suporte sobrecargas relacionadas às possíveis alterações ao longo da VUP	IN, SD					
	f.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD					
		Prever sistemas estruturais simples, regulares e padronizados	PA, AD					
		Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA					
		Utilizar sistema que possa ser escorado e adaptado com segurança e facilidade	SD					
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD					
		Utilizar conexões reversíveis	IN					
		Utilizar conexões acessíveis	AC					
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC					
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD					
		Favorecer utilização de materiais renováveis como a madeira, ou recicláveis como o aço	EC					
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC					
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC					
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC					
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD					
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC					
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI							

Figura 23: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Projeto Executivo (continua)

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/não verificado	Não se Aplica	Observações
G) Arquitetura	g.1) Cobertura	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA					
		Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA					
		Prever sistemas independentes	IN					
		Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: cobertura retrátil)	AD					
		Prever espaço amplo de cobertura que permita instalação de sistemas e equipamentos	AD					
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD					
		Utilizar conexões reversíveis	IN					
		Utilizar conexões acessíveis	AC					
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC					
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD					
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC					
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC					
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC					
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC					
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC					
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD					
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC					
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI					
		Evitar acabamentos desnecessários	EV, SD					
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD							

Figura 23: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Projeto Executivo (continua)

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/não verificado	Não se Aplica	Observações	
G) Arquitetura	g.3) Vedações externas	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA						
		Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA						
		Utilizar vedação externa independente da superestrutura	IN						
		Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: fachada ventilada, paredes verdes)	AD						
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD						
		Evitar sistemas compostos	IN, SD						
		Utilizar sistemas em quadros (frames)	IN, SD						
		Especificar esquadrias que possam ser removidas com facilidade e segurança	IN, SD						
		Especificar e detalhar camadas das vedações	IN						
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD						
		Utilizar conexões reversíveis	IN						
		Utilizar conexões acessíveis	AC						
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC						
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD						
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC						
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC						
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC						
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC						
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC						
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD						
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC						
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI								
Evitar acabamentos desnecessários	EV								
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD								

Figura 23: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Projeto Executivo (continua)

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/não verificado	Não se Aplica	Observações
G) Arquitetura	g.4) Partições internas	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA					
		Prever sistemas independentes	IN					
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD					
		Utilizar sistemas em quadros (frames)	IN, SD					
		Evitar sistemas compostos	IN, SD					
		Especificar e detalhar camadas das partições	IN					
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD					
		Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: divisórias móveis)	AD					
		Utilizar conexões reversíveis	IN					
		Utilizar conexões acessíveis	AC					
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC					
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD					
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC					
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC					
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC					
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC					
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC					
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD					
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC					
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI					
		Evitar acabamentos desnecessários	EV					
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD							
Prever divisórias internas móveis	AD							
Prever partições internas desmontáveis	AD							

Figura 23: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Projeto Executivo (continua)

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/não verificado	Não se Aplica	Observações
G) Arquitetura	g.5) Pisos (acabamento)	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA					
		Prever sistemas independentes	IN					
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD					
		Evitar sistemas compostos	IN, SD					
		Especificar pisos em camadas independentes	IN					
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD					
		Utilizar conexões reversíveis	IN					
		Utilizar conexões acessíveis	AC					
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC					
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD					
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC					
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC					
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC					
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC					
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC					
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD					
Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC							
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI							
Evitar acabamentos desnecessários	EV							
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD							

Figura 23: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Projeto Executivo (Conclusão)

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/não verificado	Não se Aplica	Observações
H) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	h.1) Sistemas	Prever sistemas aparentes e acessíveis	AC					
		Prever núcleos centrais para sistemas	IN, AD					
		Prever sistemas independentes	IN					
	h.2) Redes	Prever fornecimento extra de carga de energia	AD					
		Prever capacidade extra de abastecimento de água	AD					
		Prever pontos extras de fornecimento de energia e lógica	AD					
		Prever pontos extras de fornecimento de água e esgoto	AD					
	h.3) Materiais e componentes	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD					
		Utilizar conexões reversíveis	IN					
		Utilizar conexões acessíveis	AC					
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC					
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD					
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC					
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC					
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC					
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC					
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC					
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD					
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC					
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI					
Evitar acabamentos desnecessários	EV							
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD							

Fonte: a autora (2024)

Figura 24: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Plano de Desconstrução (continua)

PLANO DE DESCONSTRUÇÃO (PD)								
Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende	Não se Aplica	Observações	
I) Vida Útil e durabilidade	i.1) Identificar a vida útil dos diferentes elementos e componentes	SD, C&R						
	i.2) Determinar a VUP do edifício e dos sistemas	EC, C&R						
J) Dados Técnicos	j.1) Fornecer um inventário completo de todos os materiais e componentes utilizados no edifício	C&R						
	j.2) Identificação padronizada de materiais e componentes	PA, C&R						
	j.3) Fornecer Manual de uso, operação e manutenção da edificação, conforme NBR 14037/2014	C&R						
k) Gerenciamento e Logística	k.1) Materiais e componentes	k.1.1) Prever fácil armazenamento e transporte de elementos (tamanho e peso de manuseio)	PA, C&R					
		k.1.2) Prever peças de reposição e devido armazenamento	C&R					
		k.1.3) Determinar estratégias para o local, transporte e gerenciamento de resíduos conforme previsto no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)	C&R					
	k.2) Desmontagem	k.2.1) Fornecer instruções de desmontagem para componentes e sistemas, e os pontos de desmontagem	SD, C&R					
		k.2.2) Planejamento da sequência de desmontagem	SD, C&R					
		k.2.3) Utilizar BIM para simular o processo de desmontagem do edifício	SD, C&R					
		k.2.4) Reservar tempo extra no cronograma para garantir que o PpD seja incorporado	C&R					
	k.3) Gestão	k.3.1) Iniciativas e treinamentos - motivação para trabalhar com PpD/A	C&R					
		k.3.2) Implantação de sistema de gestão de manutenção, conforme NBR 5674	EC, C&R					
	L) Documentos e permissões	l.1) Assegurar que o projeto esteja em conformidade com códigos e normas	PA, C&R					
l.2) Assegurar a existência de um conjunto integrado de desenhos "as built"		SD, C&R						

Figura24: Formulário de Verificação de atendimento às estratégias de PpD/A da fase de Plano de Desconstrução (Conclusão)

Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende	Não se Aplica	Observações
M) Recuperação e Reciclagem	m.1) Prever cenários de FdV visando o potencial de recuperação dos materiais e componentes	EC, C&R					
	m.2) Identificar os elementos com potencial de recuperação e reciclagem	EC, C&R					
	m.3) Identificar e isolar elementos que não podem ser recuperados ou removidos	EC, C&R					
	m.4) Identificar elementos recuperados ou reciclados	EC, C&R					
	m.5) Fornecer instruções sobre reutilização e reciclagem	EC, C&R					
	m.6) Fornecer rastreabilidade do produto (reutilizado, reciclado, etc) e garantia	EC, C&R					
AC - Facilidade de Acesso IN - Independência EV - Evitar tratamentos e acabamentos desnecessários EC - Apoio à modelos de negócios de Economia Circular SI - Simplicidade PA - Padronização SD - Segurança de desmontagem AD - Adaptabilidade C&R - Planejamento e gestão							

Fonte: a autora (2024)

Para uma avaliação mais precisa, cada fase de projeto foi dividida em etapas e elementos de análise, pertinentes à fase avaliada. Em resumo, as fases do PpD/A e os respectivos critérios de avaliação foram divididas da seguinte maneira:

1) Estudo preliminar (EP)

- a. Avaliações preliminares: a equipe de projeto deve avaliar a possibilidade de uso de Banco de materiais e no planejamento antecipado da VUP requerida para os sistemas;
- b. Estrutura: o projeto estrutural deve, em suma, prever o atendimento aos princípios de simplicidade, padronização e adaptabilidade;
- c. Arquitetura: nesta fase o projeto de arquitetura deve priorizar a simplicidade das volumetrias e a organização e dimensionamentos dos espaços considerando a padronização e adaptabilidade. Deve prever estratégias para facilitar os acessos e favorecer a independência dos sistemas. Algumas estratégias para favorecer a segurança de desmontagem também podem ser traçadas nesta etapa;
- d. Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas: nesta etapa do projeto já é possível prever áreas específicas para zonas das instalações, favorecendo os acessos e a independência dos sistemas;
- e. Avaliação pós-projeto: é recomendado que uma análise de desempenho das estratégias selecionadas seja conduzida através da previsão de cenários de FdV (recuperação, reciclagem) para avaliar alternativas de projeto.

2) Projeto executivo (PE)

- a. Estrutura: o projeto estrutural deve priorizar o uso de sistemas independentes, leves e modulares. Deve dar preferência para materiais que possam ser recuperados ou reciclados. Deve especificar tipos de conexões reversíveis que permitam o uso repetido;

- b. Arquitetura: cada elemento especificado no projeto de arquitetura deve priorizar sistemas independentes ou pré-fabricados, que se utilizem de ferramentas e práticas padronizadas, constituídos de componentes que tenham dimensionamento adequado para manuseio e transporte. Deve privilegiar sistemas que permitam flexibilidade de uso e múltiplas funções no espaço. Deve favorecer o uso de componentes recuperados ou reciclados e materiais que possam ser recuperados ou reciclados, e de origem local. Deve especificar tipos de conexões reversíveis que permitam o uso repetido. Deve evitar o uso de materiais compostos e excesso de materiais e componentes. Deve evitar materiais tóxicos ou perigosos, assim como tratamentos de superfícies desnecessários que dificultam a recuperação no fim de vida da edificação.
- c. Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas: deve priorizar o uso de sistemas independentes, aparentes e acessíveis. Deve prever superdimensionamento das redes, como carga de energia e pontos extras de fornecimento de energia, lógica, água e esgoto. Deve favorecer o uso de componentes recuperados ou reciclados e materiais que possam ser recuperados ou reciclados, e de origem local. Deve especificar tipos de conexões reversíveis que permitam o uso repetido. Deve evitar o uso de materiais compostos e excesso de materiais e componentes. Deve evitar materiais tóxicos ou perigosos, assim como tratamentos de superfícies desnecessários que dificultam a recuperação no fim de vida da edificação.

3) Plano de desconstrução (PD)

- a. Vida útil e durabilidade: é recomendado que a vida útil (VU) dos sistemas e componentes seja identificada, assim como a especificação do valor teórico para a vida útil de projeto (VUP) dos mesmos. Assim é possível realizar organização hierárquica dos elementos na edificação por ordem de acesso, relacionada à durabilidade e manutenção;

- b. Dados técnicos: todas as informações relacionadas aos materiais e componentes utilizados na edificação devem estar contidas no PD, assim como sua devida identificação padronizada. Deve ser elaborado Manual de uso, operação e manutenção, de acordo com a NBR 14037/2014 e o inventário das manutenções realizadas ao longo da operação do edifício, mantendo sempre o PD atualizado;
- c. Gerenciamento e logística: a coordenação do projeto deve descrever as estratégias para logística e armazenamento de materiais e componentes utilizados na edificação, principalmente dos elementos advindos de recuperação e reciclagem, prevendo também peças de reposição. Deve-se também orientar para as estratégias descritas no PGRCC da edificação, quando houver. Também é de responsabilidade da coordenação de projetos fornecer instruções e sequência de desmontagem, reservando prazo extra no cronograma para que o PpD/A seja incorporado e desenvolvendo iniciativas e treinamentos para motivação do trabalho com o PpD/A. É recomendado que o processo de desmontagem seja orientado por tecnologia BIM.
- d. Documentos e permissões: a coordenação de projetos deve assegurar que o projeto seja concebido em conformidade com os códigos e normas vigentes, assim como orientar para que o *as built* seja elaborado e atualizado durante a operação do edifício. É recomendado que políticas e legislação voltadas para a desconstrução sejam reivindicadas, uma vez que não foram encontradas normativas dessa natureza no Brasil;
- e. Recuperação e reciclagem: Devem ser devidamente identificados e caracterizados os elementos com potencial de recuperação e reciclagem, ou recuperados e reciclados, assim como os elementos que não poderão ser removidos ou recuperados. O PD deve conter instruções sobre reutilização e reciclagem e informações sobre rastreabilidade do produto e garantia.

3.7 Estudos de caso

As avaliações para validação do Formulário de Verificação (artefato) foram conduzidas através de Estudo de Caso. De acordo com Yin (2005), em um Estudo de Caso “cada caso em particular consiste em um estudo completo, no qual se procuram provas convergentes com respeito aos fatos e às conclusões para o caso (...)”. Determina-se assim que “as conclusões de cada caso sejam as informações que necessitam de replicação por outros casos individuais.” (Yin, 2005). Ainda, o autor descreve que o Estudo de Caso pode ser classificado como projeto de caso único ou projeto de casos múltiplos, e dentro de cada uma dessas categorias, holístico (uma unidade de análise) ou integrado (mais de uma unidade de análise). A combinação dessas classificações gera quatro tipos de projeto, conforme exposto no Quadro 18.

Quadro 18: Tipos de projetos de estudo de caso

	Projeto de caso único	Projeto de casos múltiplos
Holístico (uma unidade de análise)	Holístico de caso único (Tipo 1)	Holístico de casos múltiplos (Tipo 3)
Integrado (mais de uma unidade de análise)	Integrado de caso único (Tipo 2)	Integrado de casos múltiplos (Tipo 4)

Fonte: Adaptado de Yin (2005).

A presente pesquisa se enquadra no tipo 3: projeto holístico de casos múltiplos, pois conduzirá as avaliações e intervenções em 4 (quatro) casos diferentes, para uma única unidade de análise, que consiste em: **atendimento aos princípios do PpD/A em projeto de edificação.**

3.7.1 Caracterização dos casos de estudo

Para aprimoramento e validação do Formulário de Verificação desenvolvido, foram selecionados 4 (quatro) projetos de edificações de IFES. A seleção dos projetos teve por finalidade representar uma diversidade de tipologias construtivas e de uso.

A seguir são apresentadas as principais características dos projetos selecionados, visando a posterior avaliação dos mesmos.

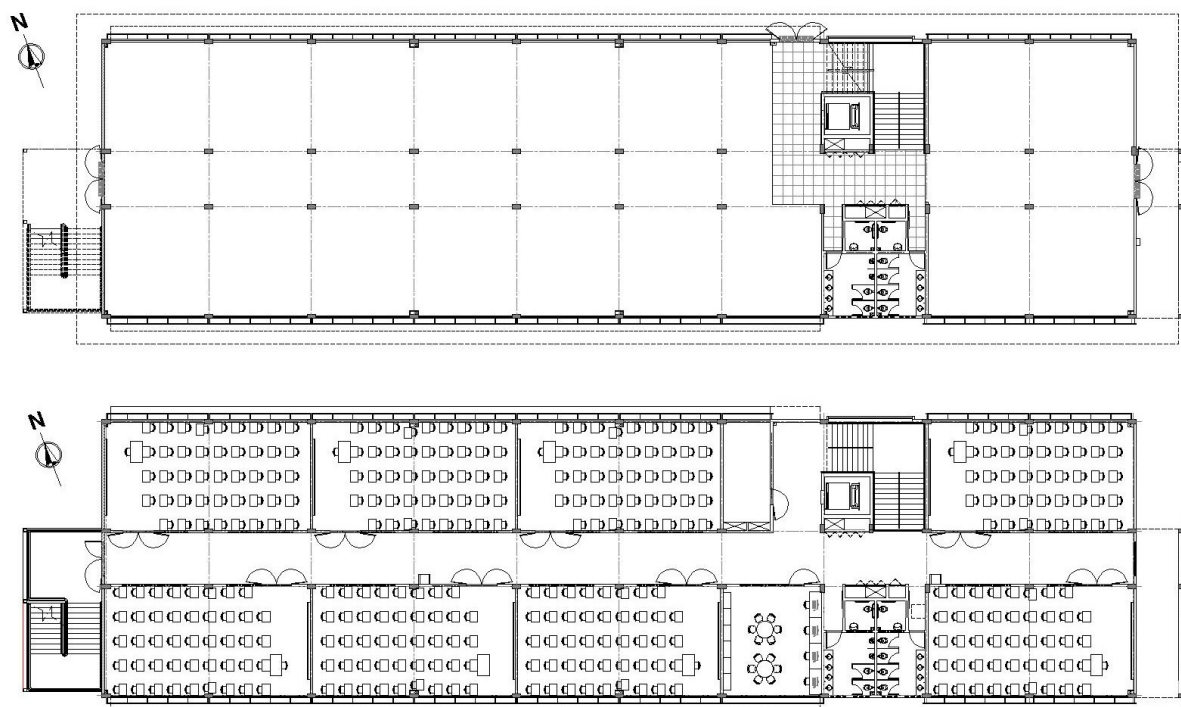
a) Caso 1: Projeto de bloco didático universitário

O primeiro projeto selecionado é um bloco de uso didático universitário, denominado “bloco N”, localizado no campus de Santa Helena da Universidade

Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR. O projeto foi elaborado pela equipe da Diretoria de Projetos e Obras (DIRPRO) da UTFPR, da qual a autora é parte integrante, e foi executado no ano de 2019.

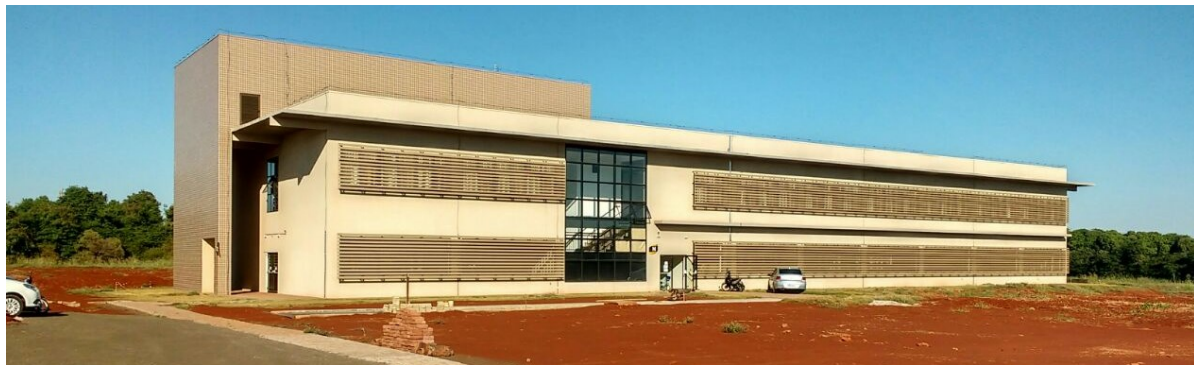
A edificação possui 2.045,93 m² divididos em dois pavimentos, sendo que no projeto inicialmente licitado, o pavimento térreo possui *layout* de plano aberto, para futuras instalações, e o pavimento superior é particionado em salas de uso didático.

Figura 25: Projeto - Layouts dos pavimentos térreo (acima) e pavimento superior (abaixo) do bloco N do campus Santa Helena



Fonte: Acervo DIRPRO/UTFPR (2016)

Figura 26: Fotografia do bloco N do campus Santa Helena



Fonte: Acervo DIRPRO/UTFPR (2020)

São representadas na Figura 25 as plantas de *layout* extraídas do projeto arquitetônico do Bloco N, e é apresentada na Figura 26 uma fotografia do Bloco N já executado no campus Santa Helena.

As principais especificações e características construtivas do Bloco N são apresentadas no Quadro 19, de acordo com cada etapa construtiva, considerando os principais sistemas, componentes, materiais e tipo de ligação (conexão) utilizados.

Quadro 19: Características construtivas do Bloco N (continua)

Etapa construtiva	Sistema	Tipologia	Componentes	Ligação			
Estrutural	Fundação	Estaca e blocos de concreto	Estacas	Química			
			Blocos	Química			
			Baldrames	Química			
	Superestrutura	Concreto armado <i>in loco</i>	Pilares (concreto armado)	Química			
			Vigas (concreto armado)	Química			
			Lajes (concreto armado) + manta asfáltica	Química			
		Pisos gerais	Contrapiso de concreto	Química			
Escada externa	Escada em aço estrutural + pintura intumescente + esmalte sintético	Aparafusada					
Arquitetura	Cobertura	Estrutura metálica + Telhas em fibrocimento	Tesouras e terças (aço)	Aparafusada			
			Calhas e rufos (aço)	Aparafusada			
			Telhas (fibrocimento)	Aparafusada			
			Chumbadores (aço)	Aparafusada			
	Vedação vertical externa	Paredes externas		Alvenaria + reboco 2 cm + textura acrílica	Química		
				Revestimento cerâmico + argamassa + rejunte	Química		
		Esquadrias de alumínio		Perfis metálicos (alumínio) + pintura eletrostática	Química/ aparafusada		
				Vidro 6 mm + vedação (polipropileno e silicone)	Química/ Encaixada		
				Paredes internas		Alvenaria + reboco 2 cm + pintura acrílica	Química
						Revestimento cerâmico + argamassa + rejunte	Química
	Esquadrias de madeira		Portas (folhas, batentes e guarnições de madeira) + verniz (base água)	Química/ aparafusada			
			Ferragens (Aço)	Aparafusada			
			Pisos	Porcelanato + argamassa + rejunte	Química		

Quadro 19: Características construtivas do Bloco N (Conclusão)

Etapa construtiva	Sistema	Tipologia	Componentes	Ligação
Instalações elétricas e hidráulicas	Sistema elétrico	Instalações embutidas	Eletrodutos embutidos em parede ou piso (PVC)	Química
			Eletrodutos embutidos em forro (PVC)	Aparafusada
		Instalações aparentes	Eletrodutos aparentes (ferro galvanizado)	Aparafusada
			Eletrocalha aparente (ferro zincado)	Aparafusada
		Instalações gerais	Cabos elétricos (PVC + cobre)	Encaixada
			Caixas de inspeção (concreto)	Química
			Quadros elétricos (ferro zindado, tinta epóxi e policarbonato)	Aparafusada
		Pontos elétricos	Tomadas e interruptores (termoplástico e alumínio fundido)	Aparafusada
		Iluminação	Luminárias (aço, alumínio, vidro e pintura eletrostática)	Aparafusada/ encaixada
		Sistema hidráulico	Instalações gerais: pluvial, água e esgoto	Tubulação embutida em piso ou parede (PVC)
	Tubulação embutida em forro (PVC)			Aparafusada/ encaixada
	Caixas de passagem (alvenaria e concreto armado)			Química
	Registros em geral (aço inox)			Aparafusada/ Encaixada
	Acabamentos sanitários		Canoplas, toalheiros, papeleiras, entre outros (ligas de cobre, plástico e pintura cromada)	Aparafusada/ encaixada
			Espelhos	Aparafusada
	Equipamentos sanitários		Bacias (cerâmica)	Aparafusada/ química
			lavatórios (cerâmica)	Encaixada/ Química
			Metais (ligas de cobre, plástico e pintura cromada)	Aparafusada/ encaixada
			Bancadas de granito + mão francesa	Aparafusada/ Química

Fonte: A autora (2024)

Cabe destacar que os materiais e componentes apresentados no Quadro 19, assim como nas especificações dos demais projetos de estudo de caso dessa pesquisa, são integrantes dos sistemas já acabados e que não foram incluídos os materiais provisórios utilizados na fase de construção, tais como os utilizados em canteiro de obras: fôrmas de madeira, escoramentos, tapumes, entre outros.

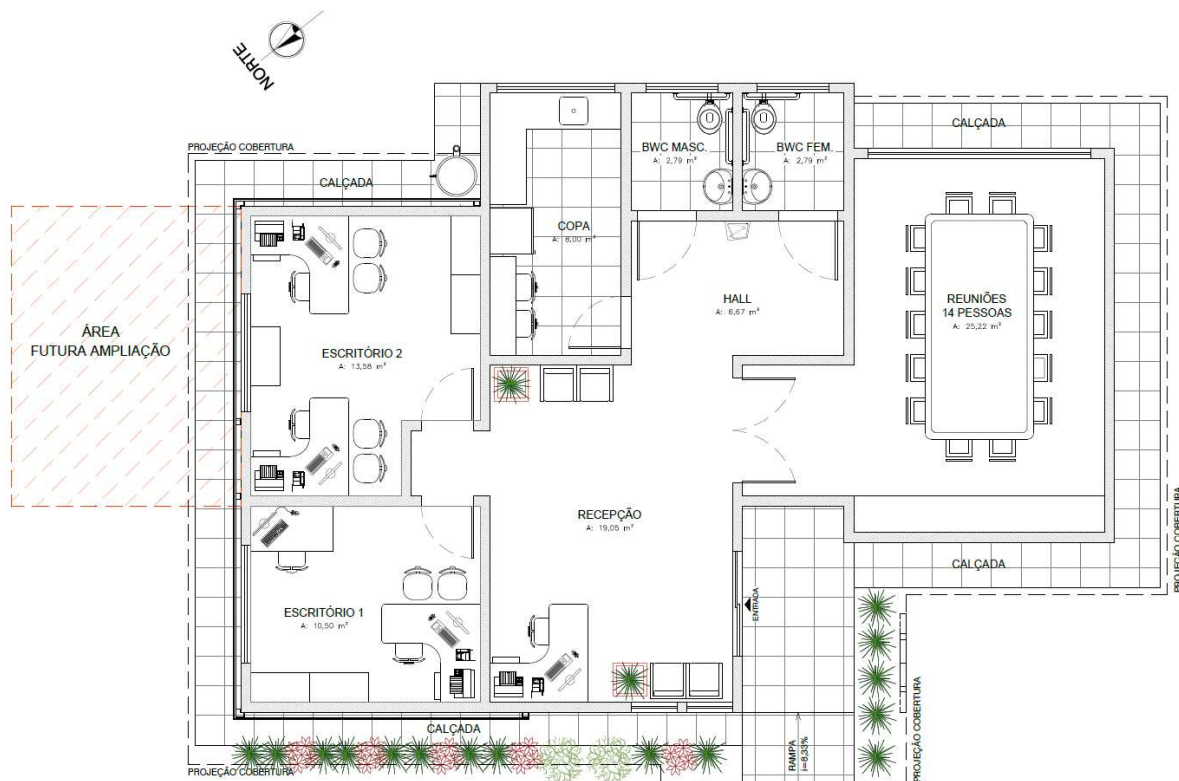
b) Caso 2: Projeto de Unidade de Pesquisa e Transferência de Tecnologia (UMIPTT)

O segundo projeto selecionado refere-se a uma Unidade Mista de Pesquisa e Transferência de Tecnologia (UMIPTT), que consiste em escritórios de pesquisa da

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) em parceria com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), entre outras entidades de pesquisa e extensão do poder público e da sociedade civil organizada. A UMIPTT se propõe a desenvolver, adaptar e transferir tecnologias sustentáveis aos agricultores familiares e o ambiente proposto irá centralizar as ações das diversas instituições participantes.

O projeto foi elaborado pela equipe da Diretoria de Projetos e Obras (DIRPRO) da UTFPR, da qual a autora é parte integrante. A edificação foi implantada no campus da UTFPR em Francisco Beltrão-PR e foi executada em sistema *Steel Frame*, com área útil de 101,47m².

Figura 27: Planta layout da UMIPTT, implantada no campus da UTFPR Francisco Beltrão



Fonte: Acervo DIRPRO/UTFPR (2016)

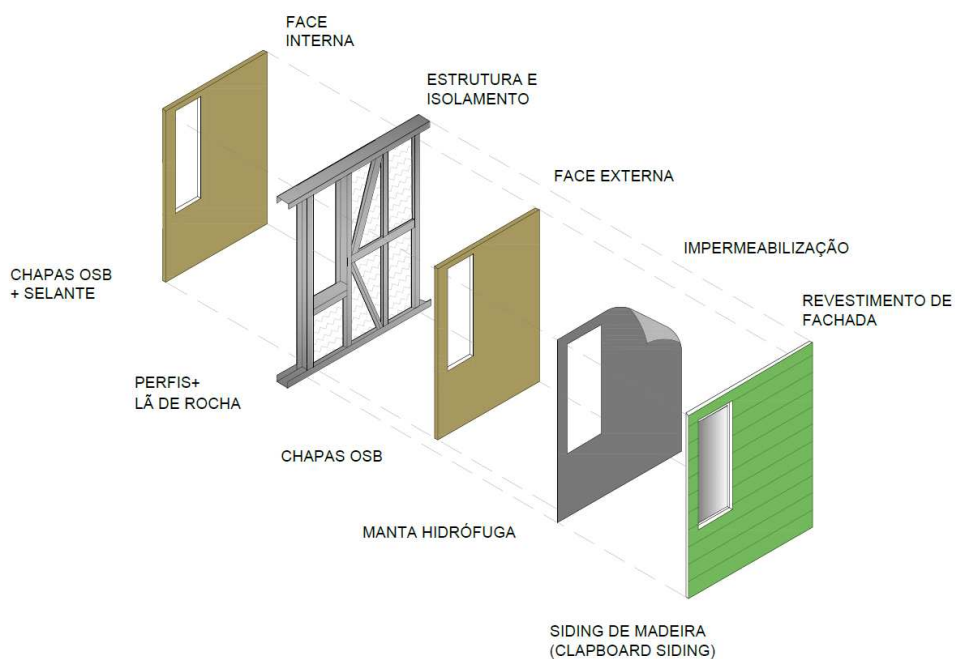
Figura 28: Fotografias da edificação em construção (esquerda) e da edificação pronta (direita)



Fonte: Acervo DIRPRO/UTFPR (2016, 2017)

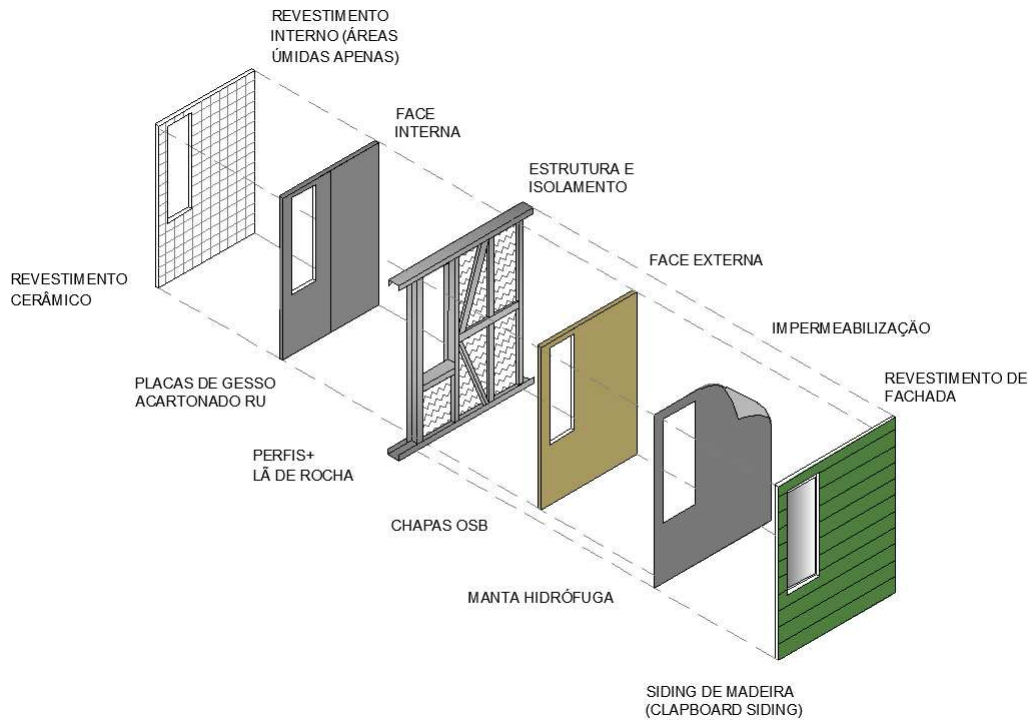
Além da estrutura em perfis metálicos (*steel frame*), foram adotados em projeto composições de paredes que permitem maior flexibilidade para futuras alterações de *layout* e cobertura metálica aparente com camada de isolamento em poliuretano, a fim de minimizar a utilização de recursos, ao mesmo tempo em que prevê melhores condições de conforto térmico para os usuários. A composição das paredes pode ser observada nas figuras Figura 29 e Figura 30.

