

**INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

AMANDA CARDOSO DA SILVA

**VERIFICAÇÃO DAS DIRETRIZES DE PROJETO PARA A DESCONSTRUÇÃO DE
SISTEMAS MODULARES: ESTUDO DE CASO**

FLORIANÓPOLIS, 2020

**INSTITUTO FEDERAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA
CAMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

AMANDA CARDOSO DA SILVA

**VERIFICAÇÃO DAS DIRETRIZES DE PROJETO PARA A DESCONSTRUÇÃO DE
SISTEMAS MODULARES: ESTUDO DE CASO**

Projeto do Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora:
Andrea Murillo Betioli

FLORIANÓPOLIS, 2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Silva, Amanda

Verificação das diretrizes de projeto para a desconstrução de sistemas modulares: estudo de caso / Amanda Silva ; orientação de Andrea Murillo Betioli. - Florianópolis, SC, 2020.

125 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico de Construção Civil.
Inclui Referências.

1. Desconstrução. 2. Resíduos. 3. Sistemas construtivos industrializados. 4. Construção modular. I. Murillo Betioli, Andrea. II. Instituto Federal de Santa Catarina. Departamento Acadêmico de Construção Civil. III. Título.

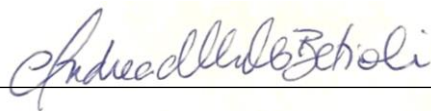
VERIFICAÇÃO DAS DIRETRIZES DE PROJETO PARA A DESCONSTRUÇÃO DE SISTEMAS MODULARES: ESTUDO DE CASO

AMANDA CARDOSO DA SILVA

Este trabalho foi julgado adequado para obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil e aprovado na sua forma final pela banca examinadora do Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina.

Florianópolis, 19 de outubro de 2020.

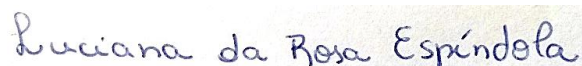
Banca Examinadora:



Andrea Murillo Betioli, Doutora



Lucas Bastianelo Scremin, Mestre



Luciana da Rosa Espíndola, Doutora

Dedico este trabalho ao meus pais, pelo incentivo e apoio incondicional em todos os momentos da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me guiar no caminho do amor e, por permitir que com sabedoria e muito esforço eu pudesse finalizar este trabalho, fruto de toda a minha dedicação.

À minha mãe, Enalda, exemplo de força e coragem, que sempre me amparou, me incentivou e me mostrou que com amor no coração conseguimos alcançar todos os nossos sonhos. Ao meu pai, Sidnei, por todo apoio, incentivo e por mostrar que nem sempre a vida é fácil, mas basta mudarmos o nosso ponto de vista para que as coisas boas aconteçam, graças a ele eu pude descobrir o quanto sou forte.

Ao meu namorado, Lucas, por sempre estar ao meu lado, por me aconselhar, apoiar e me escutar nos momentos que mais precisei conversar e desabafar.

À minha professora e orientadora, Andrea Betioli, por toda a atenção, dedicação, excelente orientação e por todas as palavras de incentivo. Sua felicidade contagia.

Ao Ricardo, e a todos da empresa do estudo de caso, pela contribuição e auxílio para a realização deste trabalho, por todo o conhecimento compartilhado e por terem tornado meus dias na empresa fantásticos.

Ao meu quarteto favorito, minhas amigas e segunda família, Letícia, Lorena e Morgana, pela amizade maravilhosa que construímos, por todas as risadas e conselhos. Graças a vocês essa trajetória se tornou mais leve.

Aos meus amigos de faculdade, por todo o companheirismo e parceria, vocês tornaram essa caminhada muito especial.

Aos demais amigos e familiares, pelo incentivo, torcida e carinho. Em especial à minha amiga Caroline, por todas as conversas, risadas e conselhos.

Aos demais professores do Instituto Federal de Santa Catarina, por todo o conhecimento compartilhado e por toda dedicação em cada aula.

“A verdadeira viagem de descobrimento não consiste em procurar novas paisagens, e sim em ter novos olhos”.

(Marcel Proust)

RESUMO

A indústria da Construção Civil é um dos setores mais importantes para a economia, entretanto, é um dos segmentos que mais gera impactos ambientais. Atualmente, os resíduos de construção e demolição representam mais de 50% de todos os resíduos sólidos urbanos. Com isso, a partir da preocupação com a durabilidade das edificações e com o meio ambiente, ocorre o fortalecimento dos sistemas construtivos industriais, sendo a construção modular um deles, no qual possibilita maior controle de qualidade, racionalização de consumo e redução de tempo e desperdícios. Além disso, os sistemas construtivos industrializados permitem o aumento do potencial de desconstrução, que através do desmonte cuidadoso dos componentes de uma construção, possibilita reutilizar e reciclar os materiais, evitando que os mesmos sejam tratados como resíduos e descartados em aterros. Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo identificar as diretrizes de projeto para desconstrução de sistemas modulares, e aplicar em um projeto modular apresentado no estudo de caso de uma obra realizada por uma empresa de construção modular *off-site*. A análise dos resultados permitiu classificar e informar a destinação final dos materiais utilizado, identificar que a diretriz geral de simplificação do sistema construtivo é atendida 100% em todas as etapas da obra, e que as diretrizes de projeto para desconstrução são atendidas 93% pelas etapas de estrutura e sistema de cobertura, 82% pelas etapas de sistema de vedação vertical e instalações hidrossanitária e elétrica, 75% pela etapa geral que abrange todo o projeto, e 53% pela etapa de acabamentos. Além disso, o potencial de desconstrução do projeto em estudo é de 76%, o que é possível devido à modularidade do projeto e à montagem e desmontagem do módulo em fábrica.

Palavras-chave: desconstrução; resíduos; sistemas construtivos industrializados; construção modular.

ABSTRACT

The Civil Construction industry is one of the most important sectors for the economy, however, it is also one of the segments that most generates environmental impacts. Currently, construction and demolition waste represents more than 50% of all solid urban waste. With that, and from the concern with the durability of buildings and the environment, there is a strengthening of industrial construction systems, with the, modular construction being one of them, which allows greater quality control, consumption rationalization and reduction of time and waste. In addition, industrialized construction systems allow an increase in the potential for deconstruction, which through careful dismantling of the construction components, makes it possible to reuse and recycle materials, preventing them to be treated as waste and disposed in landfills. Therefore, this paper aims to identify the guidelines for a deconstruction project of modular systems, and apply it in a modular project presented in the case study of a work carried out by a modular off-site construction company. The analysis of the results allowed to classify and inform the final destination of the materials used, to identify that the general guideline for simplification of the construction system is met 100% in all the stages of the work, and that the project guidelines for deconstruction are 93% by the structure stage and covered by the coverage system stage, 82% by the vertical sealing system and for the hydrosanitary and electrical facilities stage, 75% by the general stage covering the entire project, and 53% for the finishing stage. In addition, the potential for deconstruction of the project under study is 76%, which is possible due to the modularity of the project and the assembly and disassembly of the module at the factory.

Keywords: deconstruction; waste; industrialized building systems; modular construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01- Hierarquia de gestão de resíduos	16
Figura 02 - Possíveis panoramas de fim de vida útil para o ambiente construído.....	21
Figura 03 - Estrutura metálica galvanizada no estacionamento Marignane, França .	22
Figura 04 - Conexões mecânicas no estacionamento Marignane, França.....	22
Figura 05 - Restaurante Expo 58 em Bruxelas.....	23
Figura 06 - Restaurante Expo 58reusado em Praga	23
Figura 07 - Fluxograma da metodologia que será aplicada no presente trabalho.....	31
Figura 08 - Módulo básico pronto para ser transportado e instado in loco	32
Figura 09 - Renderização do projeto modular selecionado já instalado in loco.....	33
Figura 10 - Planta baixa do projeto modular em estudo	34
Figura 11 - Fluxograma das etapas e da ordem de montagem.....	40
Figura 12 - Materiais utilizados para a estruturação do módulo em estudo	41
Figura 13 - Mapa de montagem da estrutura do projeto em estudo.....	42
Figura 14 - Detalhe dos encaixes e da viga de cobertura respectivamente	43
Figura 15 - Dentes com função estética da peça 03	43
Figura 16 - Furação dos encaixes, vigas inferiores e pilares para possibilitar a fixação com parafusos.....	44
Figura 17 - Detalhes das furações e soldas dos encaixes	44
Figura 18 - Montagem da estrutura metálica superior	45
Figura 19 - Furos para as ligações nos cantos e furos para as ligações do barroteamento da cobertura do projeto em estudo	45
Figura 20 - Mapa de montagem da estrutura do sistema de vedação vertical interno do projeto em estudo.....	46
Figura 21 - Montagem da estrutura do sistema de vedação vertical interno (SVVI)..	46
Figura 22 - Parafusos utilizados na etapa estrutural do projeto em estudo.....	47
Figura 23 - Furação na estrutura metálica para passagem do sistema hidráulico	47
Figura 24 - Furos projetados para a passagem do sistema hidráulico do projeto em estudo	47
Figura 25 - Painel térmico sobre barrotes metálicos	48
Figura 26 - Parafuso utilizado para a fixação dos painéis térmicos.....	48
Figura 27 - Posicionamento dos parafusos para a fixação do painel térmico	49
Figura 28 - Planta baixa do projeto elétrico do projeto em estudo	50