Figura 29: Composição das paredes das áreas secas da UMIPTT



Fonte: Acervo DIRPRO/UTFPR (2016)

Figura 30: Composição das paredes das áreas úmidas da UMIPTT



Fonte: Acervo DIRPRO/UTFPR (2016)

As principais especificações e características construtivas da UMIPTT são apresentadas no Quadro 20, de acordo com cada etapa construtiva, considerando os principais sistemas, componentes, materiais e tipo de ligação (conexão) utilizados.

Quadro 20: Características construtivas da UMIPTT (continua)

Etapas construtivas	Sistema	Tipologia	Componentes	Conexão
Estrutural	Fundação	Radier de concreto	Laje de concreto	Química
			Baldrame de concreto	Química
	Superestrutura	Steel Frame	Perfil guia (Aço)	Aparafusada
			Montantes (Aço)	Aparafusada
			Chumbadores (Aço)	Aparafusada
	Pisos gerais	Contrapiso de concreto	Química	
Arquitetura	Cobertura inclinada e platibanda	Estrutura metálica + Telhas termoacústicas + Platibanda em telha metálica trapezoidal	Tesouras e terças (aço)	Aparafusada
			Calhas e rufos (aço)	Aparafusada
			Telhas termoacústicas	Aparafusada
	Cobertura impermeabilizada	Laje metálica	Perfis metálicos (aço)	Aparafusada
			Placa OSB	Encaixada
			Placa XPS	Encaixada
			Manta PVC	Encaixada

Quadro 20: Características construtivas da UMIPTT (Conclusão)

Etapa construtiva	Sistema	Tipologia	Componentes	Ligação	
Arquitetura	Vedação vertical externa	Paredes externas	Isolante (lã de rocha)	Encaixada	
			Placas OSB + selante (poliuretano) + verniz incolor (base água)	Aparafusada	
			Manta hidrófuga (polietileno)	Encaixada	
			Siding de madeira + pintura acrílica	Aparafusada	
		Esquadrias de alumínio	Perfis metálicos (alumínio) + pintura eletrostática	Aparafusada	
			Vidro 6mm + vedação (polipropileno e silicone)	Química/ Encaixada	
	Vedação vertical interna	Paredes internas	Isolante (lã de rocha)	Encaixada	
			Placas OSB + selante (poliuretano) + verniz incolor (base água)	Aparafusada	
			Parafusos (aço)	Aparafusada	
			Revestimento cerâmico + argamassa + rejunte	Química	
		Esquadrias de madeira	Portas (folhas, batentes e guarnições de madeira) + verniz (base água)	Aparafusada	
			Ferragens (Aço)	Aparafusada	
	Pisos	Piso áreas secas	Piso laminado (madeira + celulose)	Encaixada	
		Piso áreas úmidas	Porcelanato + argamassa + rejunte	Química	
Instalações elétricas e hidráulicas	Sistema elétrico	Instalações embutidas	Eletrodutos embutidos em pisos (PVC)	Química	
			Eletrodutos embutidos em paredes (PVC)	Encaixada	
		Instalações aparentes	Eletrodutos aparentes (ferro galvanizado)	Aparafusada	
			Eletrocalha aparente (ferro zincado)	Aparafusada	
		Instalações gerais	Cabos elétricos (PVC + cobre)	Encaixada	
			Caixas de inspeção (concreto)	Química	
			Quadros elétricos (ferro zindado, tinta epóxi e policarbonato)	Aparafusada	
		Pontos elétricos	Tomadas e interruptores (termoplástico e alumínio fundido)	Aparafusada	
		Iluminação	Luminárias (aço, alumínio, vidro e pintura eletrostática)	Aparafusada	
		Sistema hidráulico	Instalações gerais: pluvial, água e esgoto	Tubulação embutida em piso (PVC)	Química
				Tubulação embutida em parede (PVC)	Encaixada
				Caixas de passagem (alvenaria e concreto armado)	Química
	Registros em geral (aço inox)			Encaixada	
	Acabamentos sanitários		Canoplas, toalheiros, papeleiras, entre outros (ligas de cobre, plástico e pintura cromada)	Aparafusada/ encaixada	
			Espelhos	Aparafusada	
	Equipamentos sanitários		Bacias (cerâmica)	Aparafusada/ química	
			lavatórios (cerâmica)	Encaixada/ Química	
		Metais (ligas de cobre, plástico e pintura cromada)	Aparafusada/ encaixada		
		Bancadas de granito + mão francesa	Aparafusada/ Química		

Fonte: A autora (2024)

c) Caso 3: Projeto de Bloco Modular administrativo

O terceiro projeto selecionado refere-se a um bloco denominado “bloco modular” para uso administrativo do campus da UTFPR do município de Toledo-PR. Segundo informações fornecidas pelo campus, o objetivo da edificação é abrigar as atividades administrativas da universidade, as setorizando em um único bloco, de modo que a construção se desse em um curto prazo de tempo devido à demanda urgente.

Neste sentido, diversas soluções construtivas foram estudadas pela administração do campus, optando pela contratação de uma empresa de execução de estruturas modulares pré-fabricadas, as quais consistem em implantação de módulos habitacionais padronizados, que são acoplados entre si e assentados sobre fundações rasas específicas.

Assim, a execução do bloco se deu no ano de 2019, no entanto, o processo executivo que deveria ter o cronograma encurtado devido a agilidade do sistema escolhido, não demonstrou vantagens devido à licitação ter dissociado os serviços contratados, incluindo a montagem dos blocos e as instalações complementares em objetos diferentes na contratação, o que ocasionou falta de compatibilidade no cronograma e consequentes atrasos.

A edificação possui 763,20 m² de área construída, onde o sistema estrutural consiste em perfis em aço carbono e as paredes internas e externas configuram-se em placas de madeira mineralizadas (WWCB - *Wood Wool Cement Board*).

Figura 31: Fotografias gerais externas do bloco modular administrativo da UTFPR Toledo



Fonte: Acervo DEPRO/UTFPR campus Toledo (2017)

Figura 32: Fotografia de área interna do bloco modular administrativo da UTFPR Toledo



Fonte: Acervo DEPRO/UTFPR campus Toledo (2017)

As principais especificações e características construtivas do bloco modular são apresentadas no Quadro 21, de acordo com cada etapa construtiva, considerando os principais sistemas, componentes, materiais e tipo de ligação (conexão) utilizados.

Quadro 21: Características construtivas do Bloco modular (continua)

Etapas construtivas	Sistema	Tipologia	Componentes	Conexão
Estrutural	Fundação	Estaca e blocos de concreto	Estacas	Química
			Blocos	Química
	Superestrutura	Perfis em aço carbono zincado + pintura esmalte	Base (aço + pintura)	Aparafusada
			Colunas (aço + pintura)	Aparafusada
			Vigamento superior (aço + pintura)	Aparafusada
		Piso em estrutura metálica contraplacado painel wall	Perfis metálicos (aço)	Aparafusada
			Chapas de painel wall (chapas cimentícias com preenchimento interno em madeira laminada) 40 mm + manta vinílica	Aparafusada
			Manta vinílica	Encaixada

Quadro 21: Características construtivas do Bloco modular (Conclusão)

Etapa construtiva	Sistema	Tipologia	Componentes	Conexão
Arquitetura	Cobertura	Estrutura metálica + Telhas termoacústicas (sanduíche) tipo forro	Tesouras e terças (aço)	Aparafusada
			Calhas e rufos (aço)	Aparafusada
			Telhas sanduíche tipo forro (aço zincado + camada interna EPS + forro em PRFV)	Aparafusada
			Chumbadores (aço)	Aparafusada
	Vedação vertical	Paredes externas e internas	Placas WWCB (<i>Wood Wool Cement Board</i>) - placas cimentícias de madeira mineralizada 50 mm + graute (vedação)	Encaixada/Química
			Argamassa + textura tipo grafiato + tinta acrílica (revestimento externo)	Química
			Argamassa + massa acrílica + tinta acrílica (revestimento interno)	Química
		Esquadrias de alumínio	Perfis metálicos (alumínio) + pintura eletrostática	Aparafusada
			Vidro 6mm + vedação (polipropileno e silicone)	Química/Encaixada
	Pisos	Revestimento de piso interno	Manta vinílica + adesivo PVA	Química
		Sistema elétrico	Instalações aparentes	Eletrodutos aparentes (ferro galvanizado)
Eletrocalha aparente (ferro zincado)				Aparafusada
Instalações gerais			Cabos elétricos (PVC + cobre)	Encaixada
			Quadros elétricos (ferro zindado, tinta epóxi e policarbonato)	Aparafusada
Pontos elétricos			Tomadas e interruptores (termoplástico e alumínio fundido)	Aparafusada
Iluminação			Luminárias (aço, alumínio, vidro e pintura eletrostática)	Aparafusada
Sistema hidráulico			Instalações gerais: pluvial, água e esgoto	Tubulação embutida (PVC)
		Caixas de passagem (alvenaria e concreto armado)		Química
		Registros em geral (aço inox)		Encaixada
		Acabamentos sanitários	Canoplas, toalheiros, papeleiras, entre outros (ligas de cobre, plástico e pintura cromada)	Aparafusada/encaixada
			Espelhos	Aparafusada
		Equipamentos sanitários	Bacias (cerâmica)	Aparafusada/química
			lavatórios (cerâmica)	Encaixada/Química
			Metais (ligas de cobre, plástico e pintura cromada)	Aparafusada/encaixada
			Bancadas de granito + mão francesa	Aparafusada/Química

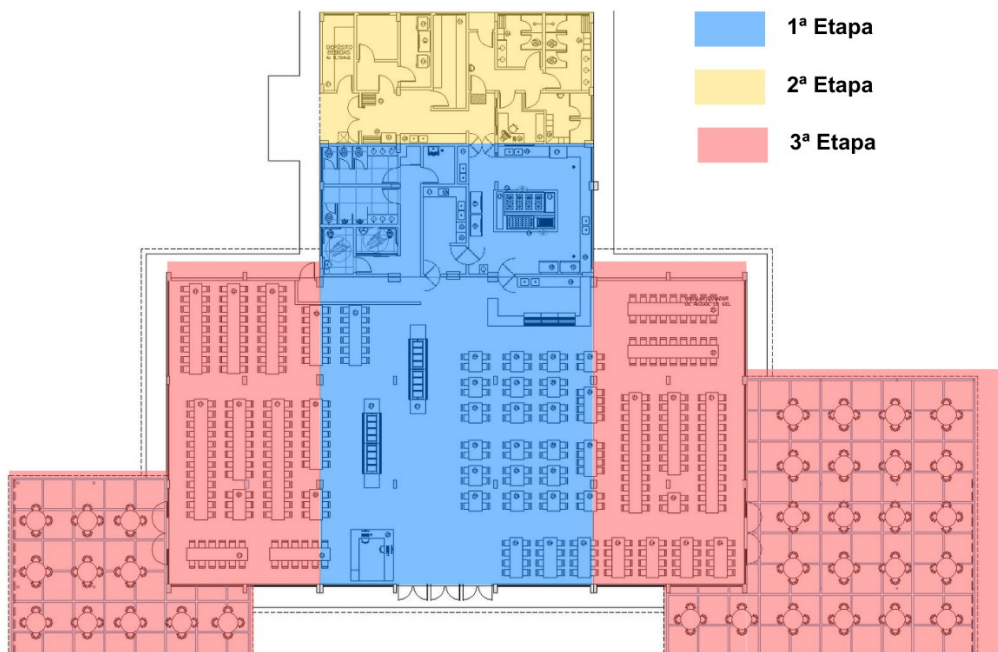
Fonte: A autora (2024)

d) Caso 4: Projeto de Restaurante Universitário

O quarto projeto selecionado compreende uma edificação para funcionamento dos serviços de Restaurante Universitário (RU) da UTFPR. Apesar de ser um projeto padrão, já executado em diversos *campi* da universidade, o caso específico refere-se ao RU do campus Apucarana, onde a execução da edificação completa se deu em três etapas. A escolha pela execução em etapas deve-se ao atendimento progressivo às demandas do campus através da expansão de área, assim como representa uma solução para as limitações orçamentárias.

A primeira etapa contemplou a execução de 567,75m² de área compreendendo a área principal da cozinha, parte do salão do restaurante e banheiros para os usuários. Já na segunda etapa, foram executadas as áreas administrativas e de serviço do RU (depósitos e câmaras) e banheiros para funcionários, com ampliação de mais 123,57 m² de área. Finalmente, a terceira etapa refere-se a expansão de mais 693,02 m² da área do salão de atendimento do restaurante, interna e externa, cuja última refere-se à execução de uma varanda para os usuários. As três etapas de construção da edificação representam um total de 1.384,34m² de área construída e podem ser observadas na representação gráfica da Figura 33.

Figura 33: Representação das áreas correspondentes a cada etapa de construção do RU do campus Apucarana



Fonte: Adaptado do acervo da DIRPRO/UTFPR (2023)

Na Figura 34 são apresentadas fotografias recentes do RU do campus Apucarana, das áreas externas e internas da edificação.

Figura 34: Fotografias externas e internas do RU do campus UTFPR Apucarana



Fonte: Acervo DEPRO/ UTFPR Apucana (2023)

As principais especificações e características construtivas do RU são apresentadas no Quadro 22, de acordo com cada etapa construtiva, considerando os principais sistemas, componentes, materiais e tipo de ligação (conexão) utilizados.

Quadro 22: Características construtivas do RU do campus UTFPR Apucarana (continua)

Etapa construtiva	Sistema	Tipologia	Componentes	Ligação
Estrutural	Fundação	Estaca e blocos de concreto	Estacas	Química
			Blocos	Química
			Baldrames	Química
	Superestrutura	Concreto armado in loco	Pilares (concreto armado)	Química
			Vigas (concreto armado)	Química
			Lajes (concreto armado)	Química
			Pisos gerais	Contrapiso de concreto

Quadro 22: Características construtivas do RU do campus UTFPR Apucarana (Conclusão)

Etapa construtiva	Sistema	Tipologia	Componentes	Ligação	
Arquitetura	Cobertura	Estrutura metálica + Telhas em fibrocimento	Tesouras e terças (aço)	Química/ aparafusada	
			Calhas e rufos (aço)	Aparafusada	
			Telhas (fibrocimento)	Aparafusada	
	Vedação vertical externa	Paredes externas	Esquadrias de alumínio	Alvenaria + reboco 2 cm + textura acrílica	Química
				Perfis metálicos (alumínio) + pintura eletrostática	Química/ aparafusada
		Vidro 6mm + vedação (polipropileno e silicone)	Química/ Encaixada		
	Vedação vertical interna	Paredes internas	Esquadrias de madeira	Alvenaria + reboco 2 cm + pintura acrílica	Química
				Revestimento cerâmico + argamassa + rejunte	Química
		Portas (folhas, batentes e guarnições de madeira) + pintura esmalte	Química/ aparafusada		
	Pisos	Piso em granitina	Piso em cimento alisado	Ferragens (Aço)	Aparafusada
				Granitina + rejunte	Química
				Cimento	Química
	Forros	Forro em PVC	PVC		Aparafusada
Instalações elétricas e hidráulicas	Sistema elétrico	Instalações embutidas	Eletrodutos embutidos em parede ou piso (PVC)	Química	
			Eletrodutos embutidos em forro (PVC)	Aparafusada	
		Instalações aparentes	Eletrodutos aparentes (ferro galvanizado)	Aparafusada	
			Eletrocalha aparente (ferro zincado)	Aparafusada	
		Instalações gerais	Cabos elétricos (PVC + cobre)	Encaixada	
			Caixas de inspeção (concreto)	Química	
			Quadros elétricos (ferro zindado, tinta epóxi e policarbonato)	Aparafusada	
	Pontos elétricos	Tomadas e interruptores (termoplástico e alumínio fundido)	Aparafusada		
	Iluminação	Luminárias (aço, alumínio, vidro e pintura eletrostática)	Aparafusada/ encaixada		
	Sistema hidráulico	Instalações gerais: pluvial, água e esgoto		Tubulação embutida em piso ou parede (PVC)	Química
				Tubulação embutida em forro (PVC)	Aparafusada/ encaixada
				Caixas de passagem (alvenaria e concreto armado)	Química
				Registros em geral (aço inox)	Aparafusada/ Encaixada
		Acabamentos sanitários		Canoplas, toalheiros, papeleiras, entre outros (ligas de cobre, plástico e pintura cromada)	Aparafusada/ encaixada
				Espelhos	Aparafusada
		Equipamentos sanitários		Bacias (cerâmica)	Aparafusada/ química
				lavatórios (cerâmica)	Encaixada/ Química
				Metais (ligas de cobre, plástico e pintura cromada)	Aparafusada/ encaixada
				Bancadas de granito + mão francesa	Aparafusada/ Química

Fonte: A autora (2024)

3.7.2 Determinação do cenário de VUP

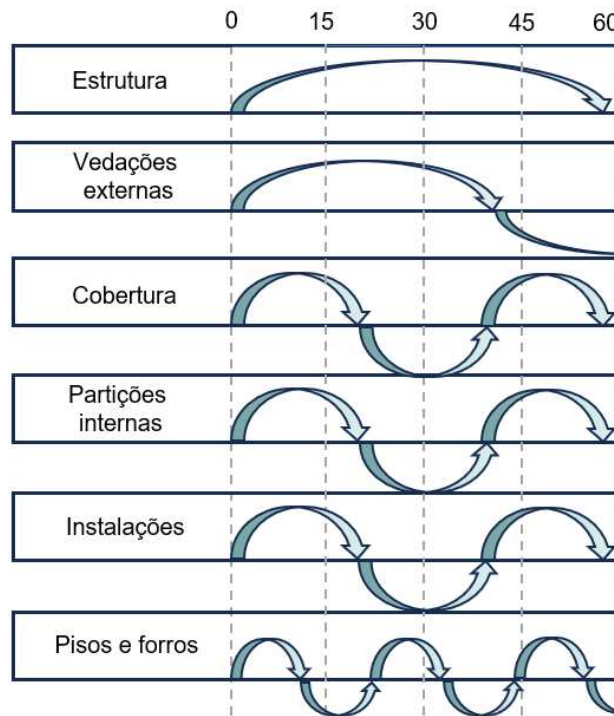
De acordo com as informações contidas no item 2.3.2 (Vida Útil (VU) e Vida Útil de Projeto (VUP)) deste trabalho, é possível afirmar que determinar a vida útil de uma edificação é tarefa bastante complexa, principalmente devido à indisponibilidade de dados de durabilidade dos componentes utilizados e falta de informações de requisitos de substituição de componentes do edifício.

Todos os projetos selecionados para a avaliação conduzida nesta pesquisa foram desenvolvidos sem a determinação da Vida útil de projeto (VUP), ou seja, sem a determinação da “vida útil considerada pelo projetista como base para as suas especificações” (International Standard, 2011). Deste modo, a presente pesquisa considerou a VUP mínima de 50 anos para todas as edificações, de acordo com as orientações da NBR 15575/2021, independente do sistema construtivo adotado. Também foi considerada a VUP mínima para os sistemas das edificações conforme apresentado no Quadro 9 deste trabalho.

Deste modo, orientado pelas categorias/cenários de VUP estabelecidos pela norma canadense CSA S478-95, demonstrados pelo Quadro 11, fica determinado que as edificações compreendem um cenário de **Longo Prazo** de VUP.

Nesse sentido, é demonstrado na Figura 35 como seria a interação entre os diferentes sistemas das edificações, de acordo com a VUP estabelecida.

Figura 35: Interação da VUP mínima estabelecida para os sistemas



Fonte: a autora (2024), adaptado de Durmisevic (2019)

É possível inferir que, após 50 anos, vários sistemas deverão ter sido restaurados ou substituídos ao longo do uso operacional.

3.7.3 Interações entre o contexto do projeto e os princípios de PpD/A

Conforme descrito no item 2.3.1 deste trabalho e no Quadro 8 (página 42), a norma ISO 20887/2020 orienta para a avaliação da interação entre o contexto do projeto e os princípios de PpD/A, considerando as características particulares de cada projeto que podem influenciar o escopo e a aplicabilidade do PpD/A, e assim ser capaz de prever as possíveis compensações entre os impactos, usando a construção de cenários e abordagens como avaliação do ciclo de vida da construção. Deste modo, os projetos de edificações selecionados foram considerados em um cenário de Longo Prazo (vida útil mínima de 50 anos), onde é exigida alta relevância para aplicação dos princípios de desmontagem que visam estratégias para durabilidade, padronização dos componentes, facilidade de manutenção e atualização e materiais reutilizáveis ou recicláveis, e alta relevância para aplicação dos princípios para a adaptabilidade no geral.

Neste contexto, é possível concluir que, para que as edificações em questão atinjam os objetivos de desempenho requeridos pelo PpD/A, os projetos devem seguir no sentido de atender, principalmente, aos princípios de padronização (PA), facilidade de acesso (AC), apoio à economia circular (EC), adaptabilidade (AD) e coordenação & responsabilidade (C&R). Deste modo, são apresentados no Quadro 23 os princípios mais relevantes para atendimento no cenário estabelecido, e respectivas estratégias que foram avaliadas no projeto.

Quadro 23: Princípios mais relevantes do PpD/A a serem avaliados no cenário de vida útil

Princípio	Estratégias previstas
(AC) Facilidade de acesso	-Prever rotas de serviço e dedicar área específica para os sistemas; -Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado; -Sistemas aparentes e conexões acessíveis
(EC) Apoio à Economia Circular	-Possibilidade de uso de Banco de Materiais; -Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis; -Reduzir o número de materiais e componentes; -Utilizar materiais e componentes com potencial de recuperação, reuso e reciclagem; -Fornecer instruções sobre reutilização e reciclagem e rastreabilidade do produto;
(PA) Padronização	-Layout modular -Utilizar sistemas pré-fabricados; -Sistemas padronizados que se utilizem de ferramentas, componentes e práticas padronizadas; -Componentes com dimensões e peso adequados para manuseio e transporte; -Conformidade com códigos e normas.
(AD) Adaptabilidade	-Prever fundação robusta; -Previsibilidade de layout considerando possíveis alterações ao longo do tempo; -Favorecer layouts de plano aberto e pé-direito amplo; -Prever mobiliário não fixo.
(C&R) Coordenação e responsabilidade	-Planejar a Vida Útil de Projeto e cenários de Fim de Vida; -Implementar sistema de gestão de manutenção com inventário de manutenção a ser atualizado durante o uso operacional; -Fornecer inventário e identificação padronizada de todos os materiais e componentes utilizados na edificação; -Fornecer instruções de desmontagem de acordo com o cenário de Fim de Vida determinado, utilizando o BIM para visualização do processo; -Assegurar o fornecimento de desenhos “ <i>as built</i> ”, que sejam atualizados durante o uso operacional.

Fonte: A autora (2024)

Cabe ressaltar que a avaliação contemplará a análise do atendimento de todos os princípios do PpD/A, no entanto, os princípios destacados no Quadro 23 são balizadores para avaliação do desempenho da edificação em relação ao atingimento da VUP estabelecida.

3.7.4 Cenários de Fim de Vida (FdV)

Uma das orientações do PpD/A e do Plano de Desconstrução (PD) é a determinação de cenários de FdV ainda na fase de projeto da edificação.

Nesse contexto, nenhum dos projetos selecionados teve esse tipo de avaliação determinada. Portanto, para possibilitar uma análise holística de atendimento ao PpD/A pelos projetos selecionados, uma simulação de cenários de FdV foi realizada, baseando-se no método determinado por Silva et al. (2018), descrito no item 2.3.3 deste trabalho, onde é orientada uma simulação sob a ótica da demolição racional, ou seja, sob a ótica da EC, que visa a recuperação dos elementos construtivos.

É apresentado no Quadro 24 um exemplo de como foi realizada a simulação do cenário de fim de Vida para o projeto do Caso 2, onde é possível observar que a determinação do cenário de FdV considera as estratégias para o método de desagregação das partes da edificação (demolição destrutiva, demolição seletiva ou desmontagem), processo requerido (mecânico ou manual), morfologia do material gerado (amorfo, elaborado, componente ou elemento), estratégia de EC determinada para o respectivo material (reutilização ou reciclagem) e o potencial de alcançar a estratégia de EC determinada.

Quadro 24: Determinação do cenário de FdV do Caso 2 (continua)

Sistema	Conexão	Cenários de FdV				
		Método	Processo	Morfologia	Estratégia	Potencial
1. Estrutural						
1.1. Fundação						
Laje radier e baldrame	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
1.2 Superestrutura						
Perfis guia e montantes	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Alto
Contrapiso	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
2. Arquitetura						
2.1 Cobertura						
Tesouras e terças	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
Calhas e rufos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Alto
Telhas termoacústicas	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Perfis metálicos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Alto
Placa OSB	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Placa XPS	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Regular

Quadro 24: Determinação do cenário de FdV do Caso 2 (continua)

Sistema	Conexão	Cenários de FdV				
		Método	Processo	Morfologia	Estratégia	Potencial
2. Arquitetura						
2.1 Cobertura						
Manta PVC	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
2.2 Vedação vertical externa						
Isolante	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Baixo
Placas OSB + selante + verniz	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Baixo
Manta hidrófuga	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Siding de madeira + pintura	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reciclagem	Alto
Esquadrias de alumínio	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
2.3 Vedação vertical interna						
Isolante	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Baixo
Placas OSB + selante + verniz	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Baixo
Revestimento cerâmico	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Portas de madeira	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
2.4 Pisos						
Piso laminado	Encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Porcelanato	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
3. Instalações						
3.1 Sistema elétrico						
Eletrodutos embutidos em pisos	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Eletrodutos embutidos em paredes	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Alto
Eletrodutos aparentes	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Eletrocalha aparente	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Cabos elétricos	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material amorfo	Reciclagem	Regular
Caixas de inspeção	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Quadros elétricos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
Tomadas e interruptores	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Luminárias	Aparafusada	Desmontagem	Manual	Componente	Reutilização	Regular
3.2 Sistema hidráulico						
Tubulação embutida em piso	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Tubulação embutida em parede	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Alto

Quadro 24: Determinação do cenário de FdV do Caso 2 (Conclusão)

Sistema	Conexão	Cenários de FdV				
		Método	Processo	Morfologia	Estratégia	Potencial
3. Instalações						
3.2 Sistema hidráulico						
Caixas de passagem	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Registros em geral	Encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Canoplas, toalheiros, papeleiras, entre outros	Aparafusada/encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Espelhos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Bacias/lavatórios	Aparafusada/química	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Metais	Aparafusada/encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reciclagem	Regular
Bancadas de granito + mão francesa	Aparafusada/Química	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Alto

Fonte: a autora (2024)

Cabe salientar que as estratégias determinadas no Quadro 24 foram definidas por meio de análise empírica, considerando uma vida útil da edificação de 50 anos, conforme determinado em avaliação anterior. As avaliações de cenário de FdV para os demais projetos estão representadas no **Apêndice B** deste trabalho.

3.7.5 Aplicação do Formulário de Verificação

Um resumo dos aspectos dos projetos selecionados e das avaliações realizadas é representado no Quadro 25.

Quadro 25: Resumo dos aspectos de avaliação do projeto

	Bloco N	UMIPTT	Bloco modular	RU
Nível do projeto	Executivo	Executivo	Executivo	Executivo
Tipo de ocupação	Universitária	Universitária	Universitária	Universitária
Tipo de uso	Didático	Administrativo	Administrativo	Restaurante
Sistema construtivo	Concreto armado e alvenaria	<i>Steel frame, siding</i> de madeira e OSB	Perfis metálicos e placa de madeira mineralizada	Concreto armado e alvenaria
Cenário de vida útil	Longo prazo			
VUP mínima da edificação	50 anos			
Princípios mais relevantes	AC, EC, PA, AD e C&R			

Fonte: A autora (2024)

Assim, o Formulário de Verificação desenvolvido, descrito no item 3.6 deste trabalho, foi aplicado nos projetos selecionados. A ênfase desta aplicação é a avaliação do atendimento aos princípios do PpD/A, como um diagnóstico, para posterior análise dos resultados e validação do método.

A aplicação do Formulário de Verificação na fase de Estudo preliminar do projeto do Bloco N é representado na Figura 36. No entanto, é importante ressaltar que:

- Apesar da pesquisa destacar os princípios mais relevantes a serem avaliados no projeto em questão, todos os princípios do PpD/A foram avaliados, a fim de realizar uma análise holística;
- como os projetos não foram desenvolvidos sob os princípios do PpD/A, a aplicação do formulário servirá como um diagnóstico;
- como os projetos já se encontram executados, foram avaliadas as versões do projeto entregues para licitação, sem considerar manutenções e adaptações realizadas;
- as fases de estudo preliminar e plano de desconstrução são avaliações hipotéticas, baseadas nos documentos executivos entregues para licitação da edificação.