Figura 29 - Planta baixa do projeto luminotécnico do projeto em estudo	50
Figura 30 - Legenda dos projetos elétricos e luminotécnicos do projeto em estudo .	51
Figura 31 - Instalação elétrica (Quadro de Distribuição de Energia)	51
Figura 32 - Planta baixa do projeto modular em estudo com indicação das elevações	52
Figura 33 - Corte e instalação das chapas de Material de Alumínio Composto (ACM)	53
Figura 34 - Instalação provisória das esquadrias para verificação das dimensões...	54
Figura 35 - Projeto isométrico do sistema hidrossanitário do projeto em estudo	55
Figura 36 - Vista do projeto hidrossanitário do projeto em estudo	55
Figura 37 - Separação das peças para instalação do sistema hidrossanitário <i>in loco</i>	56
Figura 38 - Fluxograma das etapas e da ordem de desmontagem	57
Figura 39 - Revestimento interno do sistema de vedação vertical desinstalado	57
Figura 40 - Sistema de vedação vertical interno (SVVI) embalado para o transporte	58
Figura 41 - Desmontagem do sistema estrutural do módulo	59
Figura 42 - Identificação provisória dos elementos do sistema estrutural	59
Figura 43 - Corte, nivelamento e contrapiso do local de instalação do módulo em estudo	60
Figura 44 - Estrutura metálica e SVVI instalados <i>in loco</i>	61
Figura 45 - Esquadrias de vidros instaladas	61
Figura 46 - Projeto de paginação do forro de gesso modular do projeto em estudo .	62
Figura 47 - Parafuso utilizado para a instalação do forro de gesso modular.....	63
Figura 48 - Forro de gesso removível apoiado sobre a longarina	63
Figura 49 - Paginação do revestimento de piso em porcelanato do projeto em estudo	64
Figura 50 - Colocação do porcelanato	64
Figura 51- Modelo de cunha utilizada para nivelamento do piso.....	65
Figura 52 - Módulo finalizado	65
Figura 53 - Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução por etapa	99
Figura 54 - Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução por diretriz geral.....	100

Figura 55 - Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução pelo projeto modular em estudo..... 101

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 - Origem e causas da geração de resíduos na construção civil	18
Tabela 02 - <i>Check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução para o estudo de caso.....	37
Tabela 03 - <i>Check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 01 - simplificação.....	67
Tabela 04 - <i>Check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 02 – adaptabilidade	71
Tabela 05 - <i>Check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 03 – camadas.....	73
Tabela 06 - <i>Check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 04 – acessos	77
Tabela 07 - <i>Check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 05 – conexões	80
Tabela 08 - <i>Check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 06 – durabilidade dos componentes.....	86
Tabela 09 - <i>Check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 07 – riscos e segurança	90
Tabela 10 - <i>Check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 08 – sustentabilidade	94
Tabela 11 - <i>Check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 09 – gestão organizacional	96
Tabela 12 - Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução.....	98

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Social

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRALPE – Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais

ACM – *Aluminium Composite Material* (Material Composto de Alumínio)

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

NBR – Norma Brasileira

OSB – *Oriented Strand Board* (Painel de Tiras de Madeira Orientadas)

PIR – Poliisocianurato

RCD – Resíduos de Construção e Demolição

RSU – Resíduo Sólido Urbano

SVV – Sistema de Vedação Vertical

SVVIE – Sistema de Vedação Vertical Interno e Externo

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Justificativa	9
1.2 Objetivos	11
1.2.1 Objetivo Geral.....	11
1.2.2 Objetivo Específico	11
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 Panorama atual da construção	12
2.1.1 Industrialização na construção civil	12
2.1.2 Resíduos de Construção e Demolição (RCD)	14
2.1.3 Geração de resíduos na fase de projeto.....	17
2.1.4 Geração de resíduos na fase de construção	18
2.1.5 Geração de resíduos na fase de demolição	19
2.2 Desconstrução	20
2.2.1 Aspectos positivos da desconstrução.....	23
2.2.2 Entraves para a viabilização da desconstrução.....	25
2.2.3 Projetos para desconstrução	27
3 METODOLOGIA	31
4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	36
4.1 Elaboração do <i>check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução	36
4.2 Análise do projeto e acompanhamento da produção do módulo, aplicação e análise do <i>check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução	39
4.2.1 Projeto e acompanhamento da produção do módulo	39
4.2.2 Aplicação e análise do <i>check-list</i> das diretrizes de projeto para desconstrução.....	66
4.2.3 Análise quantitativa do <i>check-list</i> de projeto para desconstrução	97

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	102
5.1 Considerações Finais.....	102
5.2 Recomendações para trabalhos futuros	103
REFERÊNCIAS.....	104
APÊNDICES.....	111

1 INTRODUÇÃO

Atualmente existem diversos sistemas construtivos para execução de edificações. O método mais utilizado no Brasil é a alvenaria convencional que, segundo ABDI (2015), apresenta processos com elevados custos, baixo nível de planejamento, baixo nível de qualificação de mão de obra, pouca qualidade e ocorrência de manifestações patológicas, baixo desempenho ambiental e altos índices de desperdícios.

A preocupação com a durabilidade das edificações e com o meio ambiente fortalece o emprego de sistemas construtivos mais industrializados, que possuem como características intrínsecas maior planejamento, estudos de viabilidade técnico-econômica e de logísticas mais exatos, além de apresentar condições melhores de trabalho e melhor desempenho do ponto de vista ambiental (ABDI, 2015). São exemplos: alvenaria estrutural, *steel frame*, *wood frame* e paredes de concreto.

Um sistema industrializado que vem crescendo no Brasil é o da construção modular, a qual possibilita a racionalização de tempo, de custos e de desperdício, contribuindo para o progresso de sistemas construtivos mais sustentáveis e econômicos (PATINHA, 2011). Há também maior controle de qualidade, de gestão de resíduos e da racionalização de consumo, uma vez que os módulos são executados em fábrica obedecendo às normas de controle da gestão, rotulagem e desempenho ambiental, o que permite ir ao encontro dos princípios básicos de sustentabilidade na construção civil (VARELA, 2015).

Além das características já citadas, segundo Spadeto (2011), a construção industrializada em ambiente fabril também possibilita a redução do prazo de execução, a produção independente das condições climáticas, uma maior precisão geométrica e maior potencial de desconstrução, conhecida, também, como demolição seletiva.

Relacionado à desconstrução, de acordo com Addis (2010), é o processo de desmontar os componentes de uma construção sem causar grandes danos, tendo como intenção reutilizar ou reciclar os componentes. A desconstrução pode ser realizada em uma reforma, na adaptação de função de uma edificação ou no fim da vida útil da construção. Assim, a desconstrução possibilita a valorização e a reutilização de componentes e materiais de construção que poderiam ser tratados

como resíduos e destinados para aterros. Ao realizar a desconstrução, diminui-se a extração e processos de transformação de matéria-prima, transporte e fabricação de novos produtos, o que resulta em vantagens econômicas e ambientais por valorizar os elementos e materiais da construção civil (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006).

Para isso, é necessário o desenvolvimento de projetos para desconstrução, modificando a maneira de pensar e projetar uma construção com intuito de maximizar sua flexibilidade, e assegurar um edifício que possa ser desmontado facilmente (KHALILI; CHUA 2011). Dessa forma, é fundamental realizar escolhas na fase inicial do projeto relacionado aos processos construtivos e à escolha de materiais, para isso, existem diversos princípios e manuais que auxiliam nessa etapa.

Perante o exposto, pretende-se identificar as principais diretrizes para elaboração de projeto para desconstrução de sistemas modulares e aplicar em um projeto apresentado no estudo de caso de uma obra realizada por uma empresa de construção modular *off-site*.

1.1 Justificativa

A Indústria da Construção Civil é um dos setores mais importantes para a economia e para geração de emprego. No entanto, é um dos segmentos industriais mais críticos no que se refere à gestão de resíduos e impactos ambientais. Desde a ECO 92, diversos países começaram a se preocupar com os impactos ambientais causados pela construção civil, ao estabelecer suas próprias agendas e criando novos sistemas de avaliação (SARAIVA, 2013). Porém, segundo dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017), os municípios brasileiros produziram 45 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCDs), representando 54,9% de todos os resíduos sólidos urbanos.

Além disso, o avanço da urbanização resultou no rápido adensamento das cidades e, por consequência, o crescimento das atividades na indústria da construção civil, crescimento da exploração de recursos naturais e elevados índices de geração de resíduos da construção e demolição (RCD), produto do

desperdício nas obras de construções, reformas e demolições (HELMEMAN, 2009 apud BRASILEIRO; MATOS, 2015).

Sendo assim, é necessário mudar a situação atual da construção civil, onde é possível observar uma má gestão ambiental e o elevado nível de deposição de resíduos provenientes de obra, e então assegurar a preservação dos recursos naturais, contribuindo para o desenvolvimento sustentável (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006).