As avaliações realizadas em todas as fases do PpD/A – EP, PE e PD –, assim como dos demais projetos, estão apresentadas no **Apêndice C** deste trabalho.

Figura 36: Demonstração do Formulário de Verificação aplicado ao projeto do Caso 1 na etapa de EP

Checklist de avaliação - ESTUDO PRELIMINAR (EP)									
Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/ não verificado	Não se Aplica	Observações	
A) Avaliações preliminares	a.1) Banco de materiais (BM)	Identificar se há legislação vigente ou projeto de BM no município ou região	EC			●		A Lei nº 1790/2008 do Município de Santa Helena institui a criação do BM, porém não foi verificada possibilidade de utilização	
		Identificar a existência de BMs locais e a viabilidade para utilização	EC			●			
	a.2) Planejamento da Vida Útil de Projeto (VUP) de acordo com NBR 15575/2021	Especificar valor teórico para VUP para cada um dos sistemas, não inferior aos estabelecidos pela NBR 15575/2021	C&R			●			
B) Estrutura	b.1) Fundação	Prever fundação robusta	IN, AD		●			Apesar de prevista fundação profunda, não há previsão de sobrecarga considerando uma futura expansão de pavimentos superiores	
	b.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD	●				Os vãos entre os pilares possuem tamanhos que permitem certa flexibilidade de layout, porém as linhas centrais de pilares prejudicam esse princípio	
		Prever estrutura capaz de cobrir vãos variados e fornecer flexibilidade e reversibilidade de layout	AD			●			
		Prever geometrias simples de estruturas	SI	●					
C) Arquitetura	c.1) Volumetrias	Prever o uso de formas e geometrias simples para volumetrias	SI	●					
		Prever layout modular	PA, AD	●					
	c.2) Organização e Dimensionamento de Espaços Internos - Layout	Favorecer layouts de plano aberto	AD			●			Não houve demanda de uso para o pav. Térreo no primeiro uso, por isso o layout foi planejado sem partições. No entanto o pavimento superior apresenta partições dos ambientes com sistema que não permite flexibilidade e reversibilidade.
		Prever cenários possíveis de layouts visando a adaptabilidade	IN, AD				●		Apesar de espaços dedicados às áreas de serviço/shafts, o projeto não identifica o acesso aos sistemas
		Prever rotas de serviço	AC			●			Projeto sem previsão de expansão
		Prever amplo pé-direito que permita expansão de área se necessário	IN, AD				●		Não foi determinado o tempo de vida dos elementos.
		Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado	AC				●		
		Prever mobiliário não fixo	IN, AD		●				
	c.3) Sistemas - Coberturas, vedações, partições internas, esquadrias, forros e pisos	Prever espaço físico suficiente para a desmontagem	SD					—	Projeto sem previsão de desmontagem
		Prever sistemas em camadas	IN				●		Projeto sem planejamento em camadas
Prever sistemas independentes		IN				●		Em geral os sistemas são interdependentes	
Prever desmontagem paralela dos sistemas		IN				●		Projeto sem previsão de desmontagem	
D) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	d.1) Sistemas - Tubulações, canaletas, equipamentos	Dedicar área/volume específico para a zona do sistema (ex.: shafts, áreas técnicas)	IN, AC	●					

Fonte: A autora (2024)

3.7.5.1 Crêterios para a avalia o dos resultados

Para obten o dos resultados da aplica o do Formulário de Verifica o, foram estabelecidas pontua es para o atendimento de cada estratégia, sendo:

- 1 ponto para as estratégias atendidas;
- 0,5 ponto para estratégias parcialmente atendidas;
- 0 pontos para estratégias não atendidas/ não verificadas;

Assim, considerou-se que cada estratégia teria o valor teórico de 1 ponto. As estratégias que não se aplicam não foram consideradas na somatória.

Os resultados das avalia es são apresentados a seguir.

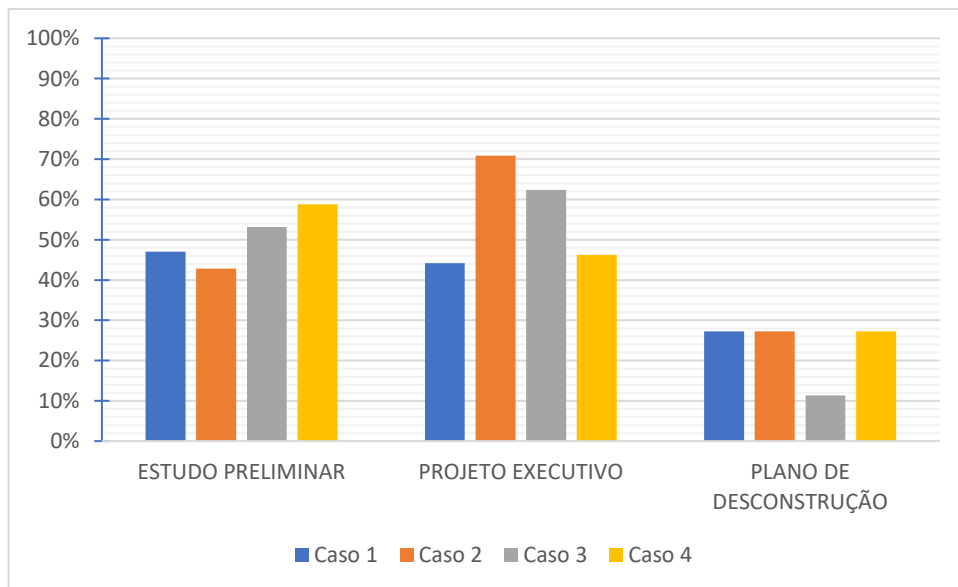
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A primeira parte deste capítulo dedica-se a apresentar os resultados derivados da aplicação do Formulário de Verificação nos quatro projetos selecionados (estudos de caso). Posteriormente, os resultados serão analisados sob a perspectiva de desempenho dos projetos avaliados e serão realizadas considerações sobre o sistema proposto.

4.1 Atendimento ao PpD/A por fase de concepção de projeto

Na Figura 37 é apresentado o gráfico de atendimento às estratégias de PpD/A previstas para as três fases de projeto, por projeto avaliado.

Figura 37: Gráfico de atendimento às estratégias por projeto, por fase de projeto



Fonte: A autora (2024)

Da análise da Figura 37 é possível observar que para a fase de Estudo Preliminar (EP), o melhor desempenho foi demonstrado pelo projeto do Caso 4 (52,6%), seguido do Caso 3 (47,2%), do Caso 1 (42,1%) e Caso 2 (37,5%).

Nesta fase nenhum dos projetos atendeu às avaliações preliminares relacionadas à utilização de Banco de Materiais e ao planejamento da VUP dos sistemas. O menor desempenho da Caso 2 deve-se a falta de uma grade estrutural padrão e ao layout compartimentado e não modular. Já o projeto do Caso 4 demonstrou vantagens nessa fase de projeto devido à capacidade da estrutura cobrir

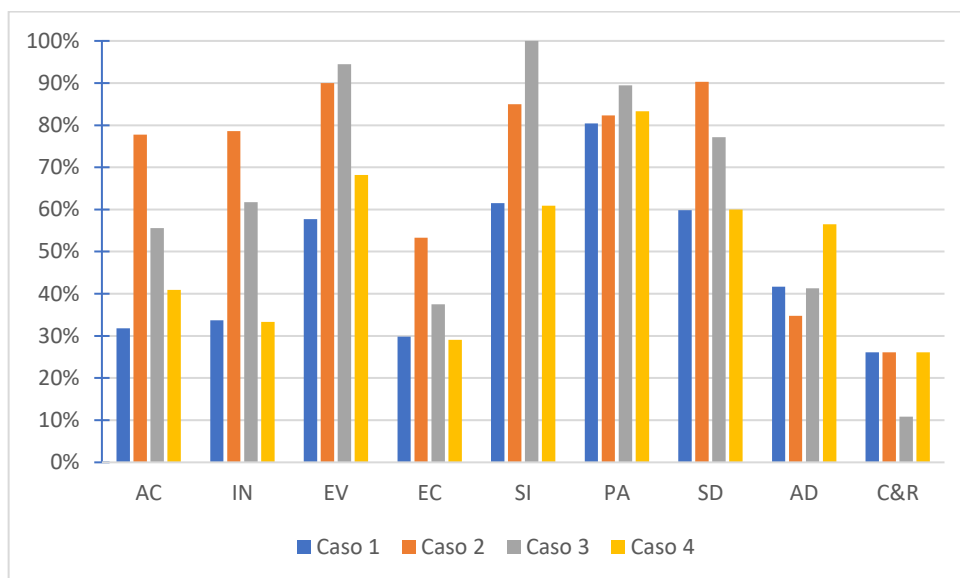
vãos variados, utilização de geometrias simples, layout de plano aberto e modular na área do salão, previsão de rotas de serviço e da expansão da edificação.

Já na fase de Projeto Executivo (PE), o projeto da Caso 2 atendeu de maneira mais satisfatória às estratégias determinadas, com 70,9% de atendimento, seguido do Caso 3 (62,4%), Caso 4 (45,5%) e Caso 1 (44,2%). O melhor desempenho do projeto da Caso 2 pode ser constatado pela utilização de um sistema estrutural pré-fabricado em aço, material durável, reciclável e relativamente leve, que utiliza conexões reversíveis e acessíveis para sua fixação; pela utilização de sistemas independentes e desmontáveis como cobertura metálica e vedações em camadas que permitem flexibilidade de layout e melhor acesso para manutenções. Já os projetos do Caso 1 e RU obtiveram resultados bastante similares devido a utilização do mesmo sistema construtivo – concreto armado e alvenaria. O menor desempenho desses projetos podem ser observados devido ao uso de sistemas interdependentes, especificação de estrutura fabricada *in loco*, que não permite desmontagem e, principalmente, às vedações em alvenaria que dificultam alterações e manutenções ao longo do uso operacional.

Na fase de Plano de Desconstrução (PD), todos os projetos apresentaram um baixo desempenho. Isso deve-se à não determinação da VU e VUP dos componentes e sistemas, ao não planejamento da gestão das manutenções, à não previsão da desmontagem ou desconstrução da edificação em FdV e determinação do potencial de recuperação dos elementos e componentes. Os projetos dos Caso 2 e Caso 1 apresentaram desempenhos mais satisfatórios nesta fase (27,3%), seguidos do Caso 4 (22,7%) e Caso 3 (11,4%). A falta da elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC), devidas aprovações nos órgãos competentes e desenhos *as built*, justificaram o baixo desempenho do projeto do Caso 3 nesta fase.

4.2 Atendimento aos princípios do PpD/A

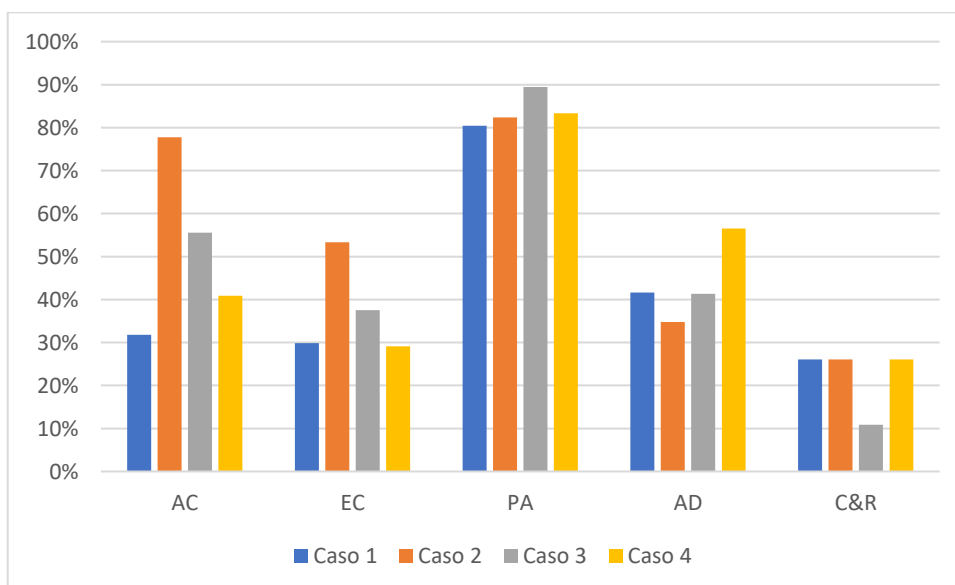
As taxas de atendimento a cada princípio do PpD/A dos respectivos projetos são representadas na Figura 38.

Figura 38: Gráfico de atendimento aos princípios do PpD/A, por projeto

Fonte: A autora (2023)

Infer-se pelo gráfico da Figura 38 que, no geral, os projetos demonstraram melhor desempenho no atendimento aos seguintes princípios: Evitar acabamentos e tratamentos desnecessários (EV), Simplicidade (SI), Padronização (PA) e Segurança de desmontagem (SD). Já o princípio de Coordenação e Responsabilidade (C&R) obteve baixo atendimento de suas estratégias por todos os projetos avaliados.

É apresentado na Figura 39 o gráfico de atendimento aos princípios considerados mais relevantes para a presente avaliação.

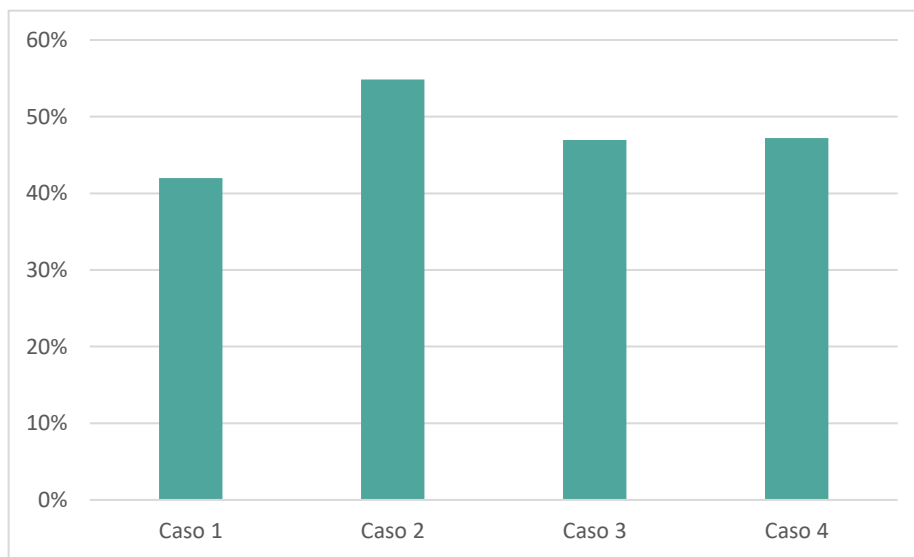
Figura 39: Gráfico de atendimento aos princípios do PpD/A mais relevantes, por projeto

Fonte: A autora (2024)

As taxas demonstradas no gráfico da Figura 39 representam maior atendimento ao princípio de PA pelos projetos avaliados. Para as estratégias relacionadas ao princípio de C&R, os atendimentos foram incipientes, não chegando a 30%.

A média de atendimento geral das estratégias relacionadas apenas aos princípios mais relevantes para a avaliação é apresentada na Figura 40.

Figura 40: Gráfico de atendimento geral aos princípios mais relevantes, por projeto



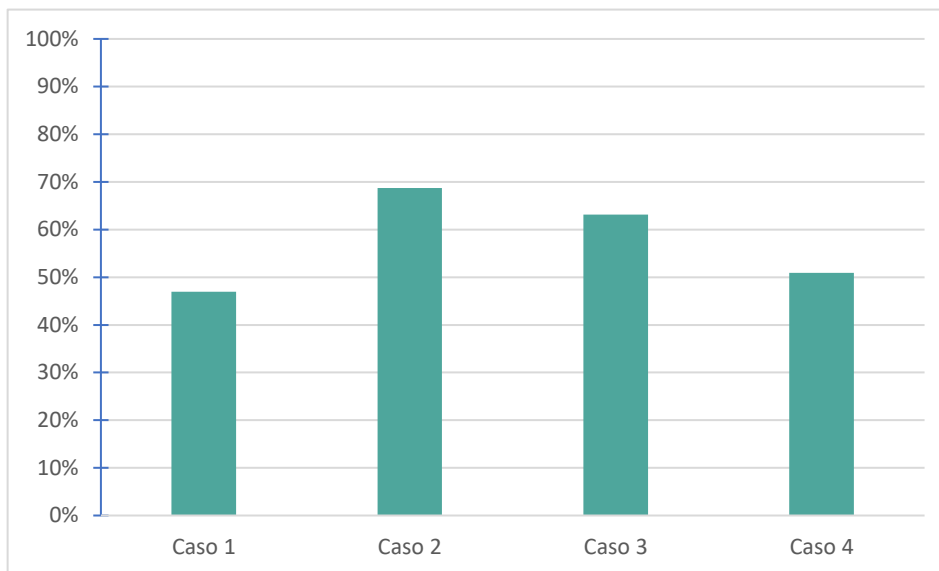
Fonte: A autora (2024)

Observa-se que foram considerados apenas os princípios mais relevantes no gráfico demonstrado na Figura 40, que são: Facilidade de acesso (AC), Apoio à Economia Circular (EC), Padronização (PA), Adaptabilidade (AD) e Coordenação e Responsabilidade (C&R). Deste modo, é possível afirmar que o melhor desempenho geral foi obtido pelo projeto da Caso 2, seguido do Caso 3, Caso 4 e Caso 1.

4.3 Potencial de desmontagem e adaptabilidade

Os projetos avaliados tiveram seu potencial de desmontagem e adaptabilidade determinados, conforme a classificação apresentada no item 5.2.5 deste trabalho.

A taxa de potencial de desmontagem e adaptabilidade é representada pelo gráfico da Figura 41.

Figura 41: Gráfico do potencial de desmontagem e adaptabilidade, por projeto

Fonte: A autora (2024)

Deste modo, é possível afirmar que o projeto com maior potencial de desmontagem e adaptabilidade, apresentando médio potencial, é o desenvolvido para a Caso 2, com 68,44% de atendimento a todas as estratégias, seguido do Caso 3 (62,96% - médio potencial), Caso 4 (49,55% - baixo potencial), e Caso 1 (46,85% - baixo potencial).

Infere-se, portanto, que a diferença de potencial entre os Casos 2 e 1, está principalmente relacionada ao sistema construtivo utilizado, onde, no Caso 2, empregou-se essencialmente sistemas pré-fabricados e independentes, diferente dos especificados para o Caso 1, em geral.

4.4 Análise geral dos casos

Os resultados obtidos nas avaliações serão analisados sob a ótica do desempenho relacionado aos critérios anteriormente estabelecidos para os projetos: cenário de VU (longo prazo), VUP mínima (50 anos), cenários de FdV (potencial de recuperação) e princípios mais relevantes para o cenário de VU determinado (AC, EC, PA, AD e C&R). Ainda, foram consideradas nas análises, as especificidades do contexto da edificação de uso de IFES, tais como:

- Tipologia da contratação:
 - A contratação é quase sempre realizada por meio de edital de licitação, onde privilegia-se propostas de menor valor e nem sempre a empresa mais capacitada será a vencedora;
 - Pode ocorrer dissociação de objetos de execução da mesma edificação, dificultando a compatibilização de prazos de execução, causando dificuldades construtivas, atrasos e onerando o orçamento;
 - Contratação submetida à disponibilidade orçamentária, onde nem sempre as tomadas de decisão baseiam-se nas melhores soluções construtivas do mercado.
- Dificuldades de execução:
 - Além das dificuldades mencionadas, a escassez de mão-de-obra específica e disponibilidade de empresas que fornecem sistemas construtivos específicos;
- Tipologia de uso:
 - Uma variedade considerável de tipologias de usos devem ser avaliadas, tais como: salas de aula, laboratórios, ambientes administrativos, auditórios, salas de gravação, restaurantes, esportivos, entre outros;
 - Mudanças de uso ao longo do uso operacional que são frequentes nas instituições de ensino.

Deste modo, são relacionadas as análises dos resultados encontrados para cada projeto avaliado:

a) Projeto do Caso 1

Com relação a VUP mínima de 50 anos e ao cenário de VU de longo prazo, o projeto do Caso 1 apresenta vantagens pela rigidez do seu sistema construtivo em concreto armado e alvenaria, o qual confere durabilidade necessária dos materiais para cumprimento do tempo de vida estimado. Por outro lado, pelo mesmo motivo, expõe a dificuldade de submeter a edificação às necessárias manutenções, substituições e adequações nos ambientes ao longo do seu uso operacional.

Quanto ao cenário de FdV, determinado sob a ótica da EC e visando maior potencial de recuperação dos elementos, o sistema construtivo empregado apresenta desvantagens devido à alta demanda por demolição destrutiva, a qual não leva em consideração a separação cuidadosa dos materiais. Assim, o potencial de recuperação fica prejudicado, pois não há garantia que o material oriundo de demolição será desviado do aterro.

Não obstante, o projeto do Caso 1 demonstrou o pior desempenho para atendimento geral aos princípios de PpD/A mais relevantes desta avaliação, respondendo à média de 41,78% das estratégias requeridas, e 46,85% das estratégias totais, representando o menor potencial de desmontagem e adaptabilidade dentre os projetos avaliados. O desempenho inferior aos outros projetos pode ser melhor observado principalmente na fase de Projeto Executivo, onde o projeto em questão atendeu a 44,2% das estratégias, comparado a 45,5% do RU, 62,4% do Caso 3 e 70,9% do Caso 2.

Além das causas já identificadas, ainda é possível destacar a dificuldade de acesso aos sistemas, principalmente aos embutidos em paredes, pisos e tetos, os quais necessitam ocasionar danos aos elementos adjacentes para realizar manutenções e substituições, caracterizando um sistema interdependente. Quanto às estratégias relacionadas ao apoio à EC, conforme já mencionado, o sistema adotado dificulta a separação dos materiais em FdV, pois utiliza muitos materiais compostos e com conexões químicas como elementos em concreto armado, forro em gesso acartonado, piso e revestimentos cerâmicos, entre outros.

Sobre o princípio de PA, o projeto atingiu taxas satisfatórias nas fases de projeto. Isso deve-se, principalmente, ao sistema estrutural com uma grade regular e padronizada, que apresenta dimensões regulares, assim como o uso de práticas, ferramentas e componentes padronizados no mercado.

Já o princípio de adaptabilidade (AD), capacidade considerada chave para o prolongamento da vida de uso da edificação e principalmente importante em cenário de longo prazo, é bastante prejudicado pelo sistema construtivo, uma vez que as partições internas não permitem a flexibilidade de layout e facilidade de adaptação, à não previsibilidade de layout que incluiria o planejamento de cenários de usos futuros, e a não previsão de estrutura capaz de suportar uma possível expansão de pavimentos superiores. No entanto, o princípio foi favorecido devido ao layout modular com grade estrutural padrão e o mobiliário não fixo. Ainda, é possível mencionar que,

sendo o Caso 1 uma edificação de grande porte, que abriga atividades de usos diversos, provavelmente demandará mudanças de uso frequentes em seus ambientes. Assim, é recomendado que uma capacidade extra e pontos extras de fornecimento de água e energia/lógica sejam considerados.

A taxa de atendimento do princípio de C&R pelo projeto deve-se ao fornecimento de um Caderno de Encargos com todas as especificações do projeto, como apresentação de desenhos *as built*, e do Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC). No entanto, o desempenho ainda é considerado insatisfatório (aproximadamente 26% das estratégias atendidas) e deve-se à falta de um sistema de gestão de manutenção a ser atualizado ao longo do uso operacional da edificação, à falta de planejamento da VUP dos sistemas e determinação dos cenários de FdV, e, em consequência, falta de instruções de desmontagem ou desconstrução, de acordo com o cenário de FdV determinado, preferencialmente utilizando o BIM para visualização do processo.

b) Projeto do Caso 2

O sistema estrutural em aço especificado no projeto da Caso 2 pode favorecer o desempenho da edificação ao longo da VUP mínima de 50 anos requerida em razão da sua alta durabilidade. No entanto, a vedação externa, especificada em *siding* de madeira, provavelmente deverá ser substituída em um prazo inferior ao da VUP mínima, principalmente considerando que as manutenções podem não ser realizadas com periodicidade adequada. Da mesma forma, as vedações externas, em placas de OSB, mesmo não sofrendo com as ações da exposição ao clima, pode ser considerado um material frágil, que requer manutenções periódicas. Assim sendo, uma avaliação do custo-benefício de operação deste sistema construtivo a longo prazo é orientada.

Já para as estratégias voltadas para maior recuperação dos materiais e componentes em FdV, o sistema construtivo especificado se mostra muito eficiente, graças, principalmente, à especificação de sistemas independentes e vedações em camadas, que facilitam o processo de desmontagem e separação de materiais, além do uso de materiais com potencial de reutilização e reciclagem.

Nesse cenário, o projeto da Caso 2 apresentou a melhor avaliação geral dentre todos os projetos, com média de atendimento de 54,41% às estratégias dos princípios mais relevantes e 68,44% de todas as estratégias avaliadas, representando o projeto

com o maior potencial de desmontagem e adaptabilidade. Não obstante, um melhor desempenho poderia ser observado na implantação de estratégias de projeto que serão descritas, onde também serão analisados os atendimentos aos princípios mais relevantes do PpD/A para esta avaliação.

O Projeto em questão demonstrou vantagens significativas no atendimento às estratégias de AC, em razão do uso de sistemas aparentes e o acesso facilitado para manutenções de componentes embutidos em paredes e tetos, principalmente. No entanto, o princípio de PA ficou prejudicado principalmente na fase de Estudo Preliminar, devido ao projeto não prever uma grade estrutural padrão e layout modular. Da mesma forma, apesar do projeto especificar sistemas independentes e partições internas desmontáveis, as quais favorecem a flexibilidade de uso, o princípio de AD é prejudicado pela falta de modularidade e regularidade do layout e da grade estrutural, apresentando um espaço interno bastante compartimentado. Este último fator pode desfavorecer às futuras mudanças de uso da edificação.

Quanto ao atendimento ao princípio de EC, conforme já mencionado, o projeto demonstra vantagens em relação aos demais no cenário de FdV, em razão dos sistemas independentes que possibilitariam um maior potencial de recuperação dos materiais e, ainda, é possível mencionar a utilização de materiais que podem ser reutilizados em FdV como a estrutura em aço, muitos materiais com potencial de reciclagem, e o uso de materiais renováveis como a madeira.

O projeto forneceu um caderno de encargos com todas as especificações de materiais e componentes utilizados, apresentou desenhos *as built* e o PGRCC da construção, estratégias que favoreceram o atendimento ao princípio de C&R e à fase de Plano de Desconstrução. No entanto, o baixo desempenho (aproximadamente 26% das estratégias atendidas) deve-se à falta de planejamento da VUP dos sistemas e determinação dos cenários de FdV, e falta de instruções de desmontagem ou desconstrução, de acordo com o cenário de FdV determinado, preferencialmente utilizando o BIM para visualização do processo. Também é possível mencionar a falta de um sistema de gestão de manutenção a ser atualizado ao longo do uso operacional da edificação.

c) Projeto do Caso 3

O Caso 3 foi concebido em um sistema construtivo pré-fabricado, onde a garantia fornecida pelo fabricante é de 30 anos. Portanto, é possível afirmar que, para

o projeto em questão, um cenário de vida mais curto – curto ou médio prazo – seria recomendado. Apesar da durabilidade do aço utilizado na estrutura, a espessura das chapas dimensionadas e a vedação em chapa de madeira mineralizada, podem sofrer danos significativos ao longo dos anos com a exposição aos fatores climáticos.

O cenário de FdV determinado demonstra que o potencial de desmontagem e de recuperação dos elementos e componentes poderia ser melhorado com a adoção de conexões reversíveis ao invés de conexões químicas, conforme foi especificado para a fixação das vedações na estrutura, por exemplo. Ainda, a utilização de alguns materiais compostos, com a chapa de madeira mineralizada e o *Painel wall* para os pisos, podem dificultar a separação dos materiais para reciclagem.

Na avaliação geral de atendimento às estratégias dos princípios mais relevantes, o Caso 3 obteve um desempenho razoável, com 46,66% das estratégias atendidas.

Em relação ao atendimento às estratégias de AC, o projeto demonstrou eficiência no uso de sistemas aparentes, porém, a falta de áreas dedicadas para acesso aos sistemas, como hidráulico e lógica, prejudicou o atendimento a este princípio.

Para o princípio de PA, o projeto do Caso 3 foi o que atendeu mais satisfatoriamente às estratégias propostas. Isso deve-se às geometrias simples e padronizadas, à uma grade estrutural padrão, ao layout modular e ao uso de um sistema construtivo pré-fabricado, onde todos os elementos possuem materiais e dimensões padronizadas.

O potencial de desmontagem razoável e o uso de materiais com potencial de reutilização, como o aço, favorecem o atendimento às estratégias de EC neste projeto. Porém, como já mencionado, alguns elementos compostos desempenham desvantagens no cenário de FdV, onde a separação destes materiais, e consequente potencial de recuperação são prejudicados.

O pior atendimento ao princípio de C&R dentre os projetos avaliados foi apresentado pelo projeto em questão (10,87% de atendimento), e justifica-se pela falta de documentações legais e relacionadas às gestões de manutenção e de resíduos da construção civil (PGRCC). Apesar da empresa fornecedora do sistema construtivo afirmar uma possível vantagem quanto à possibilidade de desmontagem e relocação da estrutura, a falta de instruções e estratégias claras para operação deste processo também desfavorecem o atendimento ao princípio, assim como estratégias para o FdV da edificação.

d) Projeto do Caso 4

Com um sistema construtivo semelhante ao do Caso 1, o projeto do RU demonstra vantagens no atendimento a uma VUP mínima de 50 anos pela sua durabilidade. No entanto a rigidez das partições internas e dificuldade de acesso a alguns sistemas, desfavorecem a extensão do tempo de serviço da edificação.

Dificuldades de recuperação dos materiais e componentes podem ser observados pelo cenário de FdV estabelecido, mesmo visando o maior potencial de recuperação. Isso justifica-se pela necessidade de demolição destrutiva para vários sistemas compostos, onde não é considerada a separação cuidadosa dos materiais com potencial de recuperação.