Uma forma de minimizar esse problema seria a elaboração de projetos para desconstrução, o qual está de acordo com as atuais exigências normativas de sustentabilidade (SARAIVA, 2013). Segundo Khalili e Chua (2011), esse projeto é uma forma de pensar e projetar para maximizar a flexibilidade da construção e garantir que um edifício possa ser desmontado facilmente.

A partir disso, é possível observar nos processos industrializados do setor da construção civil a maior racionalização dos recursos e elevado potencial de desconstrução (SPADETO, 2011). Como no caso das construções modulares, as quais são constituídas por módulos fabricados em um ambiente fabril, onde são definidos parâmetros dimensionais para possibilitar o transporte adequado ao local onde serão montados (VARELA, 2015). Através da padronização das dimensões dos componentes é possível racionalizar o processo construtivo e aplicar as diretrizes estabelecidas para a elaboração de projeto para desconstrução.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho tem como objetivo identificar as diretrizes de projeto para a desconstrução de sistemas modulares e verificar quais as diretrizes são ou não atendidas em um projeto apresentado no estudo de caso de uma obra realizada por construção modular *off-site*.

1.2.2 Objetivo Específico

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) Identificar as diretrizes de projeto para a desconstrução de sistemas modulares e elaborar um *check-list*;
- b) Definir o tipo de módulo que será utilizado no estudo de caso;
- c) Aplicar o *check-list* e verificar quais as diretrizes de projeto para desconstrução são ou não atendidas;
- d) Levantamento do percentual atendido das diretrizes de projeto para desconstrução.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Neste tópico, a partir de bibliografias selecionadas, serão apresentados os principais temas desta pesquisa, como o panorama atual da construção civil relacionado a industrialização do setor e à geração de resíduos nas fases de projeto; construção e demolição; além disso, serão abordados também o que é a desconstrução e seus aspectos positivos e negativos, e a importância da concepção do projeto para o processo de desconstrução.

2.1 Panorama atual da construção

2.1.1 Industrialização na construção civil

No Brasil, a indústria da construção civil é caracterizada pela utilização de processos construtivos predominantemente artesanais, ou seja, com baixa produtividade e elevado desperdício de materiais (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012), como exemplo o sistema estrutural de concreto armado com fechamento de alvenaria de blocos cerâmicos (PRUDÊNCIO, 2013). Essa característica artesanal é relacionada ao fato de uma edificação ser construída em um canteiro de obras, no qual as etapas de produção precisam se adaptar ao local. Além do mais, a edificação é um produto único, no qual as características arquitetônicas são escolhidas pelo cliente, o que contribui para a adoção desta produção artesanal no setor (ALVES, 2016).

A construção civil está entre os setores mais tradicionais da economia e pouco tecnológico, principalmente devido aos obstáculos que impedem o desenvolvimento da construção (BUILDIN, 2018). Em conformidade com BAUERMANN (2002), as características que dificultam esta transformação na indústria da construção civil, são:

- a) A indústria da construção civil possui caráter nômade;
- b) Os produtos são únicos e não seriados;
- c) A produção é centralizada, ou seja, não é possível aplicar conceitos de produção em série;
- d) Produção realizada sob intempéries;
- e) Utilização de mão de obra intensiva, desqualificada e com alta rotatividade;
- f) Apresenta elevado grau de variabilidade dos produtos;

- g) Possui pouca especificação técnica;
- h) O produto geralmente é único na vida do usuário;
- i) Apresenta baixo grau de precisão, se comparado com as demais indústrias.

Porém, com o passar dos anos, a indústria da construção civil começou a empregar processos que otimizam o trabalho realizado, através de novas técnicas de construção e com a inserção de produtos industrializados produzidos em um ambiente com maior controle. Assim, a margem de erro resultante de ações humanas é reduzida, ou seja, é menor que a permitida no canteiro de obras, local no qual as condições de trabalho geralmente são precárias (ALVES, 2016).

Da perspectiva macroeconômica, o que alavancou o uso mais intensivo de sistemas industrializados no setor da construção civil no Brasil foi a internacionalização da economia, ou seja, com a chegada de empreendedores estrangeiros, habituados à utilização de pré-fabricados e obras rápidas, a demanda aumentou muito, principalmente no ramo hoteleiro, de shoppings e hipermercados (MEDEIROS, 2003 apud CAIADO, 2005).

Nesse contexto visualiza-se o sistema modular de edificações, amplamente difundido na Europa e no Japão, onde a qualidade do planejamento, do projeto e do produto, em conjunto com as inovações dos sistemas construtivos, constitui componentes de competitividade no setor da construção civil. Sendo assim, o sistema modular possibilita uma elevada agilidade e rapidez na construção de edificações residências e comerciais, principalmente por tratar-se de um módulo totalmente construído na fábrica (CAIADO, 2005).

Na atualidade, nas construções modulares, os componentes são produzidos em um ambiente fabril, no qual o controle de qualidade é monitorado em cada estação da linha de produção. Além disso, é necessário que em cada módulo sejam definidos parâmetros dimensionais para ser transportado para o local onde será montado (VARELA, 2015). A partir dessa metodologia, através da padronização das dimensões dos componentes é possível racionalizar todo o processo de construção, desde a fase de projeto até a montagem final (PATINHA, 2011).

Na fase de projeto, a racionalização acontece na rapidez de procedimentos, pois o projeto da construção modular terá como base elementos pré-definidos e pré-calculados, ou seja, o projeto resume-se na disposição dos componentes e locação

da obra. Além disso, o processo de construção é dividido em duas fases distintas: a produção em fábrica e a montagem dos elementos *in loco*, em ambos o processo ocorre a racionalização, ou seja, na produção em série é possível diminuir os custos e ter um controle de qualidade mais eficaz, já em relação à montagem, quando realizada com mecanismos de montagem simplificados, sem necessidades de cortes, sobreposições ou qualquer tipo de alteração a sua morfologia inicial, é possível reduzir intensamente a quantidade de mão de obra despendida para realizar o processo de montagem (PATINHA, 2011).

Além da racionalização de recursos, a industrialização possui inúmeros benefícios descritos por Spadeto (2011):

- a) Redução do prazo de execução;
- b) Produção independente das condições climáticas;
- c) Maior controle da qualidade na execução;
- d) Maior qualidade e precisão geométrica;
- e) Maior controle de custos;
- f) Maior potencial de desconstrução;
- g) Menor consumo de materiais e percentual de perdas.

Relacionado à sustentabilidade, além do menor consumo de materiais e percentual de perdas, há a otimização da mão de obra, redução de retrabalhos e minimização da quantidade de resíduos gerados (SPADETO, 2011). Além disso, neste conceito, privilegia-se a utilização de materiais sustentáveis e com soluções tecnológicas inteligentes que promovem o uso racional de energia e de água, sem comprometer o conforto do usuário, e que permitem ir ao encontro dos princípios básicos para a sustentabilidade aplicada à construção (VARELA, 2015).

Assim, é necessário fortalecer o uso de sistemas construtivos industrializados, estes que possuem como características maior planejamento e estudos de viabilidade técnico-econômica e de logística mais precisos, além de melhores condições de trabalho e desempenho ambiental (ABDI, 2015).

2.1.2 Resíduos de Construção e Demolição (RCD)

Com o desenvolvimento do setor da construção civil e o crescimento populacional na década de oitenta, a quantidade de resíduos gerados na construção

civil aumentou expressivamente, o que causou a ausência de locais para deposição, problemas de saneamento público e elevado custo para gerenciamento ambiental. Dessa forma, os Resíduos da Construção e Demolição (RCD) passaram a ser um grave problema social e econômico (PINTO, 1999).

No Brasil, em conformidade com os dados da Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE, 2017), os municípios produziram 45 milhões de toneladas de resíduos de construção e demolição (RCDs), ou seja, 54,9% de todos os resíduos sólidos urbanos (RSUs), sendo que na região centro – oeste esses resíduos chegam a representar 85,5% do total de lixo que é gerado nos centros urbanos. Sendo assim, esses resíduos representam um problema que sobrecarregam os sistemas municipais de limpeza pública (BRASIL, 2005).

Grande parte desses resíduos não apresentam riscos ambientais, pois suas características físicas e químicas são parecidas com o solo e agregados naturais. Porém, podem conter resíduos como óleo de maquinários, tintas e asbestos de telhas de cimento amianto (BRASIL, 2005). Além disso, a cadeia produtiva da indústria da construção civil consome entre 20 e 50% dos recursos naturais de todo planeta.

A partir desses dados, é evidente a grande quantidade de resíduos que a construção civil gera no país, sendo assim, é de extrema importância a criação de estímulos aos construtores, coletores de resíduos e proprietários dos imóveis para que inicie um processo de reciclagem. Assim, ao realizar um bom planejamento e gerenciamento do processo de reciclagem, é possível contribuir para a diminuição dos custos sociais provocados pela disposição irregular de resíduos nas áreas mais afastadas dos centros urbanos (ZORDAN, 1997).

Em 2002, a Resolução número 307 do Conselho Nacional do Meio Ambiente de 05/07/2002, estabeleceu critérios e procedimentos para gestão de resíduos da construção civil (BRASIL, 2005). Além disso, determinou que o gerador dos resíduos é o responsável pelo gerenciamento do resíduo, ou seja, encarregado de segregar os resíduos em diferentes classes, encaminhar para a reciclagem e por fim depositar em local adequado (IPEA, 2012).

Relacionado à classificação dos resíduos sólidos, em conformidade com a NBR 10004 (ABNT, 2004), a segregação dos resíduos sólidos contempla a

identificação dos processos ou atividade que deu origem aos constituintes e características do material, e a comparação destes componentes com a listagem de resíduos e substâncias cujo impacto à saúde e ao meio ambiente é conhecido.

Sendo assim, a gestão de resíduos de construção está associada ao controle de geração, recuperação, processamento e disposição de resíduos de construção de uma maneira que esteja de acordo com os melhores princípios de saúde humana, econômica, engenharia e outras considerações ambientais (RAJENDRAN; GOMEZ, 2012). Assim, um dos métodos de gestão de resíduos é seguir a hierarquia descrita por Rajendran e Gomes (2012), no qual se deve dar prioridade às seguintes ações respectivamente: prevenir a geração de resíduos, reduzir, reutilizar, reciclar e por último promover a destinação final (Figura 01).

Figura 01- Hierarquia de gestão de resíduos



Fonte: Adaptado de Lopes (2013).

A prevalência da hierarquia de gestão de resíduos na demolição e construção é a redução, ou seja, é de extrema relevância reduzir ao máximo a geração de resíduos durante essas operações. Assim, é possível alcançar a redução através da utilização de materiais mais duráveis e de um planejamento adequado das quantidades de materiais que serão utilizados nos projetos (LOPES, 2013).

2.1.3 Geração de resíduos na fase de projeto

Os arquitetos e engenheiros possuem um papel muito importante em relação à redução dos resíduos. Segundo Rajendran e Gomez (2012), 33% dos resíduos gerados em construções resultam de falhas durante a concepção do projeto para implantar medidas que reduzam a geração de resíduos.

É fundamental estar atento à quantidade de resíduos gerados desde a fase de idealização de um projeto, para que seja possível escolher quais materiais e processos utilizar, até a fase final da edificação, quando da necessidade de demolição. Assim, para que esse processo ocorra mais facilmente é importante ter um Manual de Projeto para Desconstrução, o qual auxiliaria os profissionais a optar por determinados materiais e componentes de uma construção, tendo em vista a facilidade da desconstrução e reaproveitamento dos mesmos (ADDIS, 2010).

Os projetos tradicionais levam em conta aspectos como desempenho, segurança, estética e lucratividade, características essas que são requeridas pelo usuário/construtor. Porém, não é analisada a gestão dos resíduos produzidos durante a fase de manutenção ou quando o imóvel atingir o limite de sua vida útil, assim, o problema que poderia ter sido evitado na concepção do projeto é transferido para o futuro (ZORDAN, 1997).

Com isso, Rajendran e Gomez (2012) resumem as principais causas de geração de resíduos durante a fase de projeto em:

- a) Complexidade de detalhes e projeto;
- b) Erros de projeto;
- c) Especificações de projeto inadequadas;
- d) Má coordenação e comunicação (revisões que levam muito tempo, requisitos de última hora de clientes e informações tardias);
- e) Ausência de planejamento para gerenciamento de resíduos no local.

Para reduzir a quantidade de resíduos gerados, o projeto deve permitir uma sequência lógica de construção, não utilizar diversos tipos de materiais, identificar os materiais reciclados adequadamente, organizar serviços para serem realizados da formas mais ágeis, selecionar os materiais produzidos na região para serem utilizados na obra, e planejar para a desconstrução (LEVEL, 2016).

Além disso, é necessário colocar algumas atitudes em prática, como considerar a dimensão e o peso dos componentes; utilizar materiais de fácil desmontagem; padronizar os materiais e garantir a interface adequada entre eles; se preocupar com o descarte final dos materiais e componentes da construção desde a fase inicial do projeto (MARQUES, 2007). Além disso, a pré-fabricação, através da montagem modular em fábrica, possibilita a redução dos resíduos gerados (FREITAS, 2014).

2.1.4 Geração de resíduos na fase de construção

Os resíduos gerados na fase de construção são provenientes principalmente das alterações de projeto, de sobras de materiais restantes de construções, das embalagens de componentes danificados e dos demais resíduos típicos das tarefas realizadas em um canteiro de obras (RAJENDRAN; GOMEZ, 2012). Na Tabela 01 encontram-se os principais causadores de resíduos na construção civil.

Tabela 01 - Origem e causas da geração de resíduos na construção civil

Origem	Causas da geração de resíduos na construção
Contratual	Imprecisões no caderno de encargos
	Informações incompletas no caderno de encargos no início da construção
	Solicitações erradas (Ex.: encomendar mais ou menos)
	Compra de produtos que não cumprem as especificações
Aquisição	Pouca comunicação entre as partes
	Documentação de aquisição incompleta ou insuficiente
	Erros do fornecedor
Planejamento e gestão no local	Atrasos para repassar informações sobre os materiais e componentes que serão utilizados
	Serviços sem supervisão
	Planejamento errôneo
	Compra de quantidades inexatas relacionado à falta de planejamento
Armazenamento do material	Danos devido ao armazenamento incorreto
	Materiais locados distantes do ponto de utilização
Manuseio dos materiais	Método de transporte do ponto de armazenagem até o local de utilização
	Manuseio inadequado dos materiais e componentes
Local de operação	Equipamentos com problemas no funcionamento
	Aplicação errada dos materiais que tem como consequência a substituição
	Aplicação de materiais errados que tem como consequência a eliminação
	Acidentes causados pela negligência
	Produtos e materiais que não utilizados
Outros	Tempo
	Roubo
	Vandalismo

Fonte: Adaptado de Lopes (2013).

2.1.5 Geração de resíduos na fase de demolição

No momento em que as construções não atendem mais às necessidades para quais foram projetadas ou quando não conseguem responder aos requisitos atuais de quem utiliza, opta-se na maioria dos casos à demolição tradicional (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006). Os materiais provenientes das demolições de edifícios apresentam grande dificuldade durante o processo de reciclagem, principalmente pela sua heterogeneidade, pois os mesmos derivam ou são misturados com materiais de construção que possuem gesso, betuminosos, geotêxtis e amianto em suas composições (FREIRE; BRITO, 2001).

Esse entulho sempre teve a mesma abordagem dada ao lixo, ou seja, parte pode ser vendida caso haja alguém disposto a comprar ou pagar alguém para retirar os resíduos do local, sem se importar com o destino final que será dado para o mesmo. As consequências desse ato são visualizadas atualmente nos diversos bota-foras clandestino e na degradação de áreas urbanas, como em rios assoreados, bocas de lobo e galerias entupidas, o que podem causar enchentes em vias marginais e comprometem a qualidade de vida das pessoas que vivem naquele local (ZORDAN, 1997).

O estágio que mais gera desperdício na vida de um edifício é a demolição, e quando o mesmo é reformado também gera um desperdício significativo. Assim, a forma mais eficaz de minimizar a geração desses resíduos é prolongar a vida útil da construção através de manutenções, ou quando não for mais viável, é possível reutilizar e reciclar uma grande quantidade de resíduos durante o processo de desconstrução (LEVEL, 2016). Com isso é possível promover a sustentabilidade na construção civil e possibilitar o surgimento de um novo mercado de materiais usados (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006).

Assim, a reciclagem assegura melhorias ambientais relevantes e insere no mercado um novo material com elevada capacidade de uso, ou seja, a partir disso é viável transformar o entulho em matéria-prima novamente (ZORDAN, 1999). Além do mais, deve-se atentar-se na coleta de materiais usados e no reuso dos mesmos, pois esses podem diminuir o reprocessamento e conseqüentemente garantir a economia de energia (ADDIS, 2010). Dessa forma, é possível diminuir a quantidade de resíduos

depositados em aterro e também reduzir o volume de matérias-primas extraídas da natureza (FREIRE; BRITO, 2001).

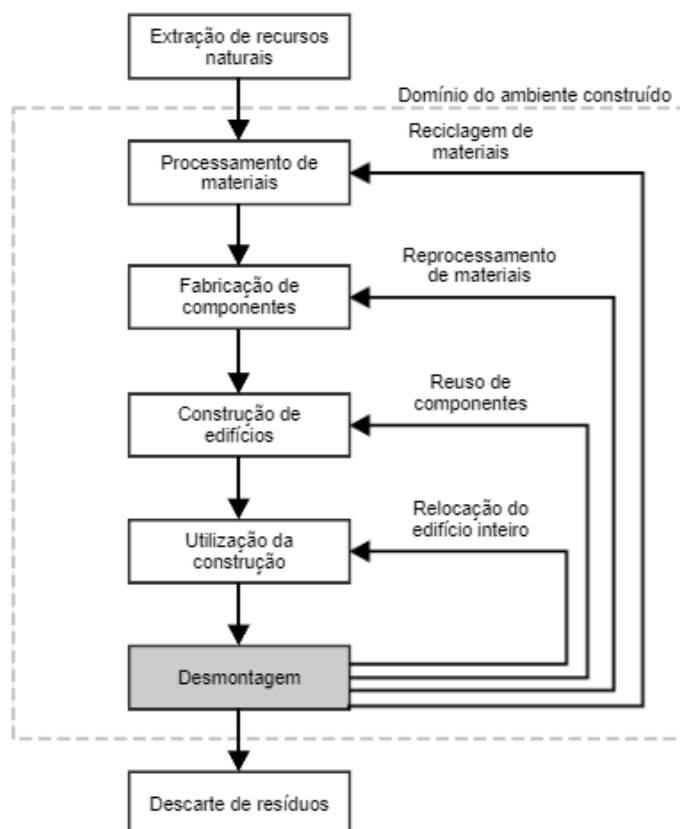
Além de reduzir o impacto ambiental, reutilizar e reciclar os materiais provenientes da construção civil trazem benefícios aos projetos de edificações, como redução de custos, aquisição do alvará de construção e melhoria da reputação dos profissionais do setor (ADDIS, 2010).