Nesse sentido, o projeto do RU demonstrou o segundo pior desempenho para a avaliação da média de atendimento aos princípios mais relevantes do PpD/A (45,16%) e média de atendimento à todas as estratégias requeridas pelo PpD/A (49,55%), demonstrando uma pequena vantagem sobre o projeto do Caso 1. Isso justifica-se pela previsão de expansão de uso da edificação, quando, em projeto, foi determinada uma expansão executável em três etapas de construção.

A especificação de sistemas interdependentes que se utilizam de materiais compostos e com conexão química como argamassas, dificultam acesso a certos sistemas embutidos, reduzindo o atendimento ao princípio de AC. Pelo mesmo motivo, o processo de separação dos materiais em FdV é dificultado, reduzindo significativamente o potencial de recuperação e desfavorecendo o princípio de EC. Ainda sobre o baixo atendimento às estratégias de EC, é possível mencionar a especificação de materiais com baixo potencial de reciclagem.

Assim como os demais projetos, a taxa de atendimento ao princípio de PA se mostrou satisfatória, com 83,33% das estratégias atendidas, e deve-se ao uso de grade estrutural padrão, layout modular e sistemas que se utilizam de práticas, ferramentas e materiais padronizados no mercado.

Quanto ao princípio de AD, o projeto do RU apresentou a maior taxa de atendimento (56,52%) e justifica-se pela previsão da expansão de uso da edificação e, em consequência, previsão da capacidade extra da estrutura e instalações hidráulicas e elétricas.

Semelhante ao projeto do Caso 1, foi fornecido junto ao projeto um Caderno de Encargos com todas as especificações, e posterior apresentação de desenhos *as built*, inclusive da execução das etapas seguintes previstas em projeto. Foi

apresentado também o PGRCC da construção e aprovações necessárias. No entanto, o desempenho ainda é considerado insatisfatório (26,09% das estratégias atendidas) e deve-se à falta de um sistema de gestão de manutenção a ser atualizado ao longo do uso operacional da edificação, à falta de planejamento da VUP dos sistemas e determinação dos cenários de FdV, e, em consequência, falta de instruções de desmontagem ou desconstrução, de acordo com o cenário de FdV determinado, considerando a utilização do BIM para visualização do processo.

4.4.1 Estratégias para aprimoramento dos projetos

Em geral, os projetos avaliados apresentaram desempenho regular no atendimento às estratégias previstas pelos princípios mais relevantes considerados na avaliação. É apresentado no Quadro 26 um resumo das estratégias de projeto que possibilitariam o aperfeiçoamento do atendimento às estratégias requeridas pelos princípios do PpD/A mais relevantes, de acordo com os respectivos projetos avaliados.

Quadro 26: Estratégias para aperfeiçoamento do atendimento aos princípios do PpD/A pelos projetos avaliados

Princípios de PpD/A	Projetos avaliados			
	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4
AC	-Sistemas em camadas	-Áreas dedicadas para sistemas	-Áreas dedicadas para sistemas	-Sistemas em camadas
PA	-Sistemas pré-fabricados	-Grade estrutural padrão -Layout modular	-	-Sistemas pré-fabricados
EC	-Sistemas independentes -Conexões reversíveis -Materiais não compósitos	-	-Conexões reversíveis -Materiais compósitos não	-Sistemas independentes -Conexões reversíveis -Materiais não compósitos
AD	-Capacidade extra dos sistemas -Partições internas independentes e desmontáveis	-Fundação robusta -Layout modular -Layout de plano aberto	-Fundação robusta -Conexões reversíveis	-Partições internas independentes e desmontáveis
C&R	-Sistema de gestão da manutenção -Planejamento da VU e VUP dos sistemas -Estratégias para FdV (desconstrução e recuperação) -Planejamento em BIM	-Sistema de gestão da manutenção -Planejamento da VU e VUP dos sistemas -Estratégias para FdV (desconstrução e recuperação) -Planejamento em BIM	-Documentação legal -PGRCC -Sistema de gestão da manutenção -Planejamento da VU e VUP dos sistemas -Estratégias para FdV (desconstrução e recuperação) -Planejamento em BIM	-Sistema de gestão da manutenção -Planejamento da VU e VUP dos sistemas -Estratégias para FdV (desconstrução e recuperação) -Planejamento em BIM

Fonte: A autora (2023)

a) Sistema estrutural

É possível concluir que os sistemas estruturais robustos utilizados nos projetos do Caso 1 e RU, são vantajosos para cumprir o cenário de VU de longo prazo requerido, por sua durabilidade. No entanto, um melhor desempenho poderia ser observado se o sistema em concreto armado fosse substituído por um sistema pré-fabricado, onde atenderia estratégias relativas aos princípios de PA e de EC, evitando desperdícios de recursos energéticos e materiais.

O sistema estrutural especificado para o projeto da Caso 2, em *steel frame*, demonstrou grandes vantagens quanto à durabilidade e sustentabilidade. Além da utilização do aço, material com grande potencial de reutilização e reciclagem, as conexões reversíveis garantem um maior potencial de desmontagem, adaptabilidade e recuperação dos elementos. Nesse sentido, uma análise do custo-benefício é orientada, considerando a dificuldade de disponibilidade e contratação deste tipo de serviço no contexto brasileiro.

O sistema especificado para o Caso 3 – em perfis de aço carbono – se mostra bastante interessante para construções de curto e médio prazo, pois é um sistema leve, com potencial de desmontagem, no entanto, tem um curto prazo de vida – aproximadamente 30 anos. Nesse sentido, seu uso no contexto avaliado não é recomendado.

Em geral, a previsão de carga extra para fundação e superestrutura das edificações é recomendada, no sentido de aumentar a capacidade de suporte de possíveis expansões futuras.

b) Cobertura

Todos os projetos avaliados utilizaram estrutura metálica de cobertura. Esse sistema pode apresentar vantagens no atendimento ao PpD/A, pois é composto principalmente de aço, material leve, resistente e com alto potencial de recuperação. No entanto, ao utilizar conexões químicas, como a solda metálica, o potencial de recuperação é prejudicado. Também, é orientado avaliar a necessidade de acabamentos secundários, como pintura esmalte, que prejudica a recuperação em FdV. Um sistema de estrutura em madeira também é recomendado, dependendo do tipo de edificação e tratamento demandado.

Nos projetos do Caso 1 e RU foram especificadas telhas em fibrocimento. Apesar de ser possível sua recuperação e reciclagem, este material não se mostra muito eficiente para a durabilidade e, em consequência, a recuperação é desfavorecida. Ainda, mesmo que fora do escopo desta avaliação, é possível mencionar as desvantagens sobre o aspecto do conforto térmico. Por outro lado, as telhas termoacústicas especificadas para os projetos da Caso 2 e Caso 3, representam solução adequada para fins de durabilidade, recuperação e, em última análise, para o conforto térmico, que pode ser fator determinante para prolongamento do uso da edificação.

c) Vedação vertical externa

Diante dos resultados obtidos nas avaliações, conclui-se que, mesmo que vedações externas robustas, como a alvenaria, sejam adequadas para atender a um cenário de VU de longo prazo por sua durabilidade, demonstram desvantagens para acesso às manutenções requeridas e para a adaptabilidade de uso ao longo do tempo. Deste modo, é orientado que este tipo de sistema seja utilizado apenas como composição da envoltória, com a utilização de camadas, onde é priorizada a hierarquia e facilidade de acesso, considerando o tempo de vida esperado para os sistemas.

Um bom exemplo de envoltória externa em camadas foi demonstrado pelo projeto do Caso 2, onde o acesso às instalações embutidas é facilitado, os materiais empregados são fixados com conexões reversíveis como chumbadores e parafusos e possuem alto potencial de recuperação e reciclagem. No entanto, o material escolhido para envoltória – *siding* de madeira – pode não cumprir o tempo de vida mínimo estimado para a edificação, de 50 anos, necessitando de substituição. Nesse sentido, uma análise do custo-benefício e uma avaliação da utilização de outro material, como chapas de alumínio ou cimentícias, ou até mesmo a alvenaria, são orientadas.

A vedação externa especificada para o Caso 3 – placa de madeira mineralizada – provavelmente demandará substituição em um tempo mais curto de prazo do que o requerido para a edificação. Além disso, a conexão química com a estrutura e sua composição de materiais (madeira e cimento), dificultam o processo de recuperação e posterior reciclagem. É possível mencionar também a espessura

especificada desta placa – 5cm – a qual é a única componente da vedação, e possivelmente não garantirá um adequado conforto térmico aos usuários.

d) Vedação vertical interna

As paredes em alvenaria especificadas para os edifícios do Caso 1 e RU, podem ser recomendadas em áreas de serviço que provavelmente não terão alteração de uso ao longo da VU, como área de sanitários, acessos e áreas técnicas. No entanto, para partições internas divisórias de ambientes, é orientado para especificação de sistemas independentes, leves, desmontáveis e, se possível, estruturas móveis. Nesse sentido, as partições consideradas no projeto da Caso 2 desempenham vantagens, favorecendo principalmente aos princípios de AD e EC.

e) Piso (acabamento)

Pisos cerâmicos, porcelanatos e granitinas, especificados nos projetos do Caso 1 e RU, garantem durabilidade e baixa manutenção durante o uso operacional da edificação. No entanto, requerem demolição destrutiva no FdV e possuem baixo potencial de recuperação, além de não favorecerem a facilidade de manutenção e adaptabilidade. Portanto, com a mesma linha de raciocínio da alvenaria, é recomendada o emprego deste tipo de piso apenas em áreas de serviço ou circulação.

Em áreas de uso didático, administrativo, ou até mesmo em alguns tipos de laboratórios, o uso de placas encaixadas, como pisos laminados ou vinílicos, é orientado, visando a facilidade de possíveis alterações de uso e maior potencial de recuperação em FdV. Já os pisos colados, podem ser interessantes visando a adaptabilidade, porém dificultam a recuperação dos materiais.

f) Forros

A recomendação geral é que forros sejam considerados apenas em áreas com reais necessidades da instalação deste elemento, como para encobrimento de tubulações de esgoto, ou apelo estético, aperfeiçoar o desempenho acústico ou térmico, entre outros. Onde possível, é orientado que utilize a laje acabada ou permita a exposição das instalações de forma aparente.

Dentre os modelos de forros, os que mais favorecem o atendimento às estratégias de PpD/A, são os forros independentes, modulares e que utilizem materiais recicláveis, como forros em placas de isopor ou minerais. Forros em PVC, apesar de desmontáveis e modulares, possuem material inflamável e substâncias possivelmente tóxicas, não sendo recomendado o seu uso no uso público.

g) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas

Onde possível, é recomendado o uso de instalações aparentes, por meio de eletrodutos, canaletas e tubulações metálicas, de preferência apenas com acabamentos antiferruginosos, sem acabamento secundário.

Recomenda-se que sejam previstas áreas dedicadas às manutenções e gerenciamento das instalações, como *shafts*, e áreas técnicas como caixas d'água e bariilete, cisternas, salas de T.I., equipamentos de ar-condicionado e elevadores.

Ainda, a previsão de capacidade extra das edificações, como fornecimento ou geração de carga extra de energia, abastecimento ou captação extra de água, e fornecimento de pontos extras de água, esgoto, energia e lógica, é orientado para atender às possíveis mudanças de uso ou expansões futuras.

4.4.2 Considerações finais sobre os casos avaliados

De acordo com as análises e discussões realizadas sobre os resultados obtidos, é possível concluir que, os sistemas construtivos utilizados nos Casos 1 e 4, os quais representam o sistema tradicionalmente utilizado na concepção de edificações de IFES brasileiras – em concreto e alvenaria – pode apresentar vantagens quanto à durabilidade. No entanto, a rigidez do sistema traz dificuldades para realização das necessárias manutenções e adequações de uso requeridas ao longo do uso operacional. Assim, mesmo todos os projetos compreenderem edificações de longo prazo, sistemas construtivos menos convencionais, como o apresentado no Caso 2 (*steel frame*) demonstraram vantagens na maioria dos aspectos avaliados. O projeto do Caso 3 (sistema pré-fabricado) também teve desempenho satisfatório em relação aos demais projetos, no entanto, é orientada avaliação quanto ao seu desempenho térmico e acústico, que poderia diminuir a sua vida útil de serviço devido ao nível insatisfatório de conforto, cuja avaliação está fora do escopo da análise desta pesquisa.

A avaliação realizada demonstrou a importância do planejamento da vida útil das edificações ainda na fase de projeto, assim, mesmo que um projeto de edificação apresente resultados satisfatórios no atendimento ao PpD/A, uma análise simples sobre o tempo de vida esperado para a VUP em detrimento da vida útil do sistema construtivo, como um todo, pode ser suficiente para exclusão ou inclusão como alternativa viável nas especificações. Como exemplo, o Caso 3 poderia ser excluído como alternativa ainda na determinação da VUP, pois sua durabilidade (30 anos) é menor do que o tempo de vida esperado para a edificação (50 anos).

Foi possível observar que, em geral, os projetos de edificações de IFES já possuem a tendência em manter facilitado o acesso à manutenção dos sistemas e a padronização das edificações. Ainda que o objetivo principal não seja o da sustentabilidade, a aplicação dessas estratégias colaboram no favorecimento ao PpD/A. Observa-se também que mudanças de paradigmas em projetos, como a adoção de sistemas construtivos menos convencionais (pré-fabricados), podem representar desafios, principalmente na contratação e execução dessas estruturas, porém, a longo prazo, favorecem edificações de IFES mais eficientes e adaptáveis.

Ainda, é possível concluir que o Formulário de Verificação (artefato) desenvolvido é válido sob o aspecto da obtenção de diagnóstico do nível de atendimento aos princípios do PpD/A por projetos de edificações de IFES. Do mesmo modo, é possível concluir que o método utilizado é adequado para alcançar os objetivos propostos e será considerado no desenvolvimento do Sistema de implementação do PpD/A em edificações de IFES.

5 DESENVOLVIMENTO DO SISTEMA

De acordo com as etapas da aplicação do método da DSR, explicitadas no Quadro 15 deste documento, após as análises e conclusões dos resultados obtidos nas avaliações desenvolvidas, foi realizada uma “generalização para uma classe de problemas”, conforme preconizado pelo método. No contexto da presente pesquisa, isso se dá através da configuração de um sistema para implementação do PpD/A em projetos de edificações em IFES, compreendendo o conhecimento adquirido pelas avaliações realizadas.

A seguir serão apresentadas as etapas de desenvolvimento do Sistema.

5.1 Requisitos do Sistema

5.1.1 Usabilidade

Os requisitos de usabilidade para o sistema designado seriam a facilidade de:

- a) Compreensão dos objetivos e das etapas requeridas;
- b) Adaptação dos itens que compõem as avaliações requeridas para uma variedade de objetos (generalização);
- c) Interpretação e validação dos resultados.

Tais requisitos permitiriam a aplicação do sistema com facilidade pela Administração e para uma variedade de projetos possíveis.

5.1.2 Usuários

Segundo orientações do Manual de Obras Públicas – Edificações da SEAP, orienta-se que o projeto completo será, preferencialmente, coordenado pelo autor do Projeto de Arquitetura ou pelo Contratante ou seu preposto, de modo a gerir e facilitar as consultas e informações entre os autores do Projeto e solucionar a compatibilização entre os elementos dos diversos sistemas da edificação (BRASIL, 2020).

No entanto, o sistema designado tem como objetivo dar suporte a toda a equipe relacionada à Coordenação de projetos das IFES, a qual pode compreender projetistas de qualquer área, gestores e fiscais de contrato, entre outros cargos relacionados ao planejamento. É orientado que se estabeleça comissão específica,

formada pelos principais agentes envolvidos no projeto, para conduzir as avaliações necessárias.

Em relação aos agentes externos envolvidos na execução do projeto (construtores, fornecedores, consultores, entre outros), estes deverão ser informados da utilização do Sistema e orientados na condução da implantação das estratégias requeridas pela coordenação.

5.1.3 Tipologias de projeto

O Sistema proposto visa orientar a implantação do PpD/A tanto para novos projetos, para a recuperação de edificações ociosas, quanto para o prolongamento da vida de edificações em operação.

A seguir são descritos os requisitos orientados para cada tipologia de projeto.

a) Novas edificações:

É orientado que um novo projeto de edificação para uma IFES considere todas as avaliações conduzidas pelo Sistema, sobretudo atendendo aos princípios mais relevantes para o cenário de vida útil determinado em projeto.

No entanto, sabe-se que o processo de projeto nas IFES sofre a interferência de inúmeras condicionantes que fogem do escopo na coordenação de projetos. Neste sentido, é orientado que esforços sejam realizados para que sejam priorizadas a implantação das estratégias relacionadas às avaliações preliminares (determinação de VUP e cenários de FdV) e ao Plano de Desconstrução.

O Formulário de Verificação deve ser utilizado para identificar as estratégias mais relevantes e auxiliar na tomada de decisão sobre os sistemas a serem implantados.

b) Edificações ociosas

Em edificações ociosas que necessitam passar por processo de reabilitação para que voltem a operar, é orientado que o PpD/A seja conduzido nas etapas de seu planejamento, onde for possível.

É orientado que a substituição dos sistemas e o processo de desagregação, quando necessário, seja conduzido por desconstrução ou demolição seletiva, que considere minimamente a recuperação dos elementos.

Análises de custo-benefício são orientadas para avaliar as vantagens da inclusão de possíveis novas tecnologias construtivas que favoreçam o PpD/A, considerando o cenário de vida útil determinado em projeto.

Invariavelmente, é orientado que esforços sejam realizados em projeto de reabilitação, para que sejam priorizadas a implantação das estratégias relacionadas às avaliações preliminares (determinação de VUP e cenários de FdV) e ao Plano de Desconstrução.

O Formulário de Verificação pode ser utilizado para fornecer um diagnóstico da situação da edificação ociosa e, novamente, após a elaboração do projeto de reabilitação, auxiliando na tomada de decisão para implantação das estratégias mais relevantes.

c) Edificações em operação

O objetivo da implantação do PpD/A em edificações que já se encontram em operação é prolongar a vida de uso dessas estruturas. Uma vez que não é mais possível realizar as avaliações preliminares e a implantação da maioria das estratégias relacionadas às fases de Estudo Preliminar e Projeto Executivo, é orientado que um Plano de Desconstrução seja elaborado, considerando o fornecimento, principalmente, dos seguintes itens:

- Inventário de materiais e componentes utilizados na edificação;
- Manter os desenhos *as built* atualizados;
- Implantação de um sistema de gestão da manutenção periódica;
- Determinação de cenários de FdV para os elementos utilizados;
- Instruções para desagregação dos sistemas, assim como para recuperação, reuso e reciclagem;
- Quando possível, implantar novas tecnologias construtivas visando o prolongamento da vida de uso.

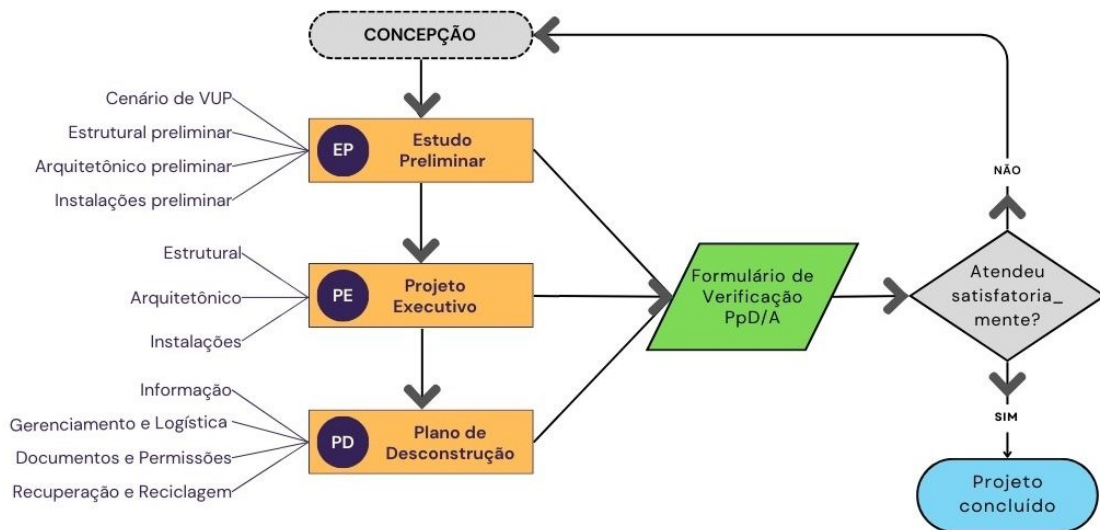
O Formulário de Verificação pode ser utilizado nesse caso para fornecimento de diagnóstico e identificação de oportunidades de aprimoramento do projeto, através da implantação de estratégias de projeto em manutenções ou projeto de reabilitação.

5.2 Processo de projeto orientado por PpD/A

A implantação dos princípios do PpD/A está condicionada a forma como é conduzido o processo de projeto. Um processo de projeto orientado por PpD/A deve seguir as etapas de concepção, que serão descritas a seguir.

O fluxograma das etapas do Sistema desenvolvido para implementação do PpD/A em projetos de edificações de IFES é apresentado na Figura 42.

Figura 42: Fluxograma do Sistema de implementação do PpD/A em edificações de IFES



Fonte: A autora (2024)

Nesse sentido, a seguir, são apresentadas as etapas que compreendem o sistema para alcançar o maior potencial de desmontagem e adaptabilidade de edificações destinadas às IFES, considerando os diferentes cenários e contextos relevantes para implementação dos princípios e estratégias de projeto abordados neste trabalho.

5.2.1 Estudo preliminar (EP)

Sendo o EP a fase de projeto caracterizada pelas análises relativas às demandas e programa de necessidades, às possibilidades de sistemas construtivos e pré-dimensionamento dos sistemas, no processo orientado por PpD/A é considerada também a determinação da VUP da edificação. Assim, a seguir, são relacionadas as etapas compreendidas pela fase de EP, no processo orientado por PpD/A.

a) Determinando o cenário de VUP

Para determinação de cenários de VUP das edificações, esta pesquisa baseou-se nas categorias/cenários de VUP estabelecidos pela norma canadense CSA S478-95, demonstrados no Quadro 11 deste trabalho. Adaptando tais categorias para o contexto das IFES brasileiras, é apresentado no Quadro 27 os possíveis cenários de VUP das edificações, considerando os objetivos e tipologias de uso das instituições e os princípios de PpD/A mais relevantes para cada cenário.

Quadro 27: Cenários de VUP de edificações de IFES de acordo com a tipologia de uso

Cenário	VUP	Exemplos de tipologia de uso	Princípios do PpD/A mais relevantes¹⁸
Curto prazo	< 24 anos	<ul style="list-style-type: none"> - Exposições temporárias - Estruturas para pesquisas (protótipos) - Estruturas de canteiros de obras - Salas de aulas temporárias - Laboratórios temporários - Estruturas emergenciais 	IN, EV, EC, SI, SD e C&R
Médio prazo	25 a 49 anos	<ul style="list-style-type: none"> - Maioria das edificações de uso didático e laboratórios - Maioria das edificações administrativas - Centros de convivência - Estruturas para estacionamento 	IN, AC, EC, PA, AD e C&R
Longo prazo	50 a 99 anos	<ul style="list-style-type: none"> - Bibliotecas - Teatros ou auditórios - Centros poliesportivos - Museus 	AC, EC, PA, AD e C&R

Fonte: Adaptado de CSA S478 (1995) e ISO 20887 (2020)

Assim, a depender do objetivo de uso da edificação e da durabilidade requerida, os cenários de VUP podem se configurar em Curto, Médio ou Longo Prazo e deverão atender ao maior número de estratégias possíveis dos princípios de PpD/A mais relevantes em cada cenário.

Cabe ressaltar que os objetivos de projeto estabelecidos devem estar de acordo com o planejamento da instituição, através de previsão no Plano Diretor e no Plano de Desenvolvimento Interno (PDI).

¹⁸ Legenda: (AC) Facilidade de Acesso; (IN) Independência; (EV) Evitar tratamentos e acabamentos desnecessários; (EC) Apoio à modelos de negócios de Economia Circular; (SI) Simplicidade; (PA) Padronização; (SD) Segurança de desmontagem; (AD) Adaptabilidade; (C&R) Coordenação e responsabilidade

b) Projeto estrutural preliminar

Para o desenvolvimento do projeto estrutural preliminar, é orientado que sejam consideradas as estratégias de PpD/A previstas no Quadro 28.

Quadro 28: Estratégias de PpD/A para o projeto estrutural preliminar

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Fundação	Prever fundação robusta	IN, AD
Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD
	Prever estrutura capaz de cobrir vãos variados e fornecer flexibilidade e reversibilidade de layout	AD
	Prever geometrias simples de estruturas	SI

Fonte: A autora (2023)

Os respectivos elementos da edificação, as estratégias requeridas para cada elemento, e os respectivos princípios de PpD/A atendidos são apresentados no Quadro 28. Assim, na concepção do projeto, devem ser privilegiadas as estratégias que favoreçam os princípios mais relevantes, de acordo com o cenário de VUP requerido.

As estratégias previstas para a fase de EP do projeto estrutural relacionam-se com a previsão de carga extra para a fundação, com capacidade além da prevista para a edificação; a locação dos pilares e vigas, considerando uma grade estrutural padrão e modular; e geometrias simples para as estruturas.

c) Projeto arquitetônico preliminar

Para o desenvolvimento do projeto arquitetônico preliminar, é orientado que sejam consideradas as estratégias de PpD/A previstas no Quadro 29.

Quadro 29: Estratégias de PpD/A para o projeto arquitetônico preliminar (continua)

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Volumetrias	Prever o uso de formas e geometrias simples para volumetrias	SI
Organização e Dimensionamento de Espaços Internos - Layout	Prever layout modular	PA, AD
	Favorecer layouts de plano aberto	AD
	Prever cenários possíveis de layouts visando a adaptabilidade	IN, AD
	Prever rotas de serviço	AC
	Prever amplo pé-direito que permita expansão de área se necessário	IN, AD
	Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado	AC
	Prever mobiliário não fixo	IN, AD
	Prever espaço físico suficiente para a desmontagem	SD
Sistemas - Coberturas, vedações, partições internas, esquadrias, forros e pisos	Prever sistemas em camadas	IN
	Prever sistemas independentes	IN
	Prever desmontagem paralela dos sistemas	IN

Fonte: A autora (2024)

No Quadro 29 são apresentados os respectivos elementos arquitetônicos da edificação, as estratégias requeridas para cada elemento, e os respectivos princípios de PpD/A atendidos. Assim, na concepção do projeto, devem ser privilegiadas as estratégias que favoreçam os princípios mais relevantes, de acordo com o cenário de VUP requerido. Em geral, as estratégias relacionam-se com o uso de geometrias simples para as volumetrias, a organização e pré-dimensionamento dos espaços e sistemas visando a modularidade, a independência, facilidade de acesso e de desmontagem.

d) Projeto de instalações preliminar

Para o desenvolvimento do projeto de instalações preliminar, é orientado que sejam consideradas as estratégias de PpD/A previstas no Quadro 30.

Quadro 30: Estratégias de PpD/A para o projeto de instalações preliminar

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Sistemas - Tubulações, canaletas, equipamentos	Dedicar área/volume específico para a zona do sistema (ex.: shafts, áreas técnicas)	IN, AC

Fonte: A autora (2023)

No Quadro 30 são apresentados os elementos relativos às instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas da edificação na fase de EP, as estratégias requeridas para o elemento, e os respectivos princípios de PpD/A atendidos. Assim, na concepção do projeto, devem ser privilegiadas as estratégias que favoreçam os princípios mais relevantes, de acordo com o cenário de VUP requerido. A estratégia requerida refere-se à previsão de área técnica dedicada para cada sistema.

5.2.2 Projeto Executivo (PE)

Sendo a fase de PE compreendida por fornecer todos os elementos e detalhamentos de projeto necessários para perfeita execução da edificação, a seguir, são relacionadas as etapas do PE no processo orientado por PpD/A.

a) Projeto estrutural

Para o desenvolvimento do projeto executivo estrutural, é orientado que sejam consideradas as estratégias de PpD/A previstas no Quadro 31.

Quadro 31: Estratégias de PpD/A para o projeto estrutural (continua)

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Fundação	Fundação robusta que suporte sobrecargas relacionadas às possíveis alterações ao longo da VUP	IN, SD
Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD
	Prever sistemas estruturais simples, regulares e padronizados	PA, AD
	Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA
	Utilizar sistema que possa ser escorado e adaptado com segurança e facilidade	SD
	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD
	Utilizar conexões reversíveis	IN
	Utilizar conexões acessíveis	AC
Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC	

Quadro 31: Estratégias de PpD/A para o projeto estrutural (conclusão)

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Superestrutura	Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD
	Favorecer utilização de materiais renováveis como a madeira, ou recicláveis como o aço	EC
	Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC
	Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC
	Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC
	Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD
	Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC
	Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI

Fonte: A autora (2024)

No Quadro 31 são apresentados os elementos relativos ao projeto executivo estrutural, as estratégias requeridas para os elementos, e os respectivos princípios de PpD/A atendidos. Assim, na concepção do projeto, devem ser privilegiadas as estratégias que favoreçam os princípios mais relevantes, de acordo com o cenário de VUP requerido.

b) Projeto arquitetônico

As estratégias de PpD/A relacionadas à concepção do projeto executivo arquitetônico, estão previstas no Quadro 32.

Quadro 32: Estratégias de PpD/A para o projeto arquitetônico (continua)

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Cobertura, vedações verticais interna e externa, pisos e forros	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA
	Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA
	Prever sistemas independentes	IN
	Especificar sistemas em camadas	IN
	Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: cobertura retrátil, paredes verdes, divisórias móveis)	AD
	Prever espaço amplo de cobertura que permita instalação de sistemas e equipamentos	AD

Quadro 32: Estratégias de PpD/A para o projeto arquitetônico (conclusão)

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Cobertura, vedações verticais interna e externa, pisos e forros	Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD
	Evitar sistemas compostos	IN, SD
	Utilizar sistemas em quadros (frames)	IN, SD
	Prever divisórias internas móveis	AD
	Prever divisórias internas desmontáveis	AD
	Especificar esquadrias que possam ser removidas com facilidade e segurança	IN, SD
	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD
	Utilizar conexões reversíveis	IN
	Utilizar conexões acessíveis	AC
	Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC
	Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD
	Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC
	Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC
	Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC
	Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC
	Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC
	Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD
	Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC
	Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI
	Evitar acabamentos desnecessários	EV, SD
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD	

Fonte: A autora (2024)

É possível observar no Quadro 32 os elementos relativos ao projeto executivo arquitetônico, as estratégias requeridas para os elementos, e os respectivos princípios de PpD/A atendidos pelas estratégias. Assim, na concepção do projeto, devem ser privilegiadas as estratégias que favoreçam os princípios mais relevantes, de acordo com o cenário de VUP determinado anteriormente.

c) Projeto de instalações

O desenvolvimento do projeto executivo das instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas, deve ser orientado pelas estratégias de PpD/A descritas no Quadro 33.