2.2 Desconstrução

Addis (2010) define desconstrução como o método de desmontar cautelosamente os componentes de uma edificação, para assim evitar possíveis danos aos materiais, e então reutilizá-los ou reciclá-los. Além do mais, para conseguir produzir elementos reutilizáveis e reciclados é necessário que os materiais possuam a máxima homogeneidade e não estejam contaminados por materiais que diminuam a qualidade final do produto (FREIRE; BRITO, 2001). Este processo pode ser realizado durante uma reforma, ao alterar o uso de uma edificação, ou no fim da vida útil de uma construção. O conceito foi criado devido ao rápido crescimento da demolição de edifícios e à expressiva preocupação da população relacionado ao meio ambiente (COUTO; COUTO; TEIXEIRA, 2006).

Vários fatores são responsáveis por esse rápido crescimento da demolição das edificações, como a falta de manutenção, mudança de necessidade dos usuários, catástrofes naturais, inovações tecnológicas, condições estéticas e urbanísticas das cidades, e quando o material não desempenha mais a função almejada (SARAIVA, 2013). Além disso, Addis (2010) afirma que a demolição é muito utilizada atualmente por ser rápida e com baixo custo de execução.

Diferente da demolição, de acordo com Couto, Couto e Teixeira (2006), a desconstrução possibilita a reutilização de componentes e materiais de construção que seriam tratados como resíduos sem valor, e depositados em locais sem autorização para esse fim. Com isso, o principal objetivo da desconstrução é aumentar a eficiência econômica de uma construção, e reduzir os impactos ambientais causados pela construção civil, através da mudança de função de uma edificação, do reuso, da transformação dos componentes e materiais da construção civil em novos produtos para a comercialização e da reciclagem (GUY; SHELL, 2002), conforme apresentado na Figura 02.

Figura 02 - Possíveis panoramas de fim de vida útil para o ambiente construído

Fonte: Adaptado de Crowther, 2001.

De acordo com Hechler (2012), um exemplo de projeto para desconstrução é o estacionamento Marignane, em Marseilles, França. O projeto visa à desmontagem e o reuso de uma das partes do estacionamento no aeroporto Marseilles, sendo assim, a estrutura é toda galvanizada para aumentar a durabilidade da construção, e utiliza apenas conexões mecânicas para possibilitar o processo de desmontagem (Figura 03 e Figura 04).

Figura 03 - Estrutura metálica galvanizada no estacionamento Marignane, França



Fonte: Adaptado de Hechler (2012).

Figura 04 - Conexões mecânicas no estacionamento Marignane, França



Fonte: Adaptado de Hechler (2012).

Outro exemplo de reuso de edificações é o Restaurante Expo 58, o qual foi projetado para a Feira Mundial da Expo 58 em Bruxelas. Após o evento o edifício foi desmontado, levado a Praga e remontado no parque Letna, onde foi inaugurado em 1961, conforme Figuras 05 e 06. Atualmente, o edifício funciona como um complexo de escritórios para uma agência de publicidade (PRAGUE STAY, 2019).

Figura 05 - Restaurante Expo 58 em Bruxelas



Fonte: Adaptado de Hechler (2012).

Figura 06 - Restaurante Expo 58reusado em Praga



Fonte: Adaptado de Hechler (2012).

2.2.1 Aspectos positivos da desconstrução

O destaque que a desconstrução vem ganhando se deve às diversas vantagens que esse método possui em relação à demolição tradicional (LOPES, 2013). Em concordância com Hechler, Larsen e Nielsen (2012), os benefícios estão presentes em diferentes esferas, tais como: ambiental, social, econômica e legislativa.

A maior parte dos benefícios gerados pela desconstrução estão ligados à esfera ambiental (LOPES, 2013), como, por exemplo:

- Redução dos impactos causados pela demolição de edificações (HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012);
- Minimização do uso de recursos primários (HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012);
- Redução da quantidade de resíduos destinados para aterros sanitários (HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012);
- Possibilita a reciclagem de materiais (HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012).

Da mesma forma, Thormark (2001) afirma que os principais benefícios são a redução do uso de fontes naturais e a economia de energia, ou seja, ao reutilizar os materiais e componentes da construção reduz o consumo de energia para fabricar e transportar novas matérias. Sendo assim, é possível reduzir o lançamento de gases de efeito estufa na atmosfera (LEROUX; SELDMAN, 1999).

Além disso, a desconstrução estimula a gestão dos materiais perigosos que integram a estrutura, pois, quando uma construção é demolida os componentes perigosos são triturados junto com os demais materiais, assim estes materiais tóxicos são irreversivelmente misturados com os outros materiais atóxicos e enviados para o aterro. Já a desconstrução força a retirada correta e o manuseio adequado de materiais perigosos e tóxicos antes de contaminarem outros componentes (LEROUX; SELDMAN, 1999). Por fim, a desconstrução melhora o desempenho ambiental por viabilizar o aumento da reciclagem e melhorar a qualidade dos resíduos, pois através da reciclagem estes podem ser utilizados na fabricação de produtos com maior valor agregado (FREIRE; BRITO, 2001).

Em relação aos benefícios sociais pode-se citar a criação de novos empregos, pois a desconstrução abrange diversas atividades, tais como, a remoção de materiais que podem ser reaproveitados, a desmontagem dos edifícios e a classificação e transporte dos materiais selecionados (COUTO; COUTO, 2007). Além disso, os conhecimentos necessários para a execução da desconstrução podem ser facilmente aprendidos através de treinamentos que forneçam conhecimento sobre

técnicas básicas de carpintaria, construção, recuperação e materiais (KIBERT; CHINI; LANGUEL, 2000).

Além do mais, Hechler, Larsen e Nielsen (2012) citam os seguintes pontos positivos para os aspectos sociais: aumento da divulgação e esclarecimento sobre a sustentabilidade; preservação de valores culturais em comunidades onde são executados projetos de desconstrução; a promoção de materiais de baixo custo para populações de baixa renda e, também, a utilização de materiais reutilizados como identificadores da arquitetura da região e da época em que esses materiais foram usados pela primeira vez.

Relacionado aos aspectos econômicos, a desconstrução possibilita o desenvolvimento de pequenas empresas para manusear o material recuperado para a reutilização (HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012). Conforme Leroux e Seldman (1999), as empresas de desconstrução podem contratar mais trabalhadores, pois a desconstrução possui três fontes de capital que não são disponíveis para empresas de demolição, tais como: a receita gerada através da venda dos materiais e componentes recuperados; a redução dos custos de investimentos com equipamentos pesados para demolição, logo ocorre uma diminuição significantes do valor gasto para a desconstrução e, também, economia associada à deposição de resíduos no aterro.

Já os benefícios legais estão relacionados à contribuição da desconstrução para o alcance de determinadas metas de legislação criadas por autoridades do governo que buscam a minimização de desperdícios na construção civil e, também, a eficiência energética (HECHLER; LARSEN; NIELSEN, 2012).

2.2.2 Entraves para a viabilização da desconstrução

Atualmente existem vários fatores que dificultam que a desconstrução se torne uma ferramenta mais consolidada para a redução de resíduos e conservação de recursos naturais (JACOBY, 2001 apud LOPES, 2013). Conforme citado por Kibert (2003), os desafios enfrentados pela desconstrução são significativos, mas podem ser facilmente superados a partir de mudanças no projeto. Os principais problemas são:

- a) Os edifícios existentes não foram projetados para a desmontagem, assim como os seus componentes;
- b) Não existem ferramentas específicas para o processo de desmontagem;

- c) Os custos de terrenos para descartar resíduos da demolição são baixos;
- d) O processo de desconstrução seletiva requer tempo adicional;
- e) Os benefícios econômicos e ambientais não estão bem estabelecidos.

Jacoby (2001, apud LOPES, 2013) afirma que as limitações de tempo das empresas podem levar à escolha pela demolição, pois esse serviço é executado em poucos dias, diferente de uma desconstrução. Com isso, esta falta de tempo impede que a desconstrução ocorra (KIBERT; CHINI; LANGUEL, 2000). Da mesma forma, Freire e Brito (2001) reiteram que as desvantagens estão relacionadas com o fato de que a desconstrução não permite a utilização de métodos ágeis como a demolição por explosão controlada.

As desvantagens resumem-se em: maior vagarosidade na execução na fase de desconstrução, utilização de mão de obra intensiva, necessidade de utilizar instalações para a reciclagem, presença de operários especializados e exige mais espaço disponível (FREIRE; BRITO, 2001).

Além disso, nos países no qual a reciclagem está estabelecida, os custos da fase de demolição de uma construção geralmente estão estabelecidos em 2% do custo total do edifício de substituição. Com o emprego da desconstrução os custos podem sofrer um acréscimo de 50%, principalmente nos casos mais difíceis onde se faz necessário contratar mão de obra especializada. Porém, a partir de um planejamento bem executado é possível atingir volumes consideráveis de materiais reciclado com boa qualidade, no qual o valor de venda compensa este acréscimo no custo (FREIRE; BRITO, 2001).

Outra barreira para a execução da desconstrução é o fato de não possuir um fornecimento constante e consistente de materiais, pois estes diferenciam muito de edificação para edificação. Dessa forma, a qualidade e quantidade de matéria-prima obtida da desconstrução das construções são suscetíveis, gerando um grande desincentivo para aqueles que querem utilizar estes materiais (KIBERT; CHINI; LANGUEL, 2000). Além do mais, para que um resíduo tenha uma reciclagem primária é relevante que o mesmo não seja contaminado com outras substâncias ou resíduos. Sendo assim, é necessário que o resíduo esteja o mais descontaminado possível ou apresente uma fácil desunião do elemento que o contaminou, para que então o seu

valor comercial seja maior, ou seja, quanto maior for o trabalho para poder utilizar o resíduo ou componente, maior será a inviabilidade de uso (ZORDAN, 1997).

Assim como nos benefícios da desconstrução, Hechler, Larsen e Nielsen (2012) dividem os aspectos negativos em diferentes fatores como: educação e percepção; projeto para desconstrução; desenvolvimento do mercado, economia, indústria da construção e demolição; legislação e questões técnicas. Dessa forma, as dificuldades estão relacionadas com a falta de ferramentas e de informações sobre como executar a desconstrução e o projeto para desconstrução em novas construções e, também, sobre os benefícios e oportunidades oferecidos pela realização de um projeto para desconstrução. Além disso, caso o primeiro proprietário da edificação não se preocupe com a desconstrução, a tomada de decisões relacionadas à desconstrução fica comprometida para os próximos proprietários.

2.2.3 Projetos para desconstrução

A definição de projeto para desconstrução teve origem no conceito de projeto para desmontagem, reuso, remanufatura e reciclagem provenientes do setor de produtos industriais (SARAIVA, 2013). Cada região possui características distintas em relação à reciclagem, às energias renováveis e aos subprodutos de materiais da construção civil que podem ser desenvolvidos em conformidade com as indústrias locais. Assim, o projeto para desconstrução procura adequar a execução do projeto em uma determinada região com o propósito de reduzir o transporte, aumentar a economia regional e adaptar-se às características regionais (CHINI; BALACHANDRAN, 2002). Portanto, é necessário que sejam realizadas escolhas na fase inicial do projeto relacionado aos processos construtivos utilizados e à seleção de materiais e componentes (NORDBY; BERGE; HESTNES, 2008), tais como:

- a) Utilizar materiais reciclados e recicláveis (Kibert, 2003);
- b) Minimizar a quantidade e tipo de materiais, pois quanto mais homogeneidade entre os materiais, mais simples se torna a classificação dos mesmos (Abdol, 2002; Kibert, 2003);
- c) Evitar materiais tóxicos e perigosos. Isso reduzirá o potencial de contaminantes que estão sendo selecionados para reciclagem e também

reduzirá o potencial para riscos à saúde humana durante a desmontagem (Abdol, 2002; Kibert, 2003);

- d) Evitar composição de materiais e fabricar materiais inseparáveis do mesmo material. Dessa forma, é possível evitar que grandes quantidades de materiais sejam contaminadas por pequenas quantidades de materiais que não podem ser separados (Abdol, 2002; Kibert, 2003);
- e) Evitar acabamentos secundários para os materiais (Kibert, 2003);
- f) Diminuir o número de diferentes tipos de componentes (Kibert, 2003);
- g) Utilizar conexões mecânicas ao invés de químicas (Kibert, 2003);
- h) Utilizar sistema de construção aberto com partes substituíveis (Kibert, 2003);
- i) Usar projeto modular (Kibert, 2003);
- j) Usar tecnologias de montagem compatíveis com a prática padrão de construção (Kibert, 2003);
- k) Separar a estrutura do revestimento (Kibert, 2003);
- l) Providenciar acesso a todos os componentes da construção (Kibert, 2003);
- m) Projetar componentes dimensionados para se adequar em todas as etapas da construção (Kibert, 2003);
- n) Garantir o manuseio dos componentes durante a montagem e desmontagem (Kibert, 2003);
- o) Garantir tolerância adequada para permitir a desmontagem, pois o tratamento durante a desmontagem pode exigir tolerâncias maiores do que o processo de fabricação ou processo inicial de montagem. Assim, é possível evitar a necessidade de várias ferramentas para remoção dos mesmos (Abdol, 2002; Kibert, 2003);
- p) Diminuir o número de conectores e fixadores (Kibert, 2003);

- q) Minimizar os tipos de conectores. Assim, é possível evitar a necessidade de várias ferramentas para remoção dos mesmos (Abdol, 2002; Kibert, 2003);
- r) Projetar juntas e conectores para resistir a repetidas montagens e desmontagens (Kibert, 2003);
- s) Permitir a desmontagem em paralelo (Kibert, 2003);
- t) Providenciar identificação permanente para cada componente. Muitos materiais, como os plásticos, não são facilmente identificados, e devem ter algum tipo de identificação não contaminante para permitir a classificação futura dos materiais (Abdol, 2002; Kibert, 2003);
- u) Usar uma grade estrutural padrão (Kibert, 2003);
- v) Usar subconjuntos pré-fabricados (Kibert, 2003);
- w) Utilizar materiais e componentes leves (Kibert, 2003);
- x) Identificar de forma permanente os pontos de desmontagem (Kibert, 2003);
- y) Fornecer peças de reposição (Kibert, 2003);
- z) Preservar as informações sobre o edifício e o seu processo de montagem (Kibert, 2003);
- aa) Utilizar detalhes que impeçam que os materiais entrem em contato direto com o solo e apodreçam (Abdol, 2002);
- bb) Usar uma hierarquia de desmontagem relacionada à vida útil esperada dos componentes, ou seja, componentes com a vida útil mais curta devem ser facilmente acessíveis e de fácil desmonte, enquanto componentes com vida útil mais longa podem ser menos acessíveis (CHINI; BALACHANDRAN, 2002).

Não há normatização brasileira para elaboração de projeto para desconstrução, o que existem são diferentes manuais e princípios de projeto de desconstrução em países diversos, como o SEDA – Manual de projeto de desconstrução da Escócia (Morgan & Stevenson, 2005); Crowther (2000) na Austrália, Guy & Shell (2002); Kibert (2003); Abadol & Balachandran (2002) e Webster et. Al

(2005), nos Estados Unidos, que foram utilizados neste trabalho. Além disso, também foi utilizado a dissertação de Saraiva (2013), no qual foi realizado um levantamento dos princípios de projeto para desconstrução, que foram aplicados em análise a projetos arquitetônicos em revistas nacionais, a fim de contribuir para a conscientização de profissionais, para a escolha de materiais e processos de construção que são capazes de reduzir o impacto ambiental gerado pelas edificações (SARAIVA, 2013).

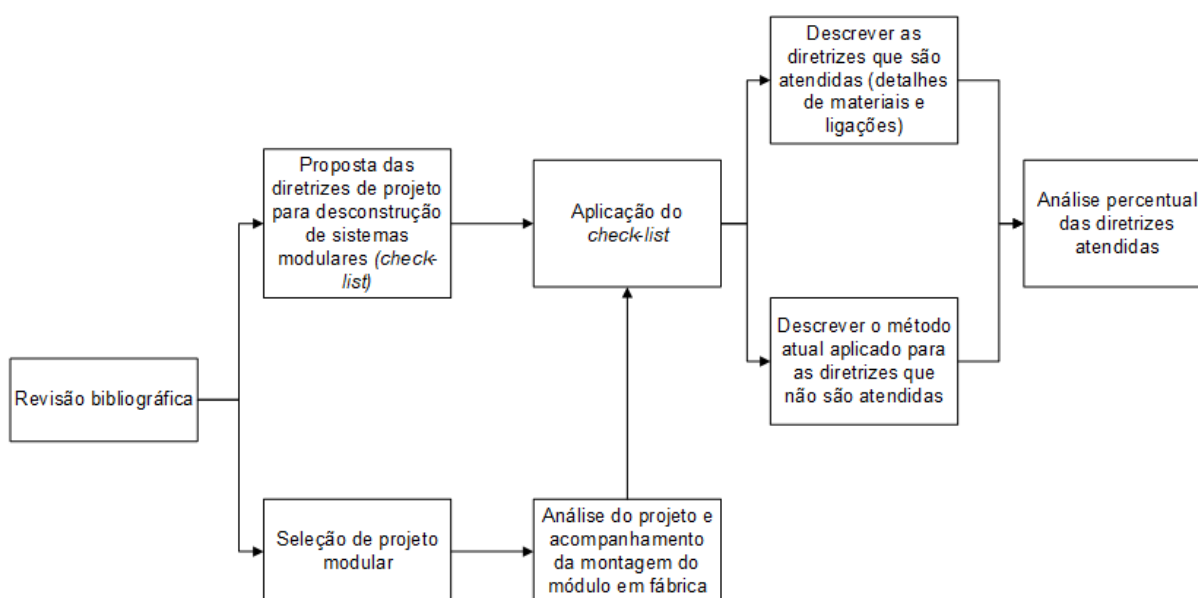
3 METODOLOGIA

A metodologia desta pesquisa é um estudo de caso que, segundo Medeiros (2019), é uma pesquisa qualitativa que consiste no estudo de um caso particular, mas que pode ser representativo de uma população e significativo. A observação neste estudo de caso será feita de forma sistemática e participante. Segundo Cajueiro (2015), é um estudo de caso avaliativo o qual envolve descrição e interpretação com intuito de avaliar o mérito de um sistema.