Quadro 33: Estratégias de PpD/A para o projeto de instalações

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Sistemas	Prever sistemas aparentes e acessíveis	AC
	Prever núcleos centrais para sistemas	IN, AD
	Prever sistemas independentes	IN
Redes	Prever fornecimento extra de carga de energia	AD
	Prever capacidade extra de abastecimento de água	AD
	Prever pontos extras de fornecimento de energia e lógica	AD
	Prever pontos extras de fornecimento de água e esgoto	AD
Materiais e componentes	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD
	Utilizar conexões reversíveis	IN
	Utilizar conexões acessíveis	AC
	Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC
	Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD
	Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC
	Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC
	Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC
	Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC
	Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC
	Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD
	Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC
	Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI
	Evitar acabamentos desnecessários	EV, SD
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD	

Fonte: A autora (2024)

No Quadro 33 são apresentados os elementos referentes ao projeto executivo das instalações, as estratégias requeridas para os elementos, e os respectivos

princípios de PpD/A atendidos pelas estratégias. Deste modo, na concepção do projeto, devem ser privilegiadas as estratégias que favoreçam os princípios mais relevantes, de acordo com o cenário de VUP determinado anteriormente.

5.2.3 Plano de Desconstrução (PD)

O PD designa-se à previsão e gestão dos processos relacionados à construção, como manutenções e adequações ao longo do uso operacional, documentação legal, além do fornecimento de informações técnicas, orientações sobre o fim de vida e destinação final dos elementos da edificação. Nesse sentido, são descritas as etapas de projeto relativas ao PD orientado por PpD/A.

a) Informação

No processo orientado por PpD/A, todas as informações técnicas relacionadas à concepção do projeto da edificação, devem ser fornecidas preferencialmente sob os aspectos orientados pelas estratégias apresentadas no Quadro 34.

Quadro 34: Estratégias de PpD/A para as informações técnicas do projeto

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Vida Útil e durabilidade	Identificar a vida útil dos diferentes elementos e componentes	SD, C&R
	Determinar a VUP do edifício e dos sistemas	EC, C&R
Dados Técnicos	Fornecer um inventário completo de todos os materiais e componentes utilizados no edifício	C&R
	Identificação padronizada de materiais e componentes	PA, C&R
	Fornecer Manual de uso, operação e manutenção da edificação, conforme NBR 14037/2014	C&R

Fonte: A autora (2024)

Deste modo, no Quadro 34 são apresentados os elementos considerados nesta etapa de projeto (Vida Útil e durabilidade e Dados técnicos), as estratégias relacionadas aos elementos, e os respectivos princípios do PpD/A que serão atendidos. Assim, é orientado que na concepção do projeto sejam consideradas, principalmente, as estratégias que favoreçam os princípios mais relevantes, de acordo com o cenário de VUP determinado anteriormente.

b) Gerenciamento e logística

Os elementos e estratégias relacionados à etapa de Gerenciamento e Logística da construção na fase de projeto, estão relacionadas no Quadro 35.

Quadro 35: Estratégias de PpD/A para gerenciamento e logística da construção

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Materiais e componentes	Prever fácil armazenamento e transporte de elementos (tamanho e peso de manuseio)	PA, C&R
	Prever peças de reposição e devido armazenamento	C&R
	Determinar estratégias para o local, transporte e gerenciamento de resíduos conforme previsto no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)	C&R
Desmontagem	Fornecer instruções de desmontagem para componentes e sistemas, e os pontos de desmontagem	SD, C&R
	Planejamento da sequência de desmontagem	SD, C&R
	Utilizar BIM para simular o processo de desmontagem do edifício	SD, C&R
	Reservar tempo extra no cronograma para garantir que o PpD seja incorporado	C&R
Gestão	Iniciativas e treinamentos - motivação para trabalhar com PpD/A	C&R
	Implantação de sistema de gestão de manutenção, conforme NBR 5674	EC, C&R

Fonte: A autora (2024)

Os elementos considerados – Materiais e componentes, desmontagem e gestão – são apresentados no Quadro 35, assim como suas respectivas estratégias e princípios do PpD/A relacionados. Deste modo, é orientado que na concepção do projeto sejam consideradas, principalmente, as estratégias que favoreçam os princípios mais relevantes, de acordo com o cenário de VUP requerido.

c) Documentos e permissões

A etapa de Documentos e Permissões da construção do PD, considera as estratégias previstas no Quadro 36.

Quadro 36: Estratégias de PpD/A para documentos e permissões da construção

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Documentos e permissões	Assegurar que o projeto esteja em conformidade com códigos e normas	PA, C&R
	Assegurar a existência de um conjunto integrado de desenhos "as built"	SD, C&R

Fonte: A autora (2024)

Nesse sentido, é orientado que na concepção do projeto sejam consideradas, principalmente, as estratégias que favoreçam os princípios mais relevantes, de acordo com o cenário de VUP requerido.

d) Recuperação e reciclagem

Na etapa relativa à Recuperação e Reciclagem do PD, as estratégias previstas estão demonstradas no Quadro 37.

Quadro 37: Estratégias de PpD/A para Recuperação e Reciclagem

Elementos	Estratégias	Princípios atendidos
Recuperação e Reciclagem	Prever cenários de FdV para os elementos, visando o potencial de recuperação dos materiais e componentes	EC, C&R
	Identificar os elementos com potencial de recuperação e reciclagem	EC, C&R
	Identificar e isolar elementos que não podem ser recuperados ou removidos	EC, C&R
	Identificar elementos recuperados ou reciclados	EC, C&R
	Fornecer instruções sobre reutilização e reciclagem	EC, C&R
	Fornecer rastreabilidade do produto (reutilizado, reciclado, etc) e garantia	EC, C&R

Fonte: A autora (2023)

Observa-se pelo Quadro 37 que são considerados os elementos desta etapa, as estratégias de PpD/A relacionadas, e os respectivos princípios do PpD/A a serem atendidos pelas estratégias. Uma das estratégias previstas é a determinação de cenários de Fim de Vida (FdV) para os principais elementos da edificação, visando o maior potencial de recuperação de materiais e componentes. Nesse sentido é orientado que os cenários sejam estabelecidos conforme exemplo demonstrado no

Quadro 24 (pág. 134) deste documento, onde são relacionados os sistemas construtivos, o tipo de conexão utilizada (aparafusada, química, dentre outras), o método de desmantelamento (demolição destrutiva, demolição seletiva ou desmontagem), o tipo de processo utilizado (mecânico ou manual), a morfologia do material gerado (amorfo, elaborado, componente ou elemento), a estratégia de EC determinada para o respectivo material (reutilização ou reciclagem), e o potencial de alcançar a estratégia de EC determinada (baixo, regular ou alto). É representado no Quadro 38 um exemplo de estrutura para preenchimento e configuração dos cenários de FdV para os elementos construtivos especificados em projeto.

Quadro 38: Exemplo de estrutura para preenchimento do cenário de FdV

Sistema	Conexão	Cenários de FdV				
		Método	Processo	Morfologia	Estratégia	Potencial
1. Estrutural						
1.1. Fundação						
Laje radier e baldrame	-Química -Aparafusada -Encaixada	-Desconstrução -Demolição seletiva -Demolição destrutiva	-Mecânico -Manual	-Material amorfo -Componente construtivo -Material elaborado	-Reutilização -Reciclagem	-Baixo -Regular -Alto

Fonte: A autora (2024)

Na concepção do projeto orienta-se para atendimento às estratégias que favoreçam os princípios mais relevantes, de acordo com o cenário de VUP determinado anteriormente.

5.2.4 Aplicação do Formulário de Verificação e diagnóstico

Após a fase de concepção do projeto de edificação, é orientada uma avaliação por meio de utilização do Formulário de Verificação para cada fase de projeto (EP, PE e PD), formulário este representado pelas figuras Figura 22, Figura 23 e Figura 24.

O formulário deve ter seus campos de preenchimento assinalados, de acordo com o atendimento total, parcial, nulo ou quando “não se aplica”, referente às estratégias requeridas para cada elemento de projeto considerado. Para obtenção dos resultados da aplicação do Formulário de Verificação, devem ser consideradas as pontuações determinadas para o atendimento de cada estratégia, sendo:

- 1 ponto para as estratégias atendidas;
- 0,5 ponto para estratégias parcialmente atendidas;
- 0 pontos para estratégias não atendidas/ não verificadas;

É considerado que cada estratégia possui o valor teórico de 1 ponto. As estratégias que não se aplicam não são consideradas na somatória. Assim, é possível verificar a proporção de atendimento em relação à somatória total dos pontos válidos.

5.2.5 Determinação do potencial de desmontagem e adaptabilidade

A partir da obtenção dos resultados do diagnóstico, através do balizamento de uma média de atendimento, é possível determinar uma classificação para o potencial de desmontagem e adaptabilidade da edificação avaliada. Nesse sentido, a presente pesquisa classifica o potencial da seguinte maneira:

- Alto potencial: atendimento médio maior que 75%
- Médio potencial: atendimento médio entre 50 e 74%
- Baixo potencial: atendimento médio entre 25 e 49%
- Sem potencial: atendimento médio menor que 25%

Cabe ressaltar que a determinação do potencial de desmontagem e adaptabilidade tem a finalidade de auxiliar na tomada de decisão de projeto. No entanto, a coordenação de projetos deve julgar se o nível de atendimento foi satisfatório ou não, considerando não só o potencial determinado, mas os demais critérios e interações do contexto do projeto com o PpD/A. Caso satisfatório, dá-se o projeto como concluído. O resultado insatisfatório, no entanto, pode indicar uma necessidade de alteração no próprio projeto - como mudança na tipologia construtiva ou *layout* – ou aprimoramentos no planejamento e gestão dos sistemas, tais como gerenciamento das manutenções ao longo da VUP ou cenários de FdV.

5.3 Considerações sobre o Sistema desenvolvido

Embora não seja uma prática usual na indústria da construção, o PpD/A é reconhecido como a principal estratégia de projeto que dá suporte ao desenvolvimento da EC (Kręć-Grześkowiak; Baborska-Narożny, 2023). Apesar dos avanços normativos e de políticas públicas para o desenvolvimento sustentável do setor, a presente pesquisa concluiu que, sobretudo no Brasil, existem lacunas na abordagem da implementação prática de estratégias de projeto de edificações para atingir tal objetivo. Tal afirmação corrobora com a pesquisa de Pittri et al. (2024), a qual descreveu diversas barreiras para implementação do PpD/A em países em desenvolvimento, entre elas a ausência de regulamentações rigorosas relacionadas ao projeto para desconstrução, a falta de códigos de construção que orientam como projetar com materiais reutilizados e, ainda, a falta de estratégias e ferramentas eficazes para possibilitar a desconstrução.

As IFES brasileiras, no entanto, apresentam desafios ainda maiores devido a sua complexidade no processo de projetos de edificações: condicionado a fatores organizacionais, políticos e econômicos nem sempre favoráveis, deve responder com responsabilidade aos anseios do poder público e da sociedade, em cumprimento da legislação e, ainda, acompanhar as orientações para o desenvolvimento sustentável e de responsabilidade ambiental. Assim, as IFES podem ser consideradas interessantes objetos de estudo nesse contexto, vide a sua relevância para o desenvolvimento social e econômico.

Deste modo, durante o desenvolvimento do Sistema buscou-se compreender os diversos e possíveis contextos que poderiam impactar no processo de projeto das edificações de IFES, visando a maior implementação dos princípios do PpD/A, dentro dos cenários possíveis. Assim, os estudos de caso conduzidos nesta pesquisa possibilitaram a organização e sistematização das etapas do processo de projeto orientado por PpD/A, e ilustraram a aplicabilidade do Sistema como uma ferramenta útil para implementação de princípios do PpD/A em projetos de edificações de IFES.

Ainda que o Sistema desenvolvido não alcance todas as análises dos possíveis impactos ambientais causados pelos processos construtivos – tais como consumo energético, carbono incorporado, emissão de gases, entre outros – é possível que essas abordagens possam ser compreendidas em estudos futuros.

6 CONCLUSÃO

O presente trabalho se propôs a desenvolver um Sistema para implementação dos princípios de PpD/A em projetos de edificações de IFES, visando incluir os processos construtivos na dinâmica da EC. Através da condução do método da DSR, foi possível determinar etapas para o seu desenvolvimento, entre elas, a estruturação de um Formulário de Verificação para avaliação de projetos de IFES selecionados em estudos de caso, sob o aspecto do nível de atendimento aos princípios do PpD/A.

As etapas que conduziram o desenvolvimento do Formulário de Verificação foram: identificação do problema e conscientização, identificação das estratégias de PpD/A através da Revisão Sistemática da Literatura (RSL), e categorização das estratégias identificadas de acordo com os princípios do PpD/A determinados pela ISO 20887/2020 e por fases de projeto.

A avaliação realizada compreendeu a aplicação do Formulário de Verificação em estudos de caso de quatro projetos de edificações de IFES, com diferentes tipologias construtivas e de uso. Ainda, foram determinados: o cenário de vida útil de projeto (VUP) dos projetos selecionados baseado nas recomendações da NBR 15575/2021; as interações entre o contexto dos projetos e os princípios do PpD/A, sob orientações preconizadas pela ISO 20887/2020; e a simulação de cenários de FdV, baseada no método determinado por Silva et al. (2018).

Para obtenção dos resultados da avaliação foram determinadas taxas de atendimento aos princípios do PpD/A e do potencial de desmontagem e adaptabilidade do projeto, através da atribuição de pontuação por estratégia atendida. Os resultados da avaliação dos estudos de caso permitiram a sistematização do processo de projeto orientado por PpD/A e contextualizaram a aplicabilidade do Sistema proposto, ainda que não tenham sido conduzidas avaliações em um processo de projeto em andamento.

Portanto, o resultado do método conduzido ao longo da pesquisa foi um Sistema norteador do processo de projeto orientado por PpD/A, como uma ferramenta importante de apoio à concepção e tomada de decisão em projeto. Suas principais contribuições podem compreender melhores práticas de projeto e aprimoramento das contratações, visando edificações mais sustentáveis, apoiando modelos de negócios voltados à EC que visam a recuperação dos elementos da edificação em fim de vida, e a posterior reutilização ou reciclagem. Além disso, o resultado da incorporação do

PpD/A em fase de projeto seria edificações capazes de acompanhar as mudanças requeridas por seus usuários.

É importante ressaltar que, ainda que o Sistema desenvolvido auxilie na implementação do PpD/A em projetos de IFES, é orientado que outras análises possam ser conduzidas para tomada de decisão, que eventualmente não são consideradas pelo Sistema, como custo-benefício, características regionais, níveis de conforto térmico e acústico, consumo energético ou de carbono incorporado, entre outros.

Portanto, é esperado que a inovação motivada pelo tema possa contribuir na quebra de paradigma, no sentido de aprimorar o processo de projeto da administração pública e, possivelmente, da indústria da construção no Brasil.

6.1 Sugestão para trabalhos futuros

Para esta pesquisa foram delimitados como escopo a implementação de princípios do PpD/A em projetos edificações de IFES, como estratégia para incluir os processos construtivos da dinâmica da EC. Porém, sugere-se investigar outros aspectos que podem estar relacionados a esta abordagem. Abaixo, são enumeradas sugestões de estudos futuros, a partir deste trabalho:

- 1) Aplicabilidade do Sistema de implementação do PpD/A em outros projetos de edificações da esfera pública considerando variedade de usos e tipologias construtivas;
- 2) Aplicabilidade do Sistema de implementação do PpD/A em outros projetos de edificações da esfera privada, considerando as particularidades de cada tipologia de edificação (ex.: comércio, habitações, indústria);
- 3) Incluir na avaliação a análise do custo do ciclo de vida das edificações;
- 4) Incluir na avaliação a análise do conforto termoacústico das edificações;
- 5) Incluir na avaliação a análise do consumo energético ao longo do ciclo de vida das edificações;

- 6) Incluir na avaliação a análise do consumo de carbono incorporado ao longo do ciclo de vida das edificações;
- 7) Relacionar as interações dos princípios do PpD/A com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) das Nações Unidas (ONU);
- 8) Utilizar a tecnologia BIM para análise e simulação da implementação dos princípios de PpD/A em projetos em todo o ciclo de vida da edificação, auxiliando no gerenciamento de todo o projeto;
- 9) Utilizar a tecnologia BIM para simulação e aprimoramento dos cenários de FdV determinados e auxílio na determinação da sequência de desmontagem e possíveis pontos de desmontagem da edificação;
- 10) Desenvolvimento de um Modelo de Plano de Desconstrução completo, o qual forneceria detalhes e orientações específicas de toda a gestão do PpD/A.

REFERÊNCIAS

- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR 15575-1. Edificações Habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais**. ABNT, 2021.
- ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR ISO 14040. Gestão ambiental - avaliação do ciclo de vida - princípio e estrutura**. ABNT, 2014.
- ABRELPE (Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. ABRELPE, 2022.
- AKANBI, L. A.; OYEDELE, L. O.; OMOTESO, K.; *et al.* **Disassembly and deconstruction analytics system (D-DAS) for construction in a circular economy**. *Journal of Cleaner Production*, v. 223, p. 386–396, 2019.
- AKBARIEH, A.; JAYASINGHE, L. B.; WALDMANN, D.; TEFERLE, F. N. **BIM-based end-of-lifecycle decision making and digital deconstruction: Literature review**. *Sustainability (Switzerland)*, v. 12, n. 7, 2020.
- AKINADE, O. O.; OYEDELE, L. O.; AJAYI, S. O.; *et al.* **Design for Deconstruction (DfD): Critical success factors for diverting end-of-life waste from landfills**. *Waste Management*, v. 60, p. 3–13, 2017.
- AKINADE, O. O.; OYEDELE, L. O.; BILAL, M.; *et al.* **Waste minimisation through deconstruction: A BIM based Deconstructability Assessment Score (BIM-DAS)**. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 105, p. 167–176, 2015.
- AKINADE, O. O.; OYEDELE, L. O.; OMOTESO, K.; *et al.* **BIM-based deconstruction tool: Towards essential functionalities**. *International Journal of Sustainable Built Environment*, v. 6, n. 1, p. 260–271, 2017.
- AKINADE, O.; OYEDELE, L.; OYEDELE, A.; *et al.* **Design for deconstruction using a circular economy approach: barriers and strategies for improvement**. *Production Planning and Control*, v. 31, n. 10, p. 829–840, 2020.
- AKTAS, C. B.; BILEC, M. M. **Impact of lifetime on US residential building LCA results**. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, v. 17, n. 3, p. 337–349, 2012.
- AMOÊDA, R. P. DA C. **Design for Deconstruction: Emery Approach to Evaluate Deconstruction Effectiveness**. (Tese de Doutorado). Escola de Arquitetura, Universidade do Minho, 2009.
- ANDERY, P. R.; STARLING, C.; MARTINS, R. **Avaliação do Processo de Projeto em Reformas de Edificações de Universidade Pública**. *Gestão e Tecnologia de Projetos*, v. 10, n. 1, p. 49–66, 2015.
- ARCHDAILY. **Revelados os planos de reconstrução do Palácio de Cristal em Londres**. Disponível em: <https://www.archdaily.com.br/br/01-148083/revelados-os-planos-de-reconstrucao-do-palacio-de-cristal-em-londres>. Acesso em 17 mai. 2023.

ARIA, M.; CUCCURULLO, C. **Bibliometrix**: An R-tool for comprehensive science mapping analysis. *Journal of Informetrics*, v. 11, n. 4, p. 959–975, 2017.

ARRIGONI, A.; ZUCCHINELLI, M.; COLLATINA, D.; DOTELLI, G. **Life cycle environmental benefits of a forward-thinking design phase for buildings**: the case study of a temporary pavilion built for an international exhibition. *Journal of Cleaner Production*, v. 187, p. 974–983, 2018.

ASKAR, R.; BRAGANÇA, L.; GERVÁSIO, H. **Design for Adaptability (DfA)— Frameworks and Assessment Models for Enhanced Circularity in Buildings**. *Applied System Innovation*, v. 5, n. 1, p. 1–25, 2022.

BASTA, A.; SERROR, M. H.; MARZOUK, M. **A BIM-based framework for quantitative assessment of steel structure deconstructability**. *Automation in Construction*, v. 111, 2020.

BERTINO, G.; KISSER, J.; ZEILINGER, J.; *et al.* **Fundamentals of building deconstruction as a circular economy strategy for the reuse of construction materials**. *Applied Sciences (Switzerland)*, v. 11, n. 3, p. 1–31, 2021.

BOURKE, K.; KYLE, B. **Service life planning and durability in the context of circular economy assessments — Initial aspects for review**. *Canadian Journal of Civil Engineering*, v. 46, n. 11, p. 1074–1079, 2019.

BRAAKMAN, L.; BHOCHHIBHOYA, S.; DE GRAAF, R. **Exploring the relationship between the level of circularity and the life cycle costs of a one-family house**. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 164, 2021.

BRASIL. **Decreto nº 10.306, de 2 de abril de 2020**. Estabelece a utilização do *Building Information Modelling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling* - Estratégia BIM BR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. 2020. Brasília: Presidência da República, 2020.

BRASIL. **Instrução Normativa nº 02, de 4 de junho de 2014**. Dispõe sobre regras para a aquisição ou locação de máquinas e aparelhos consumidores de energia pela Administração Pública Federal direta, autárquica e fundacional, e uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nos projetos e respectivas edificações públicas federais novas ou que recebam retrofit. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2014.

BRASIL. **LEI Nº 14.133**. Lei de Licitações e Contratos Administrativos. Brasília: Presidência da República, 2021.

BRASIL. **Manual de Obras Públicas, Edificações: Práticas da SEAP – Projeto**. Brasília: Secretaria de Estado da Administração e Patrimônio, 2020.

BRASIL. **Projeto de Lei nº1874, de 2022**. Institui a Política Nacional de Economia Circular e altera a Lei nº 10.332, de 19 de dezembro de 2001, a Lei nº 12.351, de 22 de dezembro de 2010, e a Lei nº 14.133, de 1º de abril de 2021, para adequá-las à nova política. Comissão do Meio Ambiente, 2022.

BRASIL. **Sustentabilidade na Administração Pública Federal**. Brasília: TCU, Secretaria de Controle Externo da Agricultura e do Meio Ambiente, 2017.

BRASIL, P. De C. **Arquitetura Sustentável em Edificações Públicas: Planejamento Para Licitações De Projeto**, 2014. (Tese de doutorado). Rio de Janeiro: UFRJ/ FAU.

CAI, G.; WALDMANN, D. **A material and component bank to facilitate material recycling and component reuse for a sustainable construction: concept and preliminary study**. *Clean Technologies and Environmental Policy*, v. 21, n. 10, p. 2015–2032, 2019.

CAMPÊLO, M. **Campus no Nordeste: Reforma Universitária de 1968**, 2012. (Tese de doutorado). São Paulo: FAU/USP.

CNS (Câmara Nacional de Sustentabilidade). **Guia Nacional de Contratações Sustentáveis**. 5ª ed. CNS, 2022.

CARVALHO, J.; BORGES, M. M. Building sector materials reutilization: The disassembly as a design guideline. IX Encontro Nacional, VII Encontro Latinoamericano, II Encontro Latino-Americano e Europeu sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. **Anais...**, 2017.

CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção). **O labirinto das obras públicas**. 2a Edição. Brasília - DF, 2022.

CHAKRABARTI, A. **A course for teaching design research methodology**. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, v. 24, p. 317-334, 2010. <http://dx.doi.org/10.1017/S0890060410000223>

CHAREF, R. **Supporting construction stakeholders with the circular economy: A trans-scaler framework to understand the holistic approach**. *Cleaner Engineering and Technology*, v. 8, 2022.

CHEN, J.; HUA, C.; LIU, C. **Considerations for better construction and demolition waste management: Identifying the decision behaviors of contractors and government departments through a game theory decision-making model**. *Journal of Cleaner Production*, v. 212, p. 190–199, 2019.

CHEN, Q.; FENG, H.; GARCIA DE SOTO, B. **Revamping construction supply chain processes with circular economy strategies: A systematic literature review**. *Journal of Cleaner Production*, v. 335, 2022.

CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente). **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. CONAMA, 2002.

COUTO, J.; COUTO, A. **Analysis of barriers and the potential for exploration of deconstruction techniques in Portuguese construction sites**. *Sustainability*, 2010. MDPI.

CROWTHER, P. **Design for disassembly** - Themes and Principles. Environment Design Guide, 2005, 1–7. Disponível em: <http://www.jstor.org/stable/26149108>.

CROWTHER, P. **A Taxonomy of Construction Material Reuse and Recycling: Designing for Future Disassembly**. European Journal of Sustainable Development, v. 7, n. 3, 2018.

DE LA CRUZ-LOVERA, C.; PEREA-MORENO, A. J.; DE LA CRUZ-FERNÁNDEZ, J. L.; ALVAREZ-BERMEJO, J. A.; MANZANO-AGUGLIARO, F. Worldwide research on energy efficiency and sustainability in public buildings. **Sustainability (Switzerland)**, v. 9, n. 8, p. 1–20, 2017. MDPI.

DENIS, F.; VANDERVAEREN, C.; TEMMERMAN, N. D. **Using network analysis and BIM to quantify the impact of Design for Disassembly**. Buildings, v. 8, n. 8, 2018.

DENSLEY TINGLEY, D.; DAVISON, B. **Developing an LCA methodology to account for the environmental benefits of design for deconstruction**. Building and Environment, v. 57, p. 387–395, 2012.

DO PRADO, J. W.; DE CASTRO ALCÂNTARA, V.; DE MELO CARVALHO, F.; *et al.* Multivariate analysis of credit risk and bankruptcy research data: a bibliometric study involving different knowledge fields (1968–2014). **Scientometrics**, v. 106, n. 3, p. 1007–1029, 2016. Springer Netherlands.

DONG, Y.; NG, S. T.; LIU, P. **A comprehensive analysis towards benchmarking of life cycle assessment of buildings based on systematic review**. Building and Environment, v. 204, p. 108162, 2021.

DURMISEVIC, E. **Transformable Building Structures: Design for disassembly as a way to introduce sustainable engineering to building design & construction**, 2006. (Tese de doutorado). Universidade Técnica de Delft, Holanda.

DURMISEVIC, E. **Circular Economy in Construction: Design Strategies for Reversible Buildings**. Holanda, ed. BAMB, 2019.

EBERHARDT, L. C. M.; VAN STIJN, A.; RASMUSSEN, F. N.; BIRKVED, M.; BIRGISDOTTIR, H. **Development of a life cycle assessment allocation approach for circular economy in the built environment**. Sustainability (Switzerland), v. 12, n. 22, p. 1–16, 2020.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Introdução à Economia Circular**. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/pt/temas/economia-circular-introducao/visao-geral>. Acesso em: 1 mar. 2023.

FACCO, G. B. **Arrecadação e destinação de recursos próprios em universidades federais brasileiras**, 2021. (Dissertação de mestrado). Florianópolis: UFSC.

FARIA, R. S.; OLIVEIRA, M. F. DE; ANDERY, P. R. P. Processo de projeto em ambientes universitários: uma análise a partir do conceito de Performance Based Building. Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. **Anais...** p.1–8, 2020. Porto Alegre: ANTAC.

FIALHO, N. H. **Universidade Multicampi**. Brasília, Autores Associados. Plano Editora, 2005.

FREITAS, L. DE S. **Vida Útil Ótima de Projeto de Edificações Considerando Consumo Energético de Construção e Operação, Sob a Ótica Do Ecodesign**, 2017. (Dissertação de Mestrado). Curitiba: Universidade Federal do Paraná.

GIAMBERARDINO, G. G.; NAGALLI, A.; FERNANDES, V.; GARCIAS, C. M. Modelo conceitual de critérios ambientais para contratação pública de obras rodoviárias federais. **Revista de Administração Pública**, v. 56, n. 6, p. 843–856, 2022. FapUNIFESP (SciELO).

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª ed. São Paulo: ATLAS, 2002.

GÖSSEL, P.; LEUTHÄUSER, G. **Architecture in the Twentieth Century**. Volume 1. London: Taschen, 2001.

HIRSCH, J. E. An index to quantify an individual's scientific research output. **Proceedings of the National Academy of Sciences**. Vol. 102, No. 46, 2005.

IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Pesquisa Anual da Indústria da Construção**. IBGE, v. 30, n. Rio de Janeiro, p. 1–4, 2020.

IDEIA CIRCULAR. **O que é Economia Circular?** Disponível em <https://ideiacircular.com/economia-circular/>. Acesso em 11 jul. 2023.

INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira). **Censo da Educação Superior 2022**. Principais Resultados. Ministério da Educação, Brasília, 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/pesquisas-estatisticas-e-indicadores/censo-da-educacao-superior/resultados>

INTERNATIONAL STANDARD. **ISO 20887: Sustainability in buildings and civil engineering works-Design for disassembly and adaptability-Principles, requirements and guidance**. ISO, 2020.

JANJUA, S. Y.; SARKER, P. K.; BISWAS, W. K. Impact of service life on the environmental performance of buildings. **Buildings**, v. 9, n. 1, 2019.

JAYASINGHE, L. B.; WALDMANN, D. Development of a bim-based web tool as a material and component bank for a sustainable construction industry. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 5, p. 1–15, 2020.

JENSEN, K. G.; SOMMER, J. **Building a Circular Future**. 3. ed. Hvidovre: KLS Pure Print A/S, 2016. 309 p. Disponível em: https://gxn.3xn.com/wp-content/uploads/sites/4/2018/09/Building-a-Circular-Future_3rd-Edition_Compressed_V2-1.pdf.

JOCKWER, R.; GOTO, Y.; SCHARN, E.; CRONA, K. Design for adaption - Making timber buildings ready for circular use and extended service life. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. **Anais....** v. 588, 2020.

KANTERS, J. Design for deconstruction in the design process: State of the art. **Buildings**, v. 8, n. 11, 2018a.

KHADIM, N.; AGLIATA, R.; MARINO, A.; THAHEEM, M. J.; MOLLO, L. Critical review of nano and micro-level building circularity indicators and frameworks. **Journal of Cleaner Production**, v. 357, 2022.