Sendo assim, o presente trabalho teve início com uma revisão bibliográfica, no qual foram selecionadas bibliografias para compor os tópicos com os principais temas dessa pesquisa, como, o atual crescimento da industrialização na construção civil, a importância da concepção do projeto para o processo de desconstrução e os respectivos princípios para a realização do projeto, além de todos os aspectos positivos e negativos que a desconstrução apresenta.

Para obter um melhor entendimento da sequência metodológica proposta, as etapas adotadas para o estudo de caso estão apresentadas no fluxograma da Figura 07.

Figura 07 - Fluxograma da metodologia que será aplicada no presente trabalho



Fonte: Elaboração própria (2020).

Conforme apresentado no fluxograma da Figura 07, após a revisão bibliográfica, foi selecionada a empresa para o estudo de caso, uma *Construtech* localizada em Tubarão-SC que utiliza o método de construção modular *off-site* em suas obras, ou seja, a obra acontece dentro de um parque fabril, dividida em módulos e com maior controle de materiais e processos.

Todos os módulos produzidos pela empresa são entregues prontos para a utilização (Figura 08), transportados por carretas pranchas e instalados no terreno através de guindastes. Além disso, são constituídos por uma estrutura metálica de suporte em metalon e sistema de vedação vertical soldados; estrutura de vedação (paredes e telhados) composta por OSB (chapas de tiras de madeira orientadas), lã de vidro, gesso acartonado, placa cimentícia e painéis termoacústico, além de toda a infraestrutura hidráulica e elétrica já instalada.

Figura 08 - Módulo básico pronto para ser transportado e instalado in loco



Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

No projeto escolhido para o estudo, acoplar um módulo inteiro *in loco* (o processo comum de instalação dos módulos básicos da empresa) não seria viável, pois o local de montagem é no interior de um galpão e entre 6 pilares, não possuindo assim as dimensões que permitiam a passagem do módulo. Para isso, o processo de fabricação foi diferenciado, pois as peças não poderiam ser completamente soldadas como no módulo básico. Sendo assim, o projeto selecionado para o estudo de caso é

um módulo específico, projetado para ser montado e desmontado dentro da fábrica, para então ser transportado em partes para o local de instalação, conforme mostra a Figura 09.

Figura 09 - Renderização do projeto modular selecionado já instalado in loco

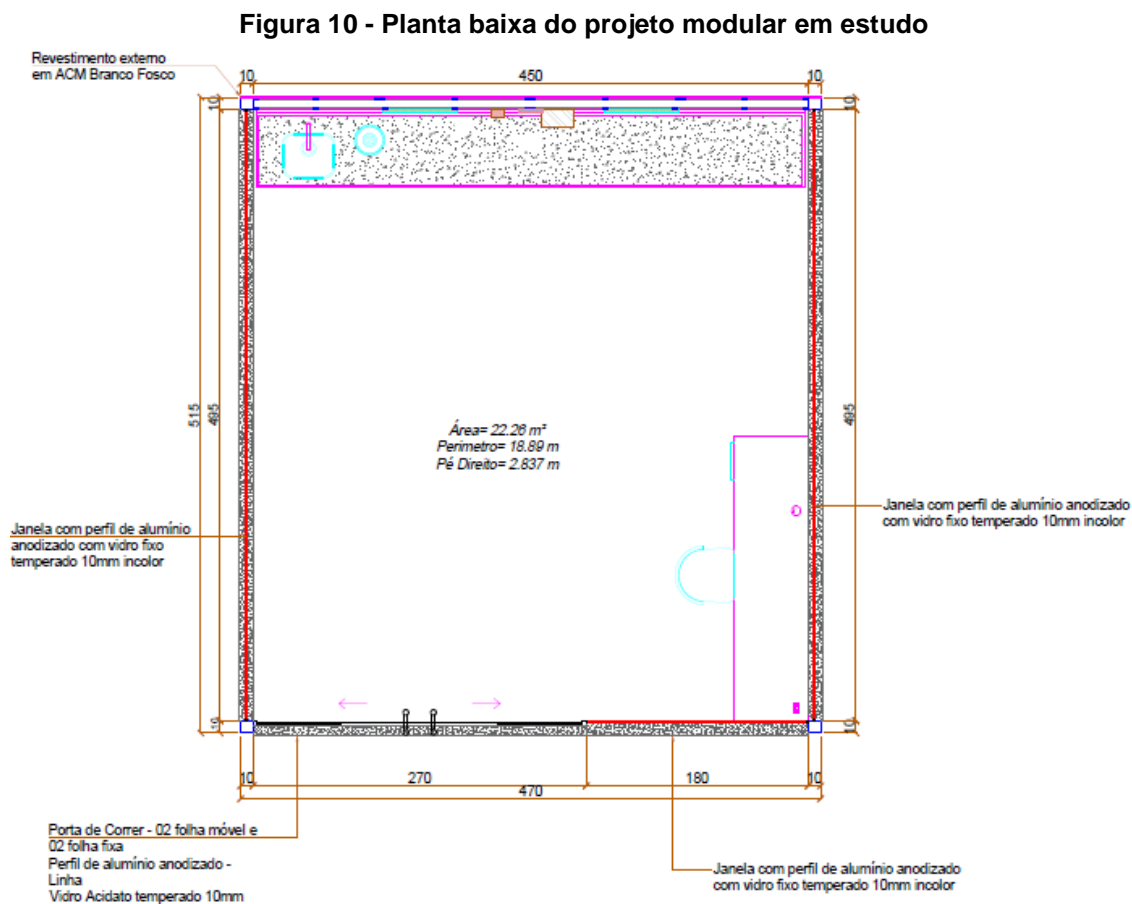


Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

O projeto selecionado é composto pelas seguintes partes:

- Estrutura: composta por tubo de inox polido e metalon galvanizado (tubo de aço carbono, com costura e formato quadrado ou retangular com revestimento de zinco), e possui dimensões de 4,70 m x 5,15 m x 3,20 m de altura;
- Sistema de vedação vertical interno (SVVI): constituído com vidro temperado e placa de Material de Alumínio Composto (ACM). O sistema de vedação vertical é considerado interno pois foi instalado no interior de um galpão.
- Instalações hidrossanitárias e elétricas;
- Sistema de cobertura (cobertura e forro): executado em painel térmico (placa com núcleo em poliisocianurato e revestimento externo em aço pré-pintado) e forro de gesso modular;
- Acabamentos *in loco*: revestimento realizado com piso porcelanato.

A Figura 10 mostra a planta baixa do projeto selecionado.



Fonte: Elaboração própria (2020).

Paralelo a seleção do projeto modular, foi elaborada uma lista de diretrizes de projeto para a desconstrução de sistemas modulares, que servirá de base para ser aplicada no estudo de caso.

Para a elaboração dessa lista foram compiladas informações contidas no manual SEDA – Manual de projeto de desconstrução da Escócia (Morgan & Stevenson, 2005) e os princípios e diretrizes descritos por Kibert (2003), Abdol & Balachandran (2002), Crowther (2000), Guy & Shell (2002), e Webster et. al.(2005). A partir dessa lista, foi elaborado um *check-list* para ser aplicado ao estudo de caso e verificar quais as diretrizes de projeto para desconstrução o projeto atende ou não. O *check-list* foi aplicado por etapa de obra e também foram preenchidos alguns tópicos gerais que abrangem o projeto como um todo.

Após a seleção do módulo foi analisado o projeto. Não há um projeto executivo detalhado, ou seja, os projetos não possuíam todas as especificações do

processo de montagem dos componentes, como ordem e método de montagem, com exceção do projeto estrutural. Dessa forma, optou-se por realizar junto com a análise do projeto um acompanhamento da produção dos módulos em fábrica (montagem e desmontagem) e, posteriormente, a montagem do mesmo *in loco*.