KIBERT, C. J. **Sustainable Construction: Green Building Design and Delivery**. 2º ed. Hoboken: Wiley and Sons, 2008.

KREȚ-GRZEŚKOWIAK, A.; BABORSKA-NAROZNY, M. **Guidelines for disassembly and adaptation in architectural design compared to circular economy goals** - A literature review. *Sustainable Production and Consumption*, v. 39, p. 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2023.04.020>

LACERDA, D. P.; DRESCH, A.; PROENÇA, A.; VALLE, J. A.; JÚNIOR, A. **Design Science Research: método de pesquisa para a engenharia de produção**. 2013.

LI, C. Z.; ZHAO, Y.; XIAO, B.; *et al.* Research trend of the application of information technologies in construction and demolition waste management. **Journal of Cleaner Production**, v. 263, 2020.

MACHADO, R. C. **Sistema para avaliação do potencial de desconstrução e reutilização de estruturas de aço**, 2014. (Tese de doutorado). Universidade Federal de Ouro Preto.

MACHADO, R. C.; DE SOUZA, H. A.; VERÍSSIMO, G. S. Analysis of guidelines and identification of characteristics influencing the deconstruction potential of buildings. **Sustainability (Switzerland)**, v. 10, n. 8, 2018.

MARINO, R. A. **Avaliação das instituições federais de ensino superior da Região Metropolitana do Recife: um estudo a partir dos indicadores contábeis de desempenho**. 2021. Dissertação (Mestrado em Gestão Pública para o Desenvolvimento do Nordeste) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2021.

MATTARAIA, L.; FABRICIO, M. M.; CODINHOTO, R. Structure for the classification of disassembly applied to BIM models. **Architectural Engineering and Design Management**, v. 19, n. 1, p. 56–73, 2023.

MAYER, M.; BECHTHOLD, M. Development of policy metrics for circularity assessment in building assemblies. **Economics and Policy of Energy and the Environment**, v. 2017, n. 1, p. 57–84, 2017.

MOTAHAR, M. M.; NOURZAD, S. H. H.; RAHIMI, F. Integrating complete disassembly planning with deconstructability assessment to facilitate designing deconstructable buildings. **Architectural Engineering and Design Management**, 2023. Taylor and Francis Ltd.

MUNARO, M. R.; TAVARES, S. F. Analysis of Brazilian public policies related to the implementation of circular economy in civil construction. **Ambiente Construído**, v. 22, n. 2, p. 129–142, 2022.

NAGALLI, A. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. 2ª ed, São Paulo: Oficina de Textos, 2022.

NICOLAISEN, J. Bibliometrics and Citation Analysis: From the Science Citation Index to Cybermetrics. **Journal of the American Society for Information Science and Technology**, v. 61, n. 1, p. 205–207, 2010.

PADUART, A., TEMMERMAN, N. DE AND VANDENBROUCKE, M. The environmental benefits of service life extension of buildings components with transformable design strategies. XIII International Conference on Durability of Building Materials and Components - XIII DBMC. **Anais...**, 2015. São Paulo.

PARANÁ. **Caderno BIM: Coletânea de cadernos orientadores**. Caderno de especificações técnicas para contratação e projetos em BIM – Edificações. Curitiba: Departamento de Gestão de Projetos e Obras, 2018.

PIMENTA, A. A.; PORTELA, A. R. M. R.; OLIVEIRA, C. D. B.; RIBEIRO, R. M. A. Bibliometria nas pesquisas acadêmicas. **Scientia**, v. 4, n. nº 7, 2017.

PITTRI, H.; GODAWATTE, G.A.G.R.; AGYEKUM, K.; BOTCHWAY, E.A.; DOMPEY, A.M.A.; ODURO, S.; ASAMOA, E. **Examining the barriers to implementing design for deconstruction in the construction industry of a developing country**. Construction Innovation, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print, 2024. <https://doi.org/10.1108/CI-09-2023-0239>

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. DE. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho**. 2ª ed. Novo Hamburgo: Universidade Feevale, 2013.

RAUF, A.; CRAWFORD, R. H. Building service life and its effect on the life cycle embodied energy of buildings. **Energy**, v. 79, n. C, p. 140–148, 2015.

REIKE, D.; VERMEULEN, W. J. V.; WITJES, S. The circular economy: New or Refurbished as CE 3.0? — Exploring Controversies in the Conceptualization of the Circular Economy through a Focus on History and Resource Value Retention Options. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 135, p. 246–264, 2018.

RIBEIRO, R. M. C. Os desafios contemporâneos da gestão universitária: Discursos politicamente construídos. Associação Nacional de Política e Administração da Educação. **Anais...**Porto: 2012. Disponível em: <https://anpae.org.br/IBERO_AMERICANO_IV/GT2/GT2_Comunicacao/RaimundaMarianaCunhaRibeiro_GT2_integral.pdf>

RIOS, F.C.; CHONG, W. K.; GRAU, D. Design for Disassembly and Deconstruction - Challenges and Opportunities. **Procedia Engineering**, v. 118, p. 1296–1304, 2015.

RIOS, F.C.; GRAU, D.; BILEC, M. Barriers and Enablers to Circular Building Design in the US: An Empirical Study. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 147, n. 10, 2021.

SALVADO, A. F.; AZEVEDO, Á. V. E; SILVA, M. J. F.; COUTO, P.; MARTINS, P. Planeamento da Vida de Serviço de Ativos Construídos para Incorporação na

Metodologia BIM. ptBIM 2020 – 3º Congresso Português de Building Information Modelling. **Anais...** p.581–592, 2020. University of Porto.

SECOVI-SP (Sindicato das Empresas de Compra, Venda, Locação ou Administração de Imóveis Residenciais ou Comerciais). “Manuais de Escopo” com site muito mais prático. Disponível em: <https://secovi.com.br/manuais-de-escopo-com-site-muito-mais-pratico/>. Acesso em 8 ago. 2023.

SHOOSHTARIAN, S.; CALDERA, S.; MAQSOOD, T.; RYLEY, T.; KHALFAN, M. An investigation into challenges and opportunities in the Australian construction and demolition waste management system. **Engineering, Construction and Architectural Management**, v. 29, n. 10, p. 4313–4330, 2022.

SILVA, R. C. **Potencial de recuperação de materiais e componentes de edificações: Análise crítica em um processo de reabilitação**, 2020. (Tese de Doutorado). Curitiba: UTFPR - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SILVA, R. C. DA; FREITAS, L. D. S. Diretrizes para a fase de projetos de edificações públicas sob o foco da sustentabilidade ambiental: Estudo de caso de uma Instituição Federal de Ensino Superior (IFES) de acordo com o sistema de certificação LEED. **Interações (Campo Grande)**, p. 767–780, 2016.

SILVA, R. C. DA; NAGALLI, A.; COUTO, J. P. Avaliação do potencial de recuperação de edificações ao fim da vida útil: caso de uma instituição federal de ensino superior. **Interações (Campo Grande)**, p. 701–715, 2021.

SILVA, J. L.; PASSUELLO, A. Estrutura metodológica para avaliação de desempenho ambiental no processo de projeto de edifícios públicos. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 18, n. 1, 2023.

SOUZA, A. A.; SOUZA JUNIOR, D. A. DE; COSTA, E. B. C. Causas De Atrasos Em Obras De Edificações Públicas: Levantamento De Publicações No Período 2009-2020. XVIII Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído. **Anais...** v. 18, n. 1, p. 1–9, 2020.

TCU, T. DE C. DA U. **Obras Públicas: Recomendações Básicas para a Contratação e Fiscalização de Obras de Edificações Públicas**. 4ª ed. Brasília, 2014.

THIVES, L. P.; GHISI, E.; THIVES JÚNIOR, J. J. An outlook on the management of construction and demolition waste in Brazil. **Cleaner Materials**, v. 6, 2022.

THORMARK, C. A low energy building in a life cycle - Its embodied energy, energy need for operation and recycling potential. **Building and Environment**, v. 37, n. 4, p. 429–435, 2002.

THORMARK, C. The effect of material choice on the total energy need and recycling potential of a building. **Building and Environment**, v. 41, n. 8, p. 1019–1026, 2006.

TINGLEY, D. D. **Design for Deconstruction: an appraisal**, 2013. (Tese de Doutorado). The University of Sheffield.

TINGLEY, D. D.; DAVISON, B. Design for deconstruction and material reuse. Proceedings of Institution of Civil Engineers: Energy. **Anais...** v. 164, p.195–204, 2011.

TORGAUTOV, B.; ZHANABAYEV, A.; TLEUKEN, A.; *et al.* Circular economy: Challenges and opportunities in the construction sector of Kazakhstan. **Buildings**, v. 11, n. 11, 2021.

TRAMONTANO, M.; PITA, J.; SOUSA, D. Building Information Modelling em processos decisórios participativos. **Revista Design & Tecnologia**, v. 10, n. 21, p. 1–16, 2020.

VAN AKEN, J. E. Management Research Based on the Paradigm of the Design Sciences: The Quest for Field-Tested and Grounded Technological Rules. **Journal of Management Studies**, v. 41, n. 2, p. 219–246, 2004.

VANDENBROUCKE, M.; GALLE, W.; DE TEMMERMAN, N.; DEBACKER, W.; PADUART, A. Using Life Cycle Assessment to Inform Decision-Making for Sustainable Buildings. **Buildings**, v. 5, n. 2, p. 536–559, 2015.

VAZ, L. A.; OLIVEIRA, R. D.; VIEIRA, J. C. Potencial de atendimento de edifício escolar público a requisitos das certificações do PBE Edifica e do LEED sem grandes intervenções. In: Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará - UNIFESSPA (Org.); X Encontro de Sustentabilidade em Projeto. **Anais...** p.499–510, 2022. Marabá.

VIGGIANO, M. H. S. **Projeto de Edifícios Públicos Sustentáveis: Uma abordagem cultural, econômica, ambiental e arquitetônica**. Brasília: Rede Legislativo Sustentável, 2019.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 2ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

ZHANG, J.; YU, Q.; ZHENG, F.; *et al.* Comparing keywords plus of WOS and author keywords: A case study of patient adherence research. **Journal of the Association for Information Science and Technology**, v. 67, n. 4, p. 967–972, 2016. John Wiley and Sons Inc.

APÊNDICE A – Categorização dos artigos de acordo com a ISO 20887/2020

CATEGORIZAÇÃO DOS ARTIGOS DE ACORDO COM A ISO 20887/2020

Facilidade de Acesso (AC)		
Princípios de projeto	Estratégias	Fontes
Componentes e serviços acessíveis	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Planejar rotas de serviço de fácil acesso e manutenção; ➤ Utilizar elementos de construção visíveis e acessíveis (por exemplo, sistemas elétricos e hidráulicos) 	Basta <i>et al</i> (2020); Calderini and Guy (2017); Crowther (2018); Toniolo <i>et al</i> (2021); Torgautov <i>et al</i> (2021); Rockow <i>et al</i> (2021); Sassi (2008); Tleuken <i>et al</i> (2022); Tingley and Davison (2011); Askar <i>et al</i> (2022); Pittri <i>et al</i> (2023); Kanters (2018); Crowther (2005); Bertino <i>et al</i> (2021); Vandervaeren <i>et al</i> (2022); Crowther (2016); Hosseini <i>et al</i> (2022); Mattaraia <i>et al</i> (2023); Denis <i>et al</i> (2018); Couto and Couto (2010)
Conexões e juntas acessíveis	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilizar conexões de elementos de construção visíveis e acessíveis 	Sassi (2008); Xu and Lu (2019); Tleuken <i>et al</i> (2022); Tingley and Davison (2011); Rios and Grau (2020); Joensuu <i>et al</i> (2022); Debacker <i>et al</i> (2007); Motahar <i>et al</i> (2023); Zoghi <i>et al</i> (2022); Crowther (2016); Pongiglione <i>et al</i> (2021); Nordby <i>et al</i> (2009); Anastasiades <i>et al</i> (2021); Broniewicz and Broniewicz (2020); Vandenbroucke <i>et al</i> (2013); Pittri <i>et al</i> (2023); Joensuu <i>et al</i> (2022)
Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Considerar a gestão do ciclo de vida dos ativos desde a concepção até ao fim da vida; ➤ Identificar a vida útil de diferentes elementos; ➤ Posicionar camadas de elementos com ciclos mais frequentes próximos à superfície; ➤ Considerar a sequência de desmontagem e a expectativa de vida útil do produto; 	Crowther (2018); Nordby <i>et al</i> (2009); Akinade <i>et al</i> (2017b); Pittri <i>et al</i> (2023); Kanters (2018); Mayer and Bechthold (2017), Debacker <i>et al</i> (2007); Jaillon and Poon (2014); Nordby <i>et al</i> (2009); Anastasiades <i>et al</i> (2021); Ladinski (2017); Couto and Couto (2010)
Dedicar área/volume específico para a zona do sistema	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Soluções que facilitam o acesso aos serviços do edifício (poço elétrico, dutos de ventilação); por exemplo, espaço no teto, pisos de acesso e núcleos centrais 	Rockow <i>et al</i> (2021); Tirelli and Besana (2023); Tarpio <i>et al</i> (2022)
Projetar a edificação em camadas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Projetar a construção em camadas para facilitar a separação de componentes com diferentes vidas úteis. Por exemplo, separação de superestrutura e fachadas para facilitar renovações; ➤ Separação de paredes internas da estrutura para facilitar reformas. 	Guerra & Leite (2021); Rockow <i>et al</i> (2021); Brigante <i>et al</i> (2022); Nordby <i>et al</i> (2009); Khadim <i>et al</i> (2022); Geldermansa R.J. (2016); Tingley & Davison (2011); Akinade <i>et al</i> (2017); Akinade <i>et al</i> (2020); Ostapska <i>et al</i> (2021); Salama (2017); Askar <i>et al</i> (2022); Joensuu <i>et al</i> (2022); Mayer and Bechthold (2018); Jaillon and Poon (2014); Zoghi <i>et al</i> (2022); Paduart <i>et al</i> (2011); Nordby A. S. <i>et al</i> (2009); Mattaraia <i>et al</i> (2023); Charef <i>et al</i> (2022); Vandenbroucke <i>et al</i> (2013); Akinade <i>et al</i> (2015)
Independência (IN)		
Sistemas independentes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Remoção de componentes de estruturas inteiras; ➤ Separar a estrutura das fachadas, revestimentos, paredes internas e serviços; ➤ Móveis não fixos; ➤ Robustez da fundação para garantir a estabilidade da estrutura durante a remodelação/desconstrução; 	Basta <i>et al</i> (2020); Crowther (2018); Guerra & Leite (2021); Rockow <i>et al</i> (2021); Akinade <i>et al</i> (2017); Piccardo & Hughes (2022); Askar <i>et al</i> (2022); Crowther (2022); Jaillon and Poon (2014); Crowther (2016); Vandenbroucke <i>et al</i> (2013); Couto & Couto (2010); Khadim <i>et al</i> (2022); Debacker <i>et al</i> (2007); Tingley & Davison (2011); Akinade <i>et al</i> (2017); Cai and Waldmann (2019); Arisya & Suryantini (2021); Mostafa <i>et al</i> (2022)

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Projetar fundações retráteis do solo; ➤ Dedicar área/volume específico para zona do sistema 	
Evitar sistemas ou materiais compostos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Os materiais e sistemas compósitos podem ser difíceis de separar os seus constituintes individuais para reciclagem no final da sua vida útil. 	Machado et al (2018); Akinade et al (2017); Mrkonjic (2007); Zoghi et al (2022); Anastasiades et al (2021); Charef et al (2022); Akinade et al (2015); Tingley & Davison (2011)
Permitir a desmontagem paralela em vez de apenas a desmontagem sequencial.	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A desmontagem sequencial utiliza movimentos extras e reorientações extras para remover peças; ➤ Agrupar elementos em módulos, removendo assim peças em paralelo e, portanto, reduzindo o número de movimentos e reorientações necessários para remover peças 	Crowther (2018); Nordby et al (2009); Akinade et al (2017); Isiadinso, et al (2006); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Crowther (2022); Eckelman et al (2018); Zoghi et al (2022); Vandervaeren et al (2022); Crowther (2016); Nordby et al (2009); Vandenbroucke et al (2013); Smith & Hung (2015)
Uso de conexões reversíveis	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilização de conexões mecânicas; ➤ Evitar ligações químicas (por exemplo, adesivos e revestimentos); ➤ Utilização de componentes de construção intercambiáveis 	Basta et al (2020); Kim and Kim (2023); Crowther (2018); Calderini and Guy (2017); Keena et al (2022); Rockow et al (2021); Sassi (2008); Jockwer et al (2020); Tleuken et al (2022); Toniolo et al (2021); Rios et al (2021); Nordby et al (2009); Tingley & Davison (2011); Akinade et al (2017); Rios & Grau (2020); Rios et al (2015); Piccardo & Hughes (2022); Pittri et al (2023); Gillott et al (2023); Motahar et al (2023); Zoghi et al (2022); Vandervaeren et al (2022); Isiadinso, et al (2006); Kanters (2018); Fatourou-Sipsi & Symeonidou (2021); Joensuu et al (2022); Mrkonjic (2007); Crowther (2022); Debacker et al (2007); Jaillon and Poon (2014); Eckelman et al (2018); Arrigoni et al (2018); Dahy (2019); Arisya & Suryantini (2021); Crowther (2016); Tirelli & Besana (2023); Pongiglione et al (2021); Paduart et al (2011); Nordby et al (2009); Broniewicz & Broniewicz (2020); Vandenbroucke et al (2013); Denis et al (2018); Akinade et al (2015); Besana & Tirelli (2022); Mattaraia et al (2023); Broniewicz & Broniewicz (2020); Munaro et al (2022); Charef et al (2022); Akinade et al (2015); Couto & Couto (2010)
Separar itens não recicláveis, não reutilizáveis e não removíveis	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Isolar e identificar elementos que não podem ser reciclados, reutilizados e removidos (por exemplo, sistemas mecânicos, elétricos e hidráulicos) 	Xu, and Lu (2019); Rios & Grau (2020); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Pongiglione et al (2021)

Evitar tratamentos e acabamentos desnecessários (EV)

Evite acabamentos secundários	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Evitar ligantes, adesivos e resinas; ➤ Especificar o tratamento de superfície para ser facilmente removido durante a recuperação no final da vida 	Basta et al (2020); Machado et al (2018); Nordby et al (2009); Tingley e Davison (2011); Akinade et al (2017); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Akanbi et al (2019); Motahar et al (2023); Crowther (2016); Nordby et al (2009); Akinade et al (2015); Couto & Couto (2010)
-------------------------------	--	---

Apoyo à economia circular (EC)

Incentivo ao desenvolvimento e utilização de Banco de Materiais e Componentes (BMC)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ BMC como “gestor” que regula a transferência de materiais de um edifício na sua fase de FdV para uma nova estrutura; ➤ Gerenciar a reciclagem e reutilização de materiais e componentes de estruturas antigas 	Cai and Waldmann (2019); Akbarieh et al (2020); Huovila e Westerholm (2022); Jayasinghe e Waldmann (2020); Roberts et al (2023); Ostapska et al (2021)
Vida útil e planejamento da vida útil do projeto	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar a expectativa de vida do edifício e dos componentes; ➤ Análise de desempenho e simulação de alternativas em fim de vida; ➤ Melhor gerenciamento do ciclo de vida do edifício 	Charef et al (2021); Tingley e Davison (2011); Akinade et al (2017); Vandervaeren et al (2022); Isiadinso et al (2006); Askar et al (2022); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Debacker et al (2007); Chen et al (2022); Bourke & Kyle (2019); Munaro et al (2022); Charef et al (2022); Geldermansa (2016); Akanbi et al (2019); Couto & Couto (2010)
Projetar juntas e componentes para resistir ao uso repetido	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Resistência do material à desmontagem e remontagem; ➤ Procedimentos de teste de materiais e componentes para reutilização 	Basta et al (2020); Nordby et al (2009); Mostafa et al (2022); Mattaraia et al (2023); Denis et al (2018); Jaillon & Poon (2014); Crowther (2016); Anastasiades et al (2023)
Uso de materiais recicláveis e reutilizáveis	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Estabelecer metas para o percentual da estrutura que pode ser reutilizado e reciclável; ➤ Designação de 'zonas livres de fixação' para maximizar a extensão do material para reutilização 	Basta et al (2020); Kim and Kim (2023); Keena et al (2022); Ding et al (2016); Machado et al (2018); Akbarieh et al (2020); Guerra & Leite (2021); Rockow et al (2021); Xu and Lu (2019); Tingley & Davison (2011); Akinade et al (2017); Ostapska et al (2021); O'Grady et al (2021); Piccardo & Hughes (2022); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Mayer & Bechthold (2018); Hosey et al (2015); Crowther (2022); Bertino et al (2021); Motahar et al (2023); Zoghi et al (2022); Crowther (2016); Tirelli & Besana (2023); Besana & Tirelli (2022); Mostafa et al (2022); Mattaraia et al (2023); Akinade et al (2015)
Uso de materiais recuperados, reciclados e reutilizados	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificar e medir (por peso, volume e valor) elementos recuperados; ➤ Identificar e medir (por peso, volume e valor) elementos reciclados; ➤ Identificar os materiais reutilizados que apoiam o PpD 	Machado et al (2018); Toniolo et al (2021); Rios et al (2021); Charef et al (2021); Torgautov et al (2021); O'Grady et al (2021); Piccardo & Hughes (2022); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Fatourou-Sipsi & Symeonidou (2021); Gillott et al (2023); Hosey et al (2015); Crowther (2022); Rasmussen et al (2023); Dahy (2019); Crowther (2016); Tirelli & Besana (2023); Besana & Tirelli (2022); Chen et al (2022); Roberts et al (2023); Rasmussen et al (2019); Hendriks & Janssen (2003); Couto & Couto (2010)
Uso de materiais e componentes duráveis	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilização de materiais e componentes duráveis que permitam recuperação em FdV e reuso 	Cai e Waldmann (2019); Machado et al (2018); Rios et al (2021); Nordby et al (2009); Sassi (2008); Tingley & Davison (2011); Akinade et al (2017); Askar et al (2022); Gillott et al (2023); Motahar et al (2023); Rasmussen et al (2023); Zoghi et al (2022); Paduart et al (2011); Nordby et al (2009); Mostafa et al (2022)
Apoio a sustentabilidade	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilização de materiais de construção renováveis ou biodegradáveis; ➤ Utilização de materiais produzidos localmente 	Rios et al (2021); Torgautov et al (2021); Gillott et al (2023); Bertino et al (2021); Vandenbroucke et al (2013); Tingley & Davison (2011); Zoghi et al (2022); Besana & Tirelli (2022)

Simplicidade (SI)

Reduzir a complexidade	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reduzir o número de materiais e componentes; ➤ Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes; ➤ Minimizar detalhes; ➤ Projetar formas e geometrias simples de estruturas, componentes e acessórios que permitam dimensões e ajustes padronizados 	Calderini e Guy (2017); Nordby et al (2009); Rockow et al (2021); Tleuken et al (2022); Tingley & Davison (2011); Akinade et al (2017); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Debacker et al (2007); Bertino et al (2021); Crowther (2016); Hendriks e Janssen (2003); Akinade et al (2015); Crowther (2018); Mayer & Bechthold (2018); Crowther (2022); Arisya & Suryantini (2021); Vandembroucke et al (2013); Couto & Couto (2010); Jockwer et al (2020); Xu e Lu (2019); Rios et al (2015); Pongiglione et al (2021)
Evitar materiais compostos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Os materiais e sistemas compósitos podem ser difíceis de separar os seus constituintes individuais para reciclagem no final da sua vida útil. 	Machado et al (2018); Akinade et al (2017); Mrkonjic (2007); Zoghi et al (2022); Anastasiades et al (2021); Charef et al (2022); et al (2015); Tingley & Davison (2011)
Utilização de materiais e componentes leves	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Para facilitar o manuseio e transporte de componentes e sistemas 	Kim e Kim (2023); Crowther (2018); Machado et al (2018); Rios et al (2021); Torgautov et al (2021); Khadim et al (2022); Akinade et al (2017); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Gillott et al (2023); Mrkonjic (2007); Crowther (2022); Debacker et al (2007); Bertino et al (2021); Crowther (2016); Nordby et al (2009); Mostafa et al (2022); Mattaraia et al (2023); Couto & Couto (2010)

Padronização (PA)

Utilização de estruturas e componentes pré-fabricados	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Visar produtos industrializados e produção em massa; ➤ Plano de produção fora do canteiro de obras; 	Basta et al (2020); Kim & Kim (2023); Machado et al (2018); Rios et al (2021); Charef et al (2021); Akbarieh et al (2020); Guerra & Leite (2021); Torgautov et al (2021); Rockow et al (2021); Jockwer et al (2020); Tleuken et al (2022); Tingley & Davison (2011); Akinade et al (2017); Isiadinso, et al (2006); Rios & Grau (2020); O'Grady et al (2021); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Gillott et al (2023); Mayer & Bechthold (2018); Allam & Nik-Bakht (2023); Bertino et al (2021); Jaillon & Poon (2014); Eckelman et al (2018); Dahy (2019); Crowther (2016); Eberhardt et al (2018); Paduart et al (2011); Besana & Tirelli (2022); Mostafa et al (2022); Munaro et al (2022); Charef et al (2022); Roberts et al (2023); Akinade et al (2015)
Design modular	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilizar uma grade estrutural padrão; ➤ Projetar módulos robustos que sejam substituíveis e convenientes para transporte; ➤ Projeto para plantas modulares; ➤ Projetar sistema de estrutura modular; ➤ Projetar altura padrão entre andares 	Basta et al (2020); Crowther (2018); Machado et al (2018); Rios et al (2021); Rockow et al (2021); Nordby et al (2009); Jockwer et al (2020); Xu & Lu (2019); Tleuken et al (2022); Tingley & Davison (2011); Akinade et al (2017); Isiadinso et al (2006); Rios & Grau (2020); Piccardo & Hughes (2022); Kanters (2018); Ladinski (2017); Gillott et al (2023); Hosey et al (2015); Kayaçetin et al (2022); Crowther (2022); Allam & Nik-Bakht (2023); Bertino et al (2021); Jaillon & Poon (2014); Eckelman et al (2018); Arrigoni et al (2018); Rasmussen et al (2020); Dahy (2019); Zoghi et al (2022); Arisya & Suryantini (2021); Vandervaeren et al (2022); Crowther (2016); Tirelli & Besana (2023); Pongiglione et al (2021); Eberhardt et al (2018); Munaro et al (2022); Charef et al (2022); Roberts et al (2023); Broniewicz & Broniewicz (2020); Pittri et al (2023); Couto & Couto (2010)

Utilizar ferramentas, práticas e componentes padronizados	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Conformidade do projeto com códigos e padrões; ➤ Garantir que a desconstrução seja viável usando ferramentas e equipamentos padrão 	Crowther (2018); Machado et al (2018); Geldermansa (2016); Akinade et al (2017); Rios & Grau (2020); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Joensuu et al (2022); Crowther (2022); Debacker et al; Arrigoni et al (2018); Crowther (2016); Eberhardt L. et al (2018); Nordby A. S. et al (2009); Bourke & Kyle (2019); Anastasiades et al (2023); Mattaraia et al (2023); Vandenbroucke et al (2013); Roberts et al (2023); Couto & Couto (2010)
Dimensões padrão de componentes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Garantir que os componentes sejam dimensionados adequadamente para manuseio e transporte 	Crowther (2018); Rios et al (2021); Nordby et al (2009); Xu & Lu (2019); Tingley & Davison (2011); Akinade et al (2017); Rios & Grau (2020); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Mrkonjic (2007); Crowther (2022); Motahar et al (2023); Jaillon & Poon (2014); Dahy (2019); Zoghi et al (2022); Crowther (2016); Nordby et al (2009); Anastasiades et al (2021); Munaro et al (2022); Denis et al (2018); Couto & Couto (2010)
Identificação de materiais e componentes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificação e dados padrão e permanentes de diferentes componentes e tipos de materiais 	Basta et al (2020); Rios et al (2021)

Segurança de desmontagem (SD)		
Evitar materiais tóxicos e perigosos	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Garantir a desmontagem sem contaminação por materiais tóxicos 	Basta et al (2020); Cai e Waldmann (2019); Machado et al (2018); Rios et al (2021); Nordby et al (2009); Geldermansa (2016); Akinade et al (2017); Rios et al (2015); Pittri et al (2023); Kanters (2018) ; Mayer & Bechthold (2018); Hosey et al (2015); Akanbi et al (2019); Crowther (2022); Bertino et al (2021); Motahar et al (2023); Zoghi et al (2022); Crowther (2016); Nordby et al (2009); Hendriks & Janssen (2003); Akinade et al (2015); Couto & Couto (2010)
Fornecer um plano de desconstrução completo	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Relacionamento colaborativo das partes interessadas na fase de design; ➤ Planejamento da sequência de desmontagem; ➤ Determinar estratégias para o local, transporte e gestão de resíduos; ➤ Utilização de BIM para simulação do processo de desmontagem predial; ➤ Reservar mais tempo para garantir que o PpD seja incorporado 	Basta et al (2020); Ding et al (2016); Rios et al (2021); Abrishami & Martín-Durán (2021); Akinade et al (2017); Sanchez and Haas (2018); Guerra & Leite (2021); Tingley & Davison (2011); Akinade et al (2017); Rios et al (2015); O'Grady et al (2021); Pittri et al (2023); Kanters (2018) ; Crowther (2022); Allam & Nik-Bakht (2023); Bertino et al (2021); Motahar et al (2023); Pongiglione et al (2021); Anastasiades et al (2023)
Uso do BIM para simular o processo de desmontagem de uma edificação	<ul style="list-style-type: none"> ➤ BIM na condução de melhor colaboração entre as partes interessadas ➤ Visualização do processo de desconstrução ➤ Identificação de materiais recuperáveis ➤ Desenvolvimento de plano de desconstrução ➤ Análise de desempenho e simulação de alternativas de fim de vida ➤ Melhor gestão do ciclo de vida do edifício; ➤ BIM na gestão de resíduos, processo de projeto orientado a 	Basta et al (2020); Ding et al (2016); Abrishami & Martín-Durán (2021); Akinade et al (2017); Rios et al (2021); Akbarieh et al (2020); Torgautov et al (2021); Akinade et al (2020); Kanters (2018) ; Jayasinghe & Waldmann (2020); Allam & Nik-Bakht (2023); Mattaraia et al (2023); Xu & Lu (2019)

	resíduos, análise de resíduos, integração de tecnologias inovadoras e documentação aprimorada de gestão de resíduos	
Vida útil e planejamento da vida útil do projeto	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Determinar a expectativa de vida do edifício e dos componentes; ➤ Análise de desempenho e simulação de alternativas em fim de vida; ➤ Melhor gerenciamento do ciclo de vida do edifício 	Charef et al (2021); Tingley e Davison (2011); Akinade et al (2017); Vandervaeren et al (2022); Isiadinso et al (2006); Askar et al (2022); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Debacker et al (2007); Chen et al (2022); Bourke & Kyle (2019); Munaro et al (2022); Charef et al (2022); Geldermansa (2016); Akanbi et al (2019); Couto & Couto (2010)
Garantir a existência de um conjunto integrado de desenhos “as built”	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fornecer um inventário completo de todos os materiais e componentes utilizados na construção; ➤ Manter atualizadas todas as informações sobre o processo de fabricação e montagem do edifício 	Basta et al (2020); Tingley & Davison (2011); Rios et al (2015); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Ladinski (2017); Bertino et al (2021); Crowther (2016); Nordby et al (2009); Couto & Couto (2010)
Informação acessível	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Identificação e dados de diferentes componentes e tipos de materiais; ➤ Inventário de manutenção; ➤ Fornecer instruções de desmontagem de componentes, sistemas e pontos de desmontagem; ➤ Fornecer instruções sobre reutilização e reciclagem; ➤ Rastreabilidade do produto (reutilizado, reciclado, etc) e garantia; ➤ Estratégia clara para armazenamento intermediário de componentes reutilizáveis (logística) 	Crowther (2018); Rios et al (2021); Torgautov et al (2021); Nordby et al (2009); Sassi (2008); Geldermansa (2016); Xu & Lu (2019); Tingley & Davison (2011); Rios & Grau (2020); Rios et al (2015); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Joensuu et al (2022); Gillott et al (2023); Jayasinghe & Waldmann (2020); Akanbi et al (2019); Crowther (2022); Bertino et al (2021); Zoghi et al (2022); Crowther (2016); Pongiglione et al (2021); Chen et al (2022); Nordby et al (2009); Anastasiades et al (2023); Mattaraia et al (2023); Munaro et al (2022); Charef et al (2022); Hendriks & Janssen (2003); Couto & Couto (2010)
Garantir espaço suficiente para desmontagem	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Considerar o espaço envolvido e os meios necessários para lidar com os diversos componentes durante a desmontagem; ➤ Garantir uma folga realista entre os elementos para permitir todos os movimentos necessários durante a desmontagem 	Charef et al (2021); Tingley & Davison (2011); O’Grady et al (2021); Couto & Couto (2010)
Reivindicação de legislação e políticas rigorosas para desconstrução	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Políticas que favorecerão a recuperação e reutilização de materiais de construção 	Akbarieh et al (2020); Torgautov et al (2021)
Garantir a estabilidade da estrutura durante a desconstrução	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Projeto de fundação robusta; ➤ Projetar estruturas de suporte que possam ser escoradas e adaptadas com segurança e facilidade 	Rockow et al (2021); Akinade et al (2017); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Hosey et al (2015); Debacker et al (2007)

Dimensionar componentes de acordo com o meio de manuseio	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Visar a facilidade de armazenamento e transporte (tamanho e peso de manuseio); ➤ Preferir a utilização de <i>frames</i> como sistema estrutural; ➤ Preferir construção em aço 	Tingley & Davison (2011); Akinade et al (2017); Ostapska et al (2021); Akanbi et al (2019); Crowther (2016); Mattaraia et al (2023); Denis et al (2018)
Fornecer peças de reposição e devido armazenamento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Capacidade de reserva nos sistemas prediais 	Tingley & Davison (2011); Ladinski (2017); Jayasinghe & Waldmann (2020); Crowther (2016); Eberhardt et al (2018); Couto & Couto (2010)

Adaptabilidade (AD)		
Edifício Aberto	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Layouts de plano aberto; ➤ Estrutura capaz de cobrir vãos variados e proporcionar diversas plantas possíveis; 	Crowther (2018); Tarpio et al (2022); Rockow et al (2021); Geldermansa (2016); Akinade et al (2017); Isiadinso, et al (2006); Askar et al (2022); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Ladinski (2017); Jaillon & Poon (2014); Crowther (2016); Munaro et al (2022); Couto & Couto (2010)
Grades estruturais coordenadas	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilização de sistemas estruturais simples, regulares e padronizados 	Machado et al (2018); Tarpio et al (2022); Rockow et al (2021); Pittri et al (2023); Kanters (2018); Ladinski (2017); Crowther (2022); Jaillon & Poon (2014); Crowther (2016); Couto & Couto (2010)
Camadas multifuncionais	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Uso de pilares e vigas em vez de paredes estruturais interiores; ➤ Divisórias interiores móveis; ➤ Divisórias interiores desmontáveis; ➤ Elementos que podem funcionar com múltiplos usos 	Tarpio et al (2022); Rockow et al (2021); Brigante et al (2022); Ladinski (2017); Hosey et al (2015); Rasmussen et al (2020); Mostafa et al (2022)
Aumentar a previsibilidade do layout	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Trabalhar com cenários pode abrir caminho para soluções que prolongarão a vida útil do edifício 	Rockow et al (2021); Kanters (2018)
Capacidade de reserva nos sistemas prediais	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Espaço de teto superdimensionado; ➤ Aumento da altura do piso a piso; ➤ Vigas longas para permitir flexibilidade de uso ➤ Fornecimento de carga de energia extra e capacidade de água ➤ Fornecimento de pontos extras de elétrica, lógica, água e esgoto 	Rockow et al (2021); Brigante et al (2022); Ladinski (2017); Tirelli & Besana (2023); Broniewicz & Broniewicz (2020)
Camadas independentes	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Envoltória independente da estrutura; ➤ Núcleos centrais; ➤ Móveis não fixos; ➤ Soluções que facilitam a transformação dos serviços prediais (elétricos; sistemas, dutos de ventilação), como pisos de acesso 	Rockow et al (2021)
Uso de conexões reversíveis	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Utilização de conexões mecânicas; ➤ Evitar ligações químicas (por exemplo, adesivos e revestimentos); 	Basta et al (2020); Kim and Kim (2023); Crowther (2018); Calderini and Guy (2017); Keena et al (2022); Rockow et al (2021); Sassi (2008); Jockwer et al (2020); Tleuken et al (2022); Toniolo et al (2021); Rios et al (2021); Nordby et al (2009); Tingley & Davison (2011); Akinade et al (2017); Rios & Grau

	<p>► Utilização de componentes de construção intercambiáveis</p>	<p>(2020); Rios et al (2015); Piccardo & Hughes (2022); Pittri et al (2023); Gillott et al (2023); Motahar et al (2023); Zoghi et al (2022); Vandervaeren et al (2022); Isiadinso, et al (2006); Kanters (2018); Fatourou-Sipsi & Symeonidou (2021); Joensuu et al (2022); Mrkonjic (2007); Crowther (2022); Debacker et al (2007); Jaillon and Poon (2014); Eckelman et al (2018); Arrigoni et al (2018); Dahy (2019); Arisya & Suryantini (2021); Crowther (2016); Tirelli & Besana (2023); Pongiglione et al (2021); Paduart et al (2011); Nordby et al (2009); Broniewicz & Broniewicz (2020); Vandenbroucke et al (2013); Denis et al (2018); Akinade et al (2015); Besana & Tirelli (2022); Mattaraia et al (2023); Broniewicz & Broniewicz (2020); Munaro et al (2022); Charef et al (2022); Akinade et al (2015); Couto & Couto (2010)</p>
<p>Projetar fundação robusta</p>	<p>► Fundações para permitir possíveis expansões verticais do edifício</p>	<p>Pittri et al (2023); Khadim et al (2022); Rockow et al (2021)</p>

APÊNDICE B – Avaliação dos cenários de Fim de Vida (FdV)

AVALIAÇÃO DOS CENÁRIOS DE FDV PARA O CASO 1

Sistema	Conexão	Cenários de FdV				
		Método	Processo	Morfologia	Estratégia	Potencial
1. Estrutural						
1.1. Fundação						
Estaca e blocos de concreto	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
1.2 Superestrutura						
Concreto armado in loco	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Contrapiso	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
2. Arquitetura						
2.1 Cobertura						
Tesouras e terças (metálico)	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
Calhas e rufos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Alto
Telhas de fibrocimento	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reciclagem	Baixo
2.2 Vedação vertical externa						
Alvenaria + reboco 2cm + pintura acrílica	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Esquadrias de alumínio	Química/ aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
2.3 Vedação vertical interna						
Alvenaria + reboco 2cm + pintura acrílica	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Revestimento cerâmico	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Portas de madeira	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
2.4 Pisos						
Porcelanato	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
3. Instalações						
3.1 Sistema elétrico						
Eletrodutos embutidos em pisos	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Eletrodutos embutidos em paredes	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Eletrodutos aparentes	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Eletrocalha aparente	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Cabos elétricos	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material amorfo	Reciclagem	Regular
Caixas de inspeção	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Quadros elétricos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
Tomadas e interruptores	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Luminárias	Aparafusada	Desmontagem	Manual	Componente	Reutilização	Regular
3.2 Sistema hidráulico						
Tubulação embutida em piso	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular

Tubulação embutida em parede	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Caixas de passagem	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Registros em geral	Encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Canoplas, toalheiros, papeleiras, entre outros	Aparafusada/ encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Espelhos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Bacias/ lavatórios	Aparafusada/ química	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Metais	Aparafusada/ encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reciclagem	Regular
Bancadas de granito + mão francesa	Aparafusada/ Química	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Alto

AVALIAÇÃO DOS CENÁRIOS DE FDV PARA O CASO 2

Sistema	Conexão	Cenários de FdV				
		Método	Processo	Morfologia	Estratégia	Potencial
1. Estrutural						
1.1. Fundação						
Laje radier e baldrame	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
1.2 Superestrutura						
Perfis guia e montantes	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Alto
Contrapiso	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
2. Arquitetura						
2.1 Cobertura						
Tesouras e terças	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
Calhas e rufos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Alto
Telhas termoacústicas	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Perfis metálicos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Alto
Placa OSB	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Placa XPS	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Manta PVC	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
2.2 Vedação vertical externa						
Isolante	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Baixo
Placas OSB + selante + verniz	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Baixo
Manta hidrófuga	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Siding de madeira + pintura	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reciclagem	Alto
Esquadrias de alumínio	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
2.3 Vedação vertical interna						
Isolante	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Baixo
Placas OSB + selante + verniz	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Baixo
Revestimento cerâmico	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Portas de madeira	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
2.4 Pisos						
Piso laminado	Encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Porcelanato	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
3. Instalações						

3.1 Sistema elétrico						
Eletrodutos embutidos em pisos	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Eletrodutos embutidos em paredes	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Alto
Eletrodutos aparentes	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Eletrocalha aparente	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Cabos elétricos	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material amorfo	Reciclagem	Regular
Caixas de inspeção	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Quadros elétricos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
Tomadas e interruptores	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Luminárias	Aparafusada	Desmontagem	Manual	Componente	Reutilização	Regular
3.2 Sistema hidráulico						
Tubulação embutida em piso	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Tubulação embutida em parede	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Alto
Caixas de passagem	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Registros em geral	Encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Canoplas, toalheiros, papeleiras, entre outros	Aparafusada/ encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Espelhos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Bacias/ lavatórios	Aparafusada/ química	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Metais	Aparafusada/ encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reciclagem	Regular
Bancadas de granito + mão francesa	Aparafusada/ Química	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Alto

AValiação dos Cenários de FdV para o Caso 3

Sistema		Conexão	Cenários de FdV				
			Método	Processo	Morfologia	Estratégia	Potencial
1. Estrutural							
1.1. Fundação							
Estaca e blocos de concreto		Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
1.2 Superestrutura							
Perfis em aço carbono zincado + pintura esmalte	Base (aço + pintura)	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
	Colunas (aço + pintura)	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
	Vigamento superior (aço + pintura)	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Piso em estrutura metálica contraplacado painel wall	Perfis metálicos (aço)	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Alto
	Chapas de painel wall (chapas cimentícias com preenchimento interno em madeira laminada) 40mm + manta vinílica	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reciclagem	Regular
Contrapiso		Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
2. Arquitetura							
2.1 Cobertura							
Tesouras e terças (metálico)		Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
Calhas e rufos		Aparafusada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Alto
Telhas termoacústicas		Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
2.2 Vedação vertical externa							
Placas WWCB (Wood Wool Cement Board) - placas cimentícias de madeira mineralizada 50mm + graute (vedação) + argamassa + textura tipo grafiato + tinta acrílica (revestimento externo)		Encaixada/química	Desconstrução/demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado/material amorfo	Reciclagem	Regular
Esquadrias de alumínio		Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
2.3 Vedação vertical interna							
Placas WWCB (Wood Wool Cement Board) - placas cimentícias de madeira mineralizada 50mm + graute (vedação) + argamassa + tinta acrílica (revestimento interno)		Encaixada/química	Desconstrução/demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado/material amorfo	Reciclagem	Regular
Revestimento cerâmico		Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo

Portas de madeira	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
2.4 Pisos						
Manta vinílica + adesivo PVA	Química	Demolição seletiva	Manual	Material amorfo	Reciclagem	Regular
3. Instalações						
3.1 Sistema elétrico						
Eletrodutos aparentes	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Eletrocalha aparente	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Cabos elétricos	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material amorfo	Reciclagem	Regular
Caixas de inspeção	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Quadros elétricos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
Tomadas e interruptores	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Luminárias	Aparafusada	Desmontagem	Manual	Componente	Reutilização	Regular
3.2 Sistema hidráulico						
Tubulação embutida em piso	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Tubulação embutida em parede	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Alto
Caixas de passagem	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Registros em geral	Encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Canoplas, toalheiros, papeleiras, entre outros	Aparafusada/ encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Espelhos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Bacias/ lavatórios	Aparafusada/ química	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Metais	Aparafusada/ encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reciclagem	Regular
Bancadas de granito + mão francesa	Aparafusada/ Química	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Alto

AVALIAÇÃO DOS CENÁRIOS DE FDV PARA O CASO 4

Sistema	Conexão	Cenários de FdV				
		Método	Processo	Morfologia	Estratégia	Potencial
1. Estrutural						
1.1. Fundação						
Estaca e blocos de concreto	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
1.2 Superestrutura						
Concreto armado in loco	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Contrapiso	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
2. Arquitetura						
2.1 Cobertura						
Tesouras e terças (metálico)	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
Calhas e rufos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Material elaborado	Reciclagem	Alto
Telhas de fibrocimento	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reciclagem	Baixo
2.2 Vedação vertical externa						
Alvenaria + reboco 2cm + textura acrílica	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Esquadrias de alumínio	Química/ aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
2.3 Vedação vertical interna						
Alvenaria + reboco 2cm + pintura acrílica	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Revestimento cerâmico	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Portas de madeira	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
2.4 Pisos						
Granitina	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Piso em cimento alisado e desempenado	Química	Demolição destrutiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
3. Instalações						
3.1 Sistema elétrico						
Eletrodutos embutidos em pisos	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Eletrodutos embutidos em paredes	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Eletrodutos aparentes	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Eletrocalha aparente	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Cabos elétricos	Encaixada	Desconstrução	Manual	Material amorfo	Reciclagem	Regular
Caixas de inspeção	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Quadros elétricos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Elemento construtivo	Reutilização	Regular
Tomadas e interruptores	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Luminárias	Aparafusada	Desmontagem	Manual	Componente	Reutilização	Regular

3.2 Sistema hidráulico						
Tubulação embutida em piso	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Tubulação embutida em parede	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material elaborado	Reciclagem	Regular
Caixas de passagem	Química	Demolição seletiva	Mecânico	Material amorfo	Reciclagem	Baixo
Registros em geral	Encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Canoplas, toalheiros, papeleiras, entre outros	Aparafusada/ encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Espelhos	Aparafusada	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Baixo
Bacias/ lavatórios	Aparafusada/ química	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Regular
Metais	Aparafusada/ encaixada	Desconstrução	Manual	Componente	Reciclagem	Regular
Bancadas de granito + mão francesa	Aparafusada/ Química	Desconstrução	Manual	Componente	Reutilização	Alto

APÊNDICE C – Aplicação do Formulário de Verificação (estudos de caso)

**FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A
CASO 1 – ESTUDO PRELIMINAR**

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/ não verificado	Não se Aplica	Observações
A) Avaliações preliminares	a.1) Banco de materiais (BM)	Identificar se há legislação vigente ou projeto de BM no município ou região	EC			●		A Lei nº 1790/2008 do Município de Santa Helena institui a criação do BM, porém não foi verificada possibilidade de utilização
		Identificar a existência de BMs locais e a viabilidade para utilização	EC			●		
	a.2) Planejamento da Vida Útil de Projeto (VUP) de acordo com NBR 15575/2021	Especificar valor teórico para VUP para cada um dos sistemas, não inferior aos estabelecidos pela NBR 15575/2021	C&R			●		
B) Estrutura	b.1) Fundação	Prever fundação robusta	IN, AD			●		Não há previsão de sobrecarga na fundação, considerando uma futura expansão de pavimentos superiores
	b.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD	●				Os vãos entre os pilares possuem tamanhos que permitem certa flexibilidade de layout, porém as linhas centrais de pilares prejudicam esse princípio
		Prever estrutura capaz de cobrir vãos variados e fornecer flexibilidade e reversibilidade de layout	AD		●			
		Prever geometrias simples de estruturas	SI	●				
C) Arquitetura	c.1) Volumetrias	Prever o uso de formas e geometrias simples para volumetrias	SI	●				
	c.2) Organização e Dimensionamento de Espaços Internos - Layout	Prever layout modular	PA, AD	●				
		Favorecer layouts de plano aberto	AD		●			Não houve demanda de uso para o pav. Térreo no primeiro uso, por isso o layout foi planejado sem partições. No entanto o pavimento superior apresenta partições dos ambientes com sistema que não permite flexibilidade e reversibilidade.
		Prever cenários possíveis de layouts visando a flexibilidade e reversibilidade	IN, AD			●		
		Prever rotas de serviço	AC			●		Apesar de espaços dedicados às áreas de serviço/shafts, o projeto não identifica o acesso aos sistemas
		Prever amplo pé-direito que permita expansão de área se necessário	IN, AD			●		Projeto sem previsão de expansão
		Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado	AC			●		Não foi determinado o tempo de vida dos elementos.
		Prever mobiliário não fixo	IN, AD	●				
	Prever espaço físico suficiente para a desmontagem	SD				■	Projeto sem previsão de desmontagem	
	c.3) Sistemas - Coberturas, vedações, partições internas, esquadrias, forros e pisos	Prever sistemas em camadas	IN			●		Projeto sem planejamento em camadas
Prever sistemas independentes		IN			●		Em geral os sistemas são interdependentes	
Prever desmontagem paralela dos sistemas		IN			●		Projeto sem previsão de desmontagem	
D) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	d.1) Sistemas - Tubulações, canaletas, equipamentos	Dedicar área/volume específico para a zona do sistema (ex.: shafts, áreas técnicas)	IN, AC	●				

**FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A
CASO 1 – PROJETO EXECUTIVO**

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/ não verificado	Não se Aplica	Observações
F) Estrutura	f.1) Fundação	Fundação robusta que suporte sobrecargas relacionadas às possíveis alterações ao longo da VUP	IN, SD			●		Não há previsão de sobrecarga na fundação, considerando uma futura expansão de pavimentos superiores
	f.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD	●				
		Prever sistemas estruturais simples, regulares e padronizados	PA, AD	●				
		Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA				●	Estrutura em concreto armado
		Utilizar estruturas de suporte que possam ser escoradas e adaptadas com segurança e facilidade	SD	●				
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD				●	
		Utilizar conexões reversíveis	IN				●	
		Utilizar conexões acessíveis	AC				●	
		Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC				●	Estrutura em concreto armado, não possui conexões
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
		Favorecer utilização de materiais renováveis como a madeira, ou recicláveis como o aço	EC				●	Estrutura em concreto armado
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●				
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC				●	Não verificado
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD				●	
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC				●	O sistema construtivo demanda quantidade considerável de material
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●				
		Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●				
		Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA				●	
		Prever sistemas independentes	IN				●	Depende da disposição das tubulações e eletrodutos que passam pela cobertura
		Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: cobertura retrátil)	AD				●	
		Prever espaço amplo de cobertura que permita instalação de sistemas e equipamentos	AD	●				
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD				●	
		Utilizar conexões reversíveis	IN				●	
		Utilizar conexões acessíveis	AC				●	Aplicável apenas às conexões das telhas
		Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC				●	Não verificado
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				

g.1) Cobertura	Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC		●			Aplicável apenas à estrutura metálica (reciclável)	
	Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC			●			
	Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC		●			Aplicável às estrutura metálica	
	Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●			
	Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●		Não verificado	
	Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD		●				
	Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●					
	Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●					
	Evitar acabamentos secundários	EV, SD		●			Pintura esmalte e tratamento antiferruginoso na estrutura metálica. Acabamento de difícil remoção	
	Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD			●			
	g.3) Vedações externas	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●				
		Utilizar vedação externa independente da superestrutura	IN			●		
		Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: fachada ventilada, paredes verdes)	AD			●		
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD			●		
		Evitar sistemas compostos	IN, SD			●		
		Utilizar sistemas em quadros (frames)	IN, SD			●		
		Especificar esquadrias que possam ser removidas com facilidade e segurança	IN, SD		●			Para remoção da esquadria é necessário a demolição da estrutura adjacente
		Especificar e detalhar camadas das vedações	IN			●		
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD			●		
		Utilizar conexões reversíveis	IN			●		
Utilizar conexões acessíveis		AC			●			
Projetar conexões para resistir ao uso repetido		EC			●			
Evitar materiais tóxicos e perigosos		SD	●					
Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis		EC		●			Aplicável às esquadrias	
Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados		EC			●			
Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis		EC	●					
Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis		EC			●			
Privilegiar o uso de materiais de origem local		EC			●			
Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD			●				
Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC			●				
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI			●				
Evitar acabamentos secundários	EV			●				

G) Arquitetura		Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	SD			●		
	g.4) Partições internas	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●				
		Prever sistemas independentes	IN				●	
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD				●	
		Utilizar sistemas em quadros (frames)	IN, SD				●	
		Evitar sistemas compostos	IN, SD				●	
		Especificar e detalhar camadas das partições	IN				●	
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD				●	
		Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: divisórias móveis)	AD				●	
		Utilizar conexões reversíveis	IN				●	
		Utilizar conexões acessíveis	AC				●	
		Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC				●	
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC		●			
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●				
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD				●	
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC				●	
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI				●	
		Evitar acabamentos secundários	EV				●	
		Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	SD				●	
	Prever divisórias internas móveis	AD				●		
	Prever partições internas desmontáveis	AD				●		
		Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●				
		Prever sistemas independentes	IN				●	
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD				●	
		Evitar sistemas compostos	IN, SD				●	
		Especificar e detalhar camadas dos pisos	IN				●	
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD				●	
		Utilizar conexões reversíveis	IN				●	
		Utilizar conexões acessíveis	AC				●	
Projetar conexões para resistir ao uso repetido		EC				●		
Evitar materiais tóxicos e perigosos		SD	●					

	g.5) Pisos	Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC		●			
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●				
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD			●		
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC			●		
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI			●		
		Evitar acabamentos secundários	EV			●		
		Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	SD			●		
	g.6) Forros	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●				
		Prever sistemas independentes	IN	●				
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD	●				
		Evitar sistemas compostos	IN, SD		●			Aplicável ao forro em placas de isopor
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●				
		Especificar e detalhar camadas dos forros	IN			●		
		Utilizar conexões reversíveis	IN		●			Aplicável ao forro em placas de isopor
		Utilizar conexões acessíveis	AC		●			
		Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC			●		
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC	●				
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC		●			
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●				
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC		●			
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI		●			
		Evitar acabamentos secundários	EV		●			Aplicável ao forro em placas de isopor
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	SD		●					
h.1) Sistemas	Prever sistemas aparentes e acessíveis	AC		●				
	Prever núcleos centrais para sistemas	IN, AD	●					
	Prever sistemas independentes	IN		●				

H) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	h.2) Redes	Prever fornecimento extra de carga de energia	AD			●		
		Prever capacidade extra de abastecimento de água				●		
		Prever pontos extras de fornecimento de energia e lógica	AD			●		
		Prever pontos extras de fornecimento de água e esgoto	AD			●		
	h.3) Materiais e componentes	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD			●		
		Utilizar conexões reversíveis	IN		●			
		Utilizar conexões acessíveis	AC		●			
		Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC			●		
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC		●			
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC		●			
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●				
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC		●			
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI		●			
		Evitar acabamentos secundários	EV		●			
		Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	SD		●			

**FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A
CASO 1 – PLANO DE DESCONSTRUÇÃO**

Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende	Não se Aplica	Observações	
I) Vida Útil e durabilidade	i.1) Identificar a vida útil dos diferentes elementos e componentes	SD, C&R			●			
	i.2) Determinar a VUP do edifício e dos sistemas	EC, C&R			●			
J) Dados Técnicos	j.1) Fornecer um inventário completo de todos os materiais e componentes utilizados no edifício	C&R	●				Atende parcialmente pelo Caderno de Encargos	
	j.2) Identificação padronizada de materiais e componentes	PA, C&R			●			
	j.3) Fornecer Manual de uso, operação e manutenção da edificação, conforme NBR 14037/2014	C&R			●			
k) Gerenciamento e Logística	k.1) Materiais e componentes	k.1.1) Prever fácil armazenamento e transporte de elementos (tamanho e peso de manuseio)	PA, C&R			—		
		k.1.2) Prever peças de reposição e devido armazenamento	C&R			—		
		k.1.3) Determinar estratégias para o local, transporte e gerenciamento de resíduos conforme previsto no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)	C&R	●				
	k.2) Desmontagem	k.2.1) Fornecer instruções de desmontagem para componentes e sistemas, e os pontos de desmontagem	SD, C&R			●		
		k.2.2) Planejamento da sequência de desmontagem	SD, C&R			●		
		k.2.3) Utilizar BIM para simular o processo de desmontagem do edifício	SD, C&R			●		
		k.2.4) Reservar tempo extra no cronograma para garantir que o PpD seja incorporado	C&R			●		
	k.3) Gestão	k.3.1) Iniciativas e treinamentos - motivação para trabalhar com PpD/A	C&R				—	
		k.3.2) Implantação de sistema de gestão de manutenção, conforme NBR 5674	EC, C&R				—	
	L) Documentos e permissões	l.1) Assegurar que o projeto esteja em conformidade com códigos e normas	PA, C&R	●				
l.2) Assegurar a existência de um conjunto integrado de desenhos "as built"		SD, C&R	●					
M) Recuperação e Reciclagem	m.1) Prever cenários de FdV visando o potencial de recuperação dos materiais e componentes	EC, C&R			●			
	m.2) Identificar os elementos com potencial de recuperação e reciclagem	EC, C&R			●			
	m.3) Identificar e isolar elementos que não podem ser recuperados ou removidos	EC, C&R			●			
	m.4) Identificar elementos recuperados ou reciclados	EC, C&R			●			
	m.5) Fornecer instruções sobre reutilização e reciclagem	EC, C&R			●			
	m.6) Fornecer rastreabilidade do produto (reutilizado, reciclado, etc) e garantia	EC, C&R			●			

**FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A
CASO 2 – ESTUDO PRELIMINAR**

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/ não verificado	Não se Aplica	Observações
A) Avaliações preliminares	a.2) Planejamento da Vida Útil de Projeto (VUP) de acordo com NBR 15575/2021	Especificar valor teórico para VUP para cada um dos sistemas, não inferior aos estabelecidos pela NBR 15575/2021	C&R			●		
B) Estrutura	b.1) Fundação	Prever fundação robusta	IN, AD			●		Fundação rasa. Não há previsão de sobrecarga na fundação, considerando uma futura expansão de pavimentos superiores
	b.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD			●		Apesar da estrutura permitir a independência das partições internas, a geometria compartimentada dificulta a variação de layouts.
		Prever estrutura capaz de cobrir vãos variados e fornecer flexibilidade e reversibilidade de layout	AD		●			
		Prever geometrias simples de estruturas	SI	●				
C) Arquitetura	c.1) Volumetrias	Prever o uso de formas e geometrias simples para volumetrias	SI	●				
	c.2) Organização e Dimensionamento de Espaços Internos - Layout	Prever layout modular	PA, AD			●		
		Favorecer layouts de plano aberto	AD				■	
		Prever cenários possíveis de layouts visando a adaptabilidade	IN, AD			●		Não foram avaliadas outras possibilidades de layout ou uso
		Prever rotas de serviço	AC				■	
		Prever amplo pé-direito que permita expansão de área se necessário	IN, AD			●		Projeto sem previsão de expansão
		Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado	AC			●		Não foi determinado o tempo de vida dos elementos e organização hierárquica
		Prever mobiliário não fixo	IN, AD	●				
	Prever espaço físico suficiente para a desmontagem	SD				■	Projeto sem previsão de desmontagem	
	c.3) Sistemas - Coberturas, vedações, partições internas, esquadrias, forros e pisos	Prever sistemas em camadas	IN	●				
Prever sistemas independentes		IN	●					
Prever desmontagem paralela dos sistemas		IN				■	Projeto sem previsão de desmontagem	
D) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	d.1) Sistemas - Tubulações, canaletas, equipamentos	Dedicar área/volume específico para a zona do sistema (ex.: shafts, áreas técnicas)	IN, AC		●		Área específica para caixas d'água e barrilete	

FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A CASO 2 – PROJETO EXECUTIVO								
Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/ não verificado	Não se Aplica	Observações
F) Estrutura	f.1) Fundação	Fundação robusta que suporte sobrecargas relacionadas às possíveis alterações ao longo da VUP	IN, SD			●		Não há previsão de sobrecarga na fundação, considerando uma futura expansão de pavimentos superiores
	f.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD			●		
		Prever sistemas estruturais simples, regulares e padronizados	PA, AD	●				
		Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA	●				Steel frame
		Utilizar sistema que possa ser escorado e adaptado com segurança e facilidade	SD	●				
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●				
		Utilizar conexões reversíveis	IN	●				
		Utilizar conexões acessíveis	AC	●				
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC	●				
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
		Favorecer utilização de materiais renováveis como a madeira, ou recicláveis como o aço	EC	●				
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●				
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC				●	Não verificado
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●				
Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●						
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI			●				
		Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●				
		Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA	●				
		Prever sistemas independentes	IN	●				
		Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: cobertura retrátil)	AD				●	
		Prever espaço amplo de cobertura que permita instalação de sistemas e equipamentos	AD	●				Caixa d'água e barrilete Cobertura aparente que permite a passagem e acesso a sistemas
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●				
		Utilizar conexões reversíveis	IN	●				
		Utilizar conexões acessíveis	AC	●				
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC	●				
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				

C) Arquitetura	g.1) Cobertura	Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC	●					
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC				●		
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●					Aplicável à estrutura metálica
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC				●		
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC				●		Não verificado
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●					
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●					
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●					
		Evitar acabamentos desnecessários	EV, SD	●					
		Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD			●			
	g.3) Vedações externas	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●					
		Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA	●					
		Utilizar vedação externa independente da superestrutura	IN	●					
		Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: fachada ventilada, paredes verdes)	AD				●		
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD	●					
		Evitar sistemas compostos	IN, SD			●			
		Utilizar sistemas em quadros (frames)	IN, SD	●					
		Especificar esquadrias que possam ser removidas com facilidade e segurança	IN, SD	●					Para remoção da esquadria é necessário a demolição da estrutura adjacente
		Especificar e detalhar camadas das vedações	IN	●					
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●					
		Utilizar conexões reversíveis	IN	●					
		Utilizar conexões acessíveis	AC	●					
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC	●					
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●					
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC	●					
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC					●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC			●			As placas e elementos de vedação possuem ciclos menores que a estrutura da edificação
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●			Utilização de placas de madeira (renováveis)
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC					●	Não verificado
Privilegiar o uso de materiais e componentes leves		SI, SD	●						
Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●							
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI			●			O sistema utilizado possui variedade considerável de tipos de materiais e componentes		

G) Arquitetura		Evitar acabamentos desnecessários	EV	●			
		Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD	●			
	g.4) Partições internas	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●			
		Prever sistemas independentes	IN	●			
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD	●			
		Utilizar sistemas em quadros (frames)	IN, SD	●			
		Evitar sistemas compostos	IN, SD	●			
		Especificar e detalhar camadas das partições	IN	●			
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●			
		Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: divisórias móveis)	AD			●	
		Utilizar conexões reversíveis	IN	●			
		Utilizar conexões acessíveis	AC	●			
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC	●			
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●			
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC	●			
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC			●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC		●		As placas e elementos de vedação possuem ciclos menores que a estrutura da edificação
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC		●		Utilização de placas de madeira (renováveis)
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●	Não verificado
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●			
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●			
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI		●		O sistema utilizado possui variedade considerável de tipos de materiais e componentes
	Evitar acabamentos desnecessários	EV	●				
	Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD	●				
	Prever divisórias internas móveis	AD			●		
	Prever partições internas desmontáveis	AD	●				
		Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●			
		Prever sistemas independentes	IN		●		
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD		●		Aplicável apenas ao piso laminado
		Evitar sistemas compostos	IN, SD			●	
		Especificar pisos em camadas independentes	IN	●			
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●			
		Utilizar conexões reversíveis	IN		●		
Utilizar conexões acessíveis		AC		●			

	g.5) Pisos (acabamento)	Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC		●			Aplicável apenas ao piso laminado
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC		●			Aplicável apenas ao piso laminado
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC		●			
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC		●			Aplicável apenas ao piso laminado
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●		Não verificado
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD		●			Aplicável apenas ao piso laminado
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC		●			
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI		●			
		Evitar acabamentos desnecessários	EV	●				
		Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD		●			
		H) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	h.1) Sistemas	Prever sistemas aparentes e acessíveis	AC	●		
Prever núcleos centrais para sistemas	IN, AD					●		
Prever sistemas independentes	IN			●				
h.2) Redes	Prever fornecimento extra de carga de energia		AD			●		
	Prever capacidade extra de abastecimento de água		AD			●		
	Prever pontos extras de fornecimento de energia e lógica		AD	●				Foram previstos mais pontos do que o necessário para o uso previsto
	Prever pontos extras de fornecimento de água e esgoto		AD			●		
h.3) Materiais e componentes	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte		PA, SD	●				
	Utilizar conexões reversíveis		IN	●				
	Utilizar conexões acessíveis		AC	●				
	Utilizar conexões que resistam ao uso repetido		EC		●			
	Evitar materiais tóxicos e perigosos		SD	●				
	Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis		EC		●			
	Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados		EC			●		
	Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis		EC		●			
	Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis		EC			●		
	Privilegiar o uso de materiais de origem local		EC			●		
	Privilegiar o uso de materiais e componentes leves		SI, SD	●				
	Reduzir o número de materiais e componentes		SI, EC	●				
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●						
Evitar acabamentos desnecessários	EV	●						
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD	●						

**FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A
CASO 2 – PLANO DE DESCONSTRUÇÃO**

Elementos de análise		Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende	Não se Aplica	Observações	
I) Vida Útil e durabilidade		i.1) Identificar a vida útil dos diferentes elementos e componentes	SD, C&R			●			
		i.2) Determinar a VUP do edifício e dos sistemas	EC, C&R			●			
J) Dados Técnicos		j.1) Fornecer um inventário completo de todos os materiais e componentes utilizados no edifício	C&R	●					
		j.2) Identificação padronizada de materiais e componentes	PA, C&R		●				
		j.3) Fornecer Manual de uso, operação e manutenção da edificação, conforme NBR 14037/2014	C&R			●			
k) Gerenciamento e Logística	k.1) Materiais e componentes	k.1.1) Prever fácil armazenamento e transporte de elementos (tamanho e peso de manuseio)	PA, C&R	●					
		k.1.2) Prever peças de reposição e devido armazenamento	C&R		●			Previsão de peças de reposição, porém sem previsão de armazenamento	
		k.1.3) Determinar estratégias para o local, transporte e gerenciamento de resíduos conforme previsto no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)	C&R	●					
	k.2) Desmontagem	k.2.1) Fornecer instruções de desmontagem para componentes e sistemas, e os pontos de desmontagem	SD, C&R				●		
		k.2.2) Planejamento da sequência de desmontagem	SD, C&R				●		
		k.2.3) Utilizar BIM para simular o processo de desmontagem do edifício	SD, C&R				●		
		k.2.4) Reservar tempo extra no cronograma para garantir que o PpD seja incorporado	C&R				●		
	k.3) Gestão	k.3.1) Iniciativas e treinamentos - motivação para trabalhar com PpD/A	C&R				●		
		k.3.2) Implantação de sistema de gestão de manutenção, conforme NBR 5674	EC, C&R				●		
	L) Documentos e permissões		l.1) Assegurar que o projeto esteja em conformidade com códigos e normas	PA, C&R	●				
		l.2) Assegurar a existência de um conjunto integrado de desenhos "as built"	SD, C&R	●					
		m.1) Prever cenários de FdV visando o potencial de recuperação dos materiais e componentes	EC, C&R			●			
		m.2) Identificar os elementos com potencial de recuperação e reciclagem	EC, C&R			●			

M) Recuperação e Reciclagem	m.3) Identificar e isolar elementos que não podem ser recuperados ou removidos	EC, C&R			●		
	m.4) Identificar elementos recuperados ou reciclados	EC, C&R			●		
	m.5) Fornecer instruções sobre reutilização e reciclagem	EC, C&R			●		
	m.6) Fornecer rastreabilidade do produto (reutilizado, reciclado, etc) e garantia	EC, C&R			●		

**FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A
CASO 3 – ESTUDO PRELIMINAR**

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/não verificado	Não se Aplica	Observações
	a.1) Banco de materiais (BM)	Identificar se há legislação vigente ou projeto de BM no município ou região	EC					Não foi identificada a existência de Banco de Materiais no Município de Toledo
		Identificar a existência de BMs locais e a viabilidade para utilização	EC					
A) Avaliações preliminares	a.2) Planejamento da Vida Útil de Projeto (VUP) de acordo com NBR 15575/2021	Especificar valor teórico para VUP para cada um dos sistemas, não inferior aos estabelecidos pela NBR 15575/2021	C&R			●		
B) Estrutura	b.1) Fundação	Prever fundação robusta	IN, AD			●		Fundação rasa. Não há previsão de sobrecarga na fundação, considerando uma futura expansão de pavimentos superiores
	b.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD	●				
		Prever estrutura capaz de cobrir vãos variados e fornecer flexibilidade e reversibilidade de layout	AD	●				
		Prever geometrias simples de estruturas	SI	●				
C) Arquitetura	c.1) Volumetrias	Prever o uso de formas e geometrias simples para volumetrias	SI	●				
	c.2) Organização e Dimensionamento de Espaços Internos - Layout	Prever layout modular	PA, AD	●				
		Favorecer layouts de plano aberto	AD			●		O layout especificado não permite um plano aberto dos ambientes
		Prever cenários possíveis de layouts visando a adaptabilidade	IN, AD			●		Não foram avaliadas outras possibilidades de layout ou uso
		Prever rotas de serviço	AC				—	
		Prever amplo pé-direito que permita expansão de área se necessário	IN, AD			●		Projeto sem previsão de expansão
		Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado	AC			●		Não foi determinado o tempo de vida dos elementos e organização hierárquica
		Prever mobiliário não fixo	IN, AD	●				
	Prever espaço físico suficiente para a desmontagem	SD	●					
	c.3) Sistemas - Coberturas, vedações, partições internas, esquadrias, forros e pisos	Prever sistemas em camadas	IN			●		Falta detalhamento das camadas
Prever sistemas independentes		IN	●					
Prever desmontagem paralela dos sistemas		IN			●		Não previsto	
D) Instalações	d.1) Sistemas - Tubulações, canaletas, equipamentos	Dedicar área/volume específico para a zona do sistema (ex.: shafts, áreas técnicas)	IN, AC			●	Sem áreas técnicas	

**FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A
CASO 3 – PROJETO EXECUTIVO**

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/ não verificado	Não se Aplica	Observações
F) Estrutura	f.1) Fundação	Fundação robusta que suporte sobrecargas relacionadas às possíveis alterações ao longo da VUP	IN, SD			●		Não há previsão de sobrecarga na fundação, considerando uma futura expansão de pavimentos superiores
	f.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD	●				
		Prever sistemas estruturais simples, regulares e padronizados	PA, AD	●				
		Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA	●				
		Utilizar sistema que possa ser escorado e adaptado com segurança e facilidade	SD	●				
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●				
		Utilizar conexões reversíveis	IN	●				
		Utilizar conexões acessíveis	AC	●				
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC	●				
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
		Favorecer utilização de materiais renováveis como a madeira, ou recicláveis como o aço	EC	●				
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●				
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC				●	Não verificado
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●				
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●				
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●						
g.1) Cobertura	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●					
	Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA	●					
	Prever sistemas independentes	IN	●					
	Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: cobertura retrátil)	AD				●		
	Prever espaço amplo de cobertura que permita instalação de sistemas e equipamentos	AD				●	Sem espaço na cobertura	
	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●					
	Utilizar conexões reversíveis	IN	●					
	Utilizar conexões acessíveis	AC	●					
	Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC	●					
	Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●					
	Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC	●					
	Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC				●		

G) Arquitetura		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●					
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC				●		
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC				●	Não verificado	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●					
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●					
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●					
		Evitar acabamentos desnecessários	EV, SD	●					
		Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD			●			Pintura
	g.3) Vedação vertical externa	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA				●		Placas WWCB - não usuais no mercado
		Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA	●					
		Utilizar vedação externa independente da superestrutura	IN			●			O sistema utiliza um graute para junção das placas de vedação e fixação na estrutura
		Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: fachada ventilada, paredes verdes)	AD				●		
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD	●					
		Evitar materiais compostos	EC				●		O material das vedações é composto
		Utilizar sistemas em quadros (frames)	IN, SD	●					
		Especificar vedações em camadas independentes	IN	●					
		Especificar esquadrias que possam ser removidas com facilidade e segurança	IN, SD	●					
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●					
		Utilizar conexões reversíveis	IN				●		
		Utilizar conexões acessíveis	AC			●			O sistema utiliza um graute para junção das placas de vedação e fixação na estrutura
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC				●		
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●					
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC				●		Difícil separação dos materiais
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC				●		
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC			●			As placas e elementos de vedação possuem ciclos menores que a estrutura da edificação
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●			Placas com composição de madeira
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC				●		Não verificado
Privilegiar o uso de materiais e componentes leves		SI, SD	●						
Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●							
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●							
Evitar acabamentos desnecessários	EV	●							
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD	●							

g.4) Vedação vertical interna	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA			●		Placas WWCB - não usuais no mercado
	Prever sistemas independentes	IN	●				
	Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD	●				
	Utilizar sistemas em quadros (frames)	IN, SD	●				
	Evitar sistemas compostos	IN, SD				●	O material das vedações é composto
	Especificar e detalhar camadas das partições	IN	●				
	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●				
	Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: divisórias móveis)	AD				●	
	Utilizar conexões reversíveis	IN				●	
	Utilizar conexões acessíveis	AC			●		O sistema utiliza um graute para junção das placas de vedação e fixação na estrutura
	Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC				●	
	Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
	Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC			●		Difícil separação dos materiais
	Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC				●	
	Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC			●		
	Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●		Placas com composição de madeira
	Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC				●	Não verificado
	Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●				
	Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●				
	Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●				
	Evitar acabamentos desnecessários	EV	●				
	Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD	●				
	Prever divisórias internas móveis	AD				●	
	Prever partições internas desmontáveis	AD			●		Conexões químicas
	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●				
	Prever sistemas independentes	IN			●		
	Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD				●	Manta vinílica é fixada por adesivo PVA
	Evitar sistemas compostos	IN, SD			●		
	Especificar pisos em camadas independentes	IN	●				
	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●				
	Utilizar conexões reversíveis	IN				●	

g.5) Pisos (acabamento)	Utilizar conexões acessíveis	AC		●			Manta vinílica é fixada por adesivo PVA	
	Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC			●			
	Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●					
	Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC			●		Materiais de difícil separação	
	Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC			●			
	Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC		●				
	Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●			
	Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●		Não verificado	
	Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●					
	Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●					
	Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●					
	Evitar acabamentos desnecessários	EV	●					
	Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD				■	Sem tratamento de superfície	
	H) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	h.1) Sistemas	Prever sistemas aparentes e acessíveis	AC	●			
Prever núcleos centrais para sistemas			IN, AD				■	
Prever sistemas independentes			IN		●			Aplicável apenas ao sistema elétrico
h.2) Redes		Prever fornecimento extra de carga de energia	AD			●		
		Prever capacidade extra de abastecimento de água	AD			●		
		Prever pontos extras de fornecimento de energia e lógica	AD	●				Foram previstos mais pontos do que o necessário para o uso previsto
		Prever pontos extras de fornecimento de água e esgoto	AD			●		
h.3) Materiais e componentes		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●				
		Utilizar conexões reversíveis	IN		●			
		Utilizar conexões acessíveis	AC		●			
		Utilizar conexões que resistam ao uso repetido	EC		●			Aplicável apenas ao sistema elétrico
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC		●			
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC		●			
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●		Não verificado
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●				
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●				
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●						
Evitar acabamentos desnecessários	EV	●						
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD	●						

**FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A
CASO 3 – PLANO DE DESCONSTRUÇÃO**

Elementos de análise		Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende	Não se Aplica	Observações
I) Vida Útil e durabilidade	i.1) Identificar a vida útil dos diferentes elementos e componentes		SD, C&R			●		
	i.2) Determinar a VUP do edifício e dos sistemas		EC, C&R			●		
J) Dados Técnicos	j.1) Fornecer um inventário completo de todos os materiais e componentes utilizados no edifício		C&R		●			
	j.2) Identificação padronizada de materiais e componentes		PA, C&R		●			
	j.3) Fornecer Manual de uso, operação e manutenção da edificação, conforme NBR 14037/2014		C&R			●		
K) Gerenciamento e Logística	k.1) Materiais e componentes	k.1.1) Prever fácil armazenamento e transporte de elementos (tamanho e peso de manuseio)	PA, C&R	●				
		k.1.2) Prever peças de reposição e devido armazenamento	C&R			●		
		k.1.3) Determinar estratégias para o local, transporte e gerenciamento de resíduos conforme previsto no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)	C&R			●		Não houve elaboração de PGRCC
	k.2) Desmontagem	k.2.1) Fornecer instruções de desmontagem para componentes e sistemas, e os pontos de desmontagem	SD, C&R			●		Apesar de ser um sistema considerado desmontável, a empresa responsável não forneceu as instruções necessárias para viabilidade do processo
		k.2.2) Planejamento da sequência de desmontagem	SD, C&R			●		
		k.2.3) Utilizar BIM para simular o processo de desmontagem do edifício	SD, C&R			●		
		k.2.4) Reservar tempo extra no cronograma para garantir que o PpD seja incorporado	C&R			●		
	k.3) Gestão	k.3.1) Iniciativas e treinamentos - motivação para trabalhar com PpD/A	C&R			●		
		k.3.2) Implantação de sistema de gestão de manutenção, conforme NBR 5674	EC, C&R			●		
L) Documentos e permissões	l.1) Assegurar que o projeto esteja em conformidade com códigos e normas		PA, C&R		●		Projeto ainda não aprovado na Prefeitura Projeto aprovado no Corpo de Bombeiros, que fez apontamentos quanto ao material empregado nas paredes	
	l.2) Assegurar a existência de um conjunto integrado de desenhos "as built"		SD, C&R			●		
	m.1) Prever cenários de Fim de Vida, visando o potencial de recuperação dos materiais e componentes		EC, C&R			●		
	m.2) Identificar os elementos com potencial de recuperação e reciclagem		EC, C&R			●		

M) Recuperação e Reciclagem	m.3) Identificar e isolar elementos que não podem ser recuperados ou removidos	EC, C&R			●		
	m.4) Identificar elementos recuperados ou reciclados	EC, C&R			●		
	m.5) Fornecer instruções sobre reutilização e reciclagem	EC, C&R			●		
	m.6) Fornecer rastreabilidade do produto (reutilizado, reciclado, etc) e garantia	EC, C&R			●		

**FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A
CASO 4 – ESTUDO PRELIMINAR**

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/ não verificado	Não se Aplica	Observações
A) Avaliações preliminares	a.1) Banco de materiais (BM)	Identificar se há legislação vigente ou projeto de BM no município ou região	EC					Não foi identificada a existência de Banco de Materiais no Município de Apucarana.
		Identificar a existência de BMs locais e a viabilidade para utilização	EC					
	a.2) Planejamento da Vida Útil de Projeto (VUP) de acordo com NBR 15575/2021	Especificar valor teórico para VUP para cada um dos sistemas, não inferior aos estabelecidos pela NBR 15575/2021	C&R			●		
B) Estrutura	b.1) Fundação	Prever fundação robusta	IN, AD		●			Apesar de prevista fundação profunda, não há previsão de sobrecarga considerando uma futura expansão de pavimentos superiores
	b.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD	●				
		Prever estrutura capaz de cobrir vãos variados e fornecer flexibilidade e reversibilidade de layout	AD	●				
		Prever geometrias simples de estruturas	SI	●				
C) Arquitetura	c.1) Volumetrias	Prever o uso de formas e geometrias simples para volumetrias	SI	●				
	c.2) Organização e Dimensionamento de Espaços Internos - Layout	Prever layout modular	PA, AD	●				
		Favorecer layouts de plano aberto	AD		●			Aplicável ao salão do restaurante
		Prever cenários possíveis de layouts visando a adaptabilidade	IN, AD	●				Projeto previsto para execução em 3 etapas, visando a expansibilidade da edificação, conforme a demanda de uso
		Prever rotas de serviço	AC	●				
		Prever amplo pé-direito que permita expansão de área se necessário	IN, AD			●		Projeto sem previsão de expansão vertical
		Organizar os elementos em uma hierarquia de acesso relacionada ao tempo de vida esperado	AC			●		Não foi determinado o tempo de vida dos elementos.
		Prever mobiliário não fixo	IN, AD	●				
		Prever espaço físico suficiente para a desmontagem	SD				—	Projeto sem previsão de desmontagem
	c.3) Sistemas - Coberturas, vedações, partições internas, esquadrias, forros e pisos	Prever sistemas em camadas	IN			●		Projeto sem planejamento em camadas
Prever sistemas independentes		IN			●		Em geral os sistemas são interdependentes	
Prever desmontagem paralela dos sistemas		IN			●		Projeto sem previsão de desmontagem	
D) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	d.1) Sistemas - Tubulações, canaletas, equipamentos	Dedicar área/volume específico para a zona do sistema (ex.: shafts, áreas técnicas)	IN, AC	●				

**FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A
CASO 4 – PROJETO EXECUTIVO**

Etapas	Elementos de análise	Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende/ não verificado	Não se Aplica	Observações
F) Estrutura	f.1) Fundação	Fundação robusta que suporte sobrecargas relacionadas às possíveis alterações ao longo da VUP	IN, SD		●			Apesar de prevista fundação profunda, não há previsão de sobrecarga considerando uma futura expansão de pavimentos superiores
	f.2) Superestrutura	Prever grade estrutural padrão	PA, AD	●				
		Prever sistemas estruturais simples, regulares e padronizados	PA, AD	●				
		Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA			●		Estrutura em concreto armado
		Utilizar sistema que possa ser escorado e adaptado com segurança e facilidade	SD			●		
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD			●		
		Utilizar conexões reversíveis	IN				●	
		Utilizar conexões acessíveis	AC				●	
		Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC				●	Estrutura em concreto armado - conexões químicas
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
		Favorecer utilização de materiais renováveis como a madeira, ou recicláveis como o aço	EC				●	Estrutura em concreto armado
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●				
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC				●	Não verificado
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD				●	
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC				●	O sistema construtivo demanda quantidade considerável de material
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI				●			
g.1) Cobertura	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●					
	Favorecer a utilização de sistemas pré-fabricados	EC, IN, PA	●					
	Prever sistemas independentes	IN			●		Depende da disposição das tubulações e eletrodutos que passam pela cobertura	
	Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: cobertura retrátil)	AD				●		
	Prever espaço amplo de cobertura que permita instalação de sistemas e equipamentos	AD	●					
	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●					
	Utilizar conexões reversíveis	IN				●		
	Utilizar conexões acessíveis	AC				●	Aplicável apenas às conexões das telhas	
	Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC				●	Conexão da estrutura em solda metálica	
	Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●					
	Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC	●					

g.3) Vedação vertical externa	Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC			●		
	Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC		●			Aplicável à estrutura metálica
	Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●		
	Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●		Não verificado
	Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●				
	Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●				
	Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●				
	Evitar acabamentos desnecessários	EV, SD	●				
	Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD		●			Pintura esmalte e tratamento antiferruginoso
	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA		●			Alvenaria
	Utilizar vedação externa independente da superestrutura	IN			●		
	Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: fachada ventilada, paredes verdes)	AD			●		
	Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD			●		Sistema de fabricação in loco, composto por elementos com conexão química e camadas interdependentes
	Evitar sistemas compostos	IN, SD			●		
	Utilizar sistemas em quadros (frames)	IN, SD			●		
	Especificar vedações em camadas independentes	IN			●		
	Especificar esquadrias que possam ser removidas com facilidade e segurança	IN, SD			●		Para remoção da esquadria é necessário a demolição da estrutura adjacente
	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●				
	Utilizar conexões reversíveis	IN			●		
	Utilizar conexões acessíveis	AC			●		
	Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC			●		
	Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
	Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC		●			Baixo potencial
	Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC			●		
	Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●				
	Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●		
	Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●		Não verificado
	Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD			●		
	Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC			●		
Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI		●				
Evitar acabamentos desnecessários	EV, SD	●					
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD			●			

G) Arquitetura	g.4) Vedação vertical interna	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA		●			Alvenaria	
		Prever sistemas independentes	IN			●			
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD			●			
		Utilizar sistemas em quadros (frames)	IN, SD			●			
		Evitar sistemas compostos	IN, SD			●		Sistema de fabricação in loco, composto por elementos com conexão química e camadas interdependentes	
		Especificar vedações em camadas independentes	IN			●			
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●					
		Prever elementos que podem ter funções com usos múltiplos (Ex.: divisórias móveis)	AD			●			
		Utilizar conexões reversíveis	IN			●			
		Utilizar conexões acessíveis	AC			●			
		Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC			●			
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●					
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC		●			Baixo potencial	
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC			●			
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●					
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●			
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●		Não verificado	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD			●			
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC			●			
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI		●				
		Evitar acabamentos desnecessários	EV, SD	●					
		Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD			●			
	Prever divisórias internas móveis	AD			●				
	Prever partições internas desmontáveis	AD			●				
	g.5) Pisos (acabamento)		Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA		●			Piso em granitina
			Prever sistemas independentes	IN			●		
			Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD			●		
			Evitar sistemas compostos	IN, SD			●		
			Especificar pisos em camadas independentes	IN			●		
Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte			PA, SD	●					
Utilizar conexões reversíveis			IN			●			
Utilizar conexões acessíveis			AC			●			
Projetar conexões para resistir ao uso repetido			EC			●			
Evitar materiais tóxicos e perigosos			SD	●					
Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis			EC		●			Baixo potencial	
Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados			EC			●			

		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●				
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC			●		
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD		●			
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC		●			
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI		●			
		Evitar acabamentos desnecessários	EV, SD	●				
		Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD			●		
	g.6) Forros	Privilegiar sistemas que utilizem ferramentas, componentes e práticas padronizados	PA	●				Forro em PVC
		Prever sistemas independentes	IN	●				
		Prever utilização de sistemas modulares	IN, AD	●				
		Evitar sistemas compostos	IN, SD	●				Aplicável ao forro em placas de isopor
		Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●				
		Especificar forros em camadas independentes	IN	●				
		Utilizar conexões reversíveis	IN	●				Aplicável ao forro em placas de isopor
		Utilizar conexões acessíveis	AC	●				
		Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC		●			
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD		●			Produto inflamável que pode conter substâncias químicas tóxicas
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC	●				
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●				
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●				
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●				
		Evitar acabamentos desnecessários	EV, SD	●				
	Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD	●					

H) Instalações elétricas, hidráulicas e mecânicas	h.1) Sistemas	Prever sistemas aparentes e acessíveis	AC		●			Aplicável ao sistema elétrico aparente
		Prever núcleos centrais para sistemas	IN, AD	●				
		Prever sistemas independentes	IN		●			Aplicável ao sistema elétrico aparente
	h.2) Redes	Prever fornecimento extra de carga de energia	AD	●				
		Prever capacidade extra de abastecimento de água	AD	●				
		Prever pontos extras de fornecimento de energia e lógica	AD	●				
		Prever pontos extras de fornecimento de água e esgoto	AD	●				
	h.3) Materiais e componentes	Prever componentes dimensionados adequadamente para manuseio e transporte	PA, SD	●				
		Utilizar conexões reversíveis	IN		●			
		Utilizar conexões acessíveis	AC		●			Aplicável ao sistema elétrico aparente
		Projetar conexões para resistir ao uso repetido	EC		●			
		Evitar materiais tóxicos e perigosos	SD	●				
		Utilizar materiais recicláveis ou reutilizáveis	EC	●				
		Utilizar materiais recuperados, reciclados e reutilizados	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes duráveis	EC	●				
		Privilegiar o uso de materiais renováveis ou biodegradáveis	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais de origem local	EC				●	
		Privilegiar o uso de materiais e componentes leves	SI, SD	●				
		Reduzir o número de materiais e componentes	SI, EC	●				
		Minimizar diferentes tipos de materiais e componentes	SI	●				
Evitar acabamentos desnecessários		EV, SD			●			
Especificar tratamentos de superfície que sejam facilmente removidos durante a recuperação de fim de vida	EV, SD			●			Pintura em sistema aparente	

**FORMULÁRIO DE VERIFICAÇÃO DE ATENDIMENTO AO PPD/A
CASO 4 – PLANO DE DESCONSTRUÇÃO**

Elementos de análise		Estratégia	Princípios atendidos	Atende	Atende parcialmente	Não atende	Não se Aplica	Observações	
I) Vida Útil e durabilidade		i.1) Identificar a vida útil dos diferentes elementos e componentes	SD, C&R			●			
		i.2) Determinar a VUP do edifício e dos sistemas	EC, C&R			●			
J) Dados Técnicos		j.1) Fornecer um inventário completo de todos os materiais e componentes utilizados no edifício	C&R	●					
		j.2) Identificação padronizada de materiais e componentes	PA, C&R		●				
		j.3) Fornecer Manual de uso, operação e manutenção da edificação, conforme NBR 14037/2014	C&R				●		
k) Gerenciamento e Logística	k.1) Materiais e componentes	k.1.1) Prever fácil armazenamento e transporte de elementos (tamanho e peso de manuseio)	PA, C&R	●					
		k.1.2) Prever peças de reposição e devido armazenamento	C&R			●		Previsão de peças de reposição, porém sem previsão de armazenamento	
		k.1.3) Determinar estratégias para o local, transporte e gerenciamento de resíduos conforme previsto no Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC)	C&R	●					
	k.2) Desmontagem	k.2.1) Fornecer instruções de desmontagem para componentes e sistemas, e os pontos de desmontagem	SD, C&R				●		
		k.2.2) Planejamento da sequência de desmontagem	SD, C&R				●		
		k.2.3) Utilizar BIM para simular o processo de desmontagem do edifício	SD, C&R				●		
		k.2.4) Reservar tempo extra no cronograma para garantir que o PpD seja incorporado	C&R				●		
	k.3) Gestão	k.3.1) Iniciativas e treinamentos - motivação para trabalhar com PpD/A	C&R				●		
		k.3.2) Implantação de sistema de gestão de manutenção, conforme NBR 5674	EC, C&R				●		
L) Documentos e permissões		l.1) Assegurar que o projeto esteja em conformidade com códigos e normas	PA, C&R	●					
		l.2) Assegurar a existência de um conjunto integrado de desenhos "as built"	SD, C&R	●			●		
M) Recuperação e Reciclagem		m.1) Prever cenários de FdV visando o potencial de recuperação dos materiais e componentes	EC, C&R				●		
		m.2) Identificar os elementos com potencial de recuperação e reciclagem	EC, C&R				●		
		m.3) Identificar e isolar elementos que não podem ser recuperados ou removidos	EC, C&R				●		
		m.4) Identificar elementos recuperados ou reciclados	EC, C&R				●		
		m.5) Fornecer instruções sobre reutilização e reciclagem	EC, C&R				●		
		m.6) Fornecer rastreabilidade do produto (reutilizado, reciclado, etc) e garantia	EC, C&R				●		