A partir disso, foi possível aplicar o *check-list* na etapa de projeto e também durante a montagem do módulo. Foi realizada uma análise qualitativa para justificar o atendimento ou não das diretrizes de projeto para desconstrução, e uma análise para avaliar o percentual atendido das diretrizes.

A justificativa para escolha deste módulo para o estudo de caso deve-se ao fato de ser possível visualizar todo o processo de montagem e desmontagem dentro de fábrica, e poder aplicar o *check-list* das diretrizes de projeto para a desconstrução a partir da visualização completa dos processos, e não apenas do projeto ou processo de montagem que seria o caso do acompanhamento do módulo básico da empresa.

Além disso, diferente das ligações soldadas do módulo básico, a estrutura metálica do projeto em estudo é fixada através de ligações parafusadas, apenas os encaixes são soldados, o que facilitará a desmontagem do sistema possibilitando a reutilização das peças em outros lugares, reaproveitamento em novas edificações, ou ainda reciclagem do material na fabricação de novos produtos de aço (CBCA, 2020).

Isso não significa que as diretrizes de projeto para desconstrução não possam ser aplicadas ao módulo básico produzidos pela empresa, os quais são fabricados atualmente para serem transportados prontos para a instalação no local, possibilitando uma futura realocação ou adaptação do módulo, ou seja, não é necessário desmontar o módulo, mas é possível mudar sua localização, posição ou agregar mais módulos ao projeto. Caso seja necessária sua desmontagem, as ligações da estrutura que são soldadas podem ser cortadas e o aço destinado para a reutilização ou reciclagem, como descrito em uma das diretrizes de projeto para desconstrução.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Nos subtópicos a seguir serão apresentados os resultados provenientes da análise dos manuais e princípios de desconstrução para elaboração, aplicação e análise do *check-list*, e do acompanhamento da montagem do módulo em estudo.

4.1 Elaboração do *check-list* das diretrizes de projeto para desconstrução

No *check-list* com as principais diretrizes de projeto para desconstrução, como mostra a Tabela 02, as diretrizes foram divididas em gerais e específicas, conforme proposto por Saraiva (2013).

As diretrizes gerais estão de acordo com os princípios de detalhamento de desconstrução do Manual SEDA (Morgan & Stevenson, 2005) e Saraiva (2013), e são elas: simplificação dos sistemas construtivos; adaptabilidade de edifícios para aumentar a sua vida útil; camadas estratificadas para facilitar a manutenção e tornar os serviços mais acessíveis, acesso aos elementos para reparos e remoção, conexões adequadas para viabilizar a desconstrução; durabilidade dos componentes para permitir que os mesmos sejam reparados ou reutilizados com o mínimo de trabalho e custo; risco e segurança no qual estão as diretrizes específicas para garantir a segurança durante uma manutenção ou desconstrução; sustentabilidade para a utilização de técnicas ambientais no processo construtivo e gestão organizacional no qual apresenta as estratégias organizacionais que possibilitam a manutenção adequada e a desconstrução da construção.

As diretrizes específicas estão de acordo com Morgan & Stevenson (2005), Crowther (2000), Guy & Shell (2002), Kibert (2003), Abdol & Balachandran (2002) e Webster et. al. (2005) e foram compiladas dentro da diretriz geral que melhor representava. No Apêndice A é apresentado as referências utilizadas para compor cada diretriz específica.

Tabela 02 - *Check-list* das diretrizes de projeto para desconstrução para o estudo de caso

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO		ATENDE	NÃO ATENDE	ATENDE PARCIALMENTE	NÃO APLICADO	OBSERVAÇÕES
1.	SIMPLIFICAÇÃO					
1.1.	Redução de tipos de materiais utilizados					
1.2.	Redução de tipos de componentes					
1.3.	Redução de peso de componentes					
1.4.	Forma ergonômica de elementos prevendo a manutenção manual					
2.	ADAPTABILIDADE					
2.1.	Componentes dimensionados para se adequar em todas as etapas de construção					
2.2.	Uso de sistema de construção aberto com partes substituíveis					
2.3.	Adaptável a diferentes padrões de ocupação no plano					
2.4.	Construção com grade padronizada e geometria simples					
2.5.	Utilização de elementos pré-moldados ou pré-fabricados					
3.	CAMADAS					
3.1.	Projetos de camadas independentes (estrutura, isolamento e revestimento)					
3.2.	Não utilização de composição de materiais e a não fabricação de materiais inseparáveis					
3.3.	Não utilização de acabamentos secundários para materiais					
4.	ACESSOS					
4.1.	Componentes com menores ciclos de vida em camada mais acessível					
4.2.	Instalações aparentes					
4.3.	Facilidade de acesso às camadas					
4.4.	Acesso a todos os componentes da construção					
4.5.	Acessos identificados					
4.6.	Acesso simples em locais críticos					
4.7.	Plano de rotas para manutenção					
5.	CONEXÕES					
5.1.	Redução do tipo de conectores e fixadores					
5.2.	Redução número de conectores e fixadores					
5.3.	Utilização de conexões mecânicas					
5.4.	Juntas e conectores que resistem repetidas montagens e desmontagens					
5.5.	Inexistência de entalhe, corte ou furação					
5.3.	Remoção fácil e segura de todos os componentes					
5.4.	Utilização de conexão padronizada					

○ = diretriz atendida; ● = diretriz parcialmente atendida; ✗ = diretriz não atendida; - = diretriz não aplicada

Fonte: Elaboração própria (2020).

Tabela 02 (continuação) - *Check-list* das diretrizes de projeto para desconstrução para o estudo de caso

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO		ATENDE	NÃO ATENDE	ATENDE PARCIALMENTE	NÃO APLICADO	OBSERVAÇÕES
6.	DURABILIDADE DOS COMPONENTES					
6.1.	Uso de componentes duráveis que possam ser reutilizados					
6.2.	Componentes projetados para maximizar a número de vezes que podem ser reutilizados					
6.3.	Componentes reutilizáveis ou recicláveis					
7.	RISCOS E SEGURANÇA					
7.1.	Inexistência de materiais tóxicos e perigosos					
7.2.	Manuseio seguro dos componentes durante a montagem e desmontagem					
7.3.	Tolerância adequada para permitir a desmontagem					
7.4.	Permite a desmontagem em paralelo					
7.5.	Identificação permanente dos pontos de desmontagem					
7.6.	Utilização de detalhes que impeçam que os materiais entrem em contato direto com o solo e apodreçam					
7.7.	Inspeção visual e teste adicional para determinados componentes e materiais					
8.	SUSTENTABILIDADE					
8.1.	Utilização de tecnologias limpas para o conforto térmico e minimizar a quantidade de manutenções					
8.9.	Utilização de técnicas e soluções tecnológicas para a redução de resíduos gerados durante o processo construtivos					
9.	GESTÃO ORGANIZACIONAL					
9.1.	Uso de tecnologias de montagem compatíveis com a prática padrão de construção					
9.2.	Identificação permanente para cada componente					
9.3.	Preservar informações sobre o edifício, projetos e o seu processo de montagem					
9.4.	Manual com manutenções, alterações, substituições e informações dos principais produtos e componentes utilizados					
9.5.	Planejamento da desconstrução					

○ = diretriz atendida; ● = diretriz parcialmente atendida; ✗ = diretriz não atendida; - = diretriz não aplicada

Fonte: Elaboração própria (2020).

Com isso, é possível observar a preocupação relacionada ao projeto para desconstrução que parte desde à simplificação do sistema construtivo, no qual prevê minimizar a quantidade e tipo de materiais para simplificar a classificação dos mesmos (Abdol & Balachandran, 2002; Kibert, 2003), até a gestão organizacional dos projetos,

que contém todas as alterações de projeto e especificações dos componentes para fins de manutenção e desconstrução (Morgan & Stevenson, 2005).

Vale ressaltar que este *check-list* será aplicado para cada etapa, como: Estrutura; Sistema de vedação vertical interno (SVVI); Instalações hidráulicas e elétricas; Sistema de cobertura (cobertura e forro); Acabamentos *in loco* e alguns tópicos gerais que abrangem todos os projetos.

Os campos “Atende” e “Não atende” se referem, respectivamente, ao atendimento e não atendimentos das diretrizes específicas. Quando a etapa de montagem possuía componentes diferentes, sendo que um deles atendia a uma determinada diretriz específica e o outro não atendia, foi utilizado o campo “Atende parcialmente”, o campo “Observações” foi utilizado para especificar os componentes que estavam de acordo e os que não estavam de acordo com a diretriz específica. Além disso, algumas diretrizes não são aplicadas em todas as etapas construtivas, o campo “Não aplicado”, pois não se referem àquele método executado, nesse caso o campo “Observações” foi utilizado para descrever em qual parte do processo aquela diretriz se aplicada.

4.2 Análise do projeto e acompanhamento da produção do módulo, aplicação e análise do *check-list* das diretrizes de projeto para desconstrução

A seguir será apresentado o projeto em estudo, a produção do módulo, montagem e desmontagem em fábrica, a montagem do módulo *in loco* e a aplicação e análise do *check-list* das diretrizes de projeto para desconstrução para cada etapa, conforme citado anteriormente.

4.2.1 Projeto e acompanhamento da produção do módulo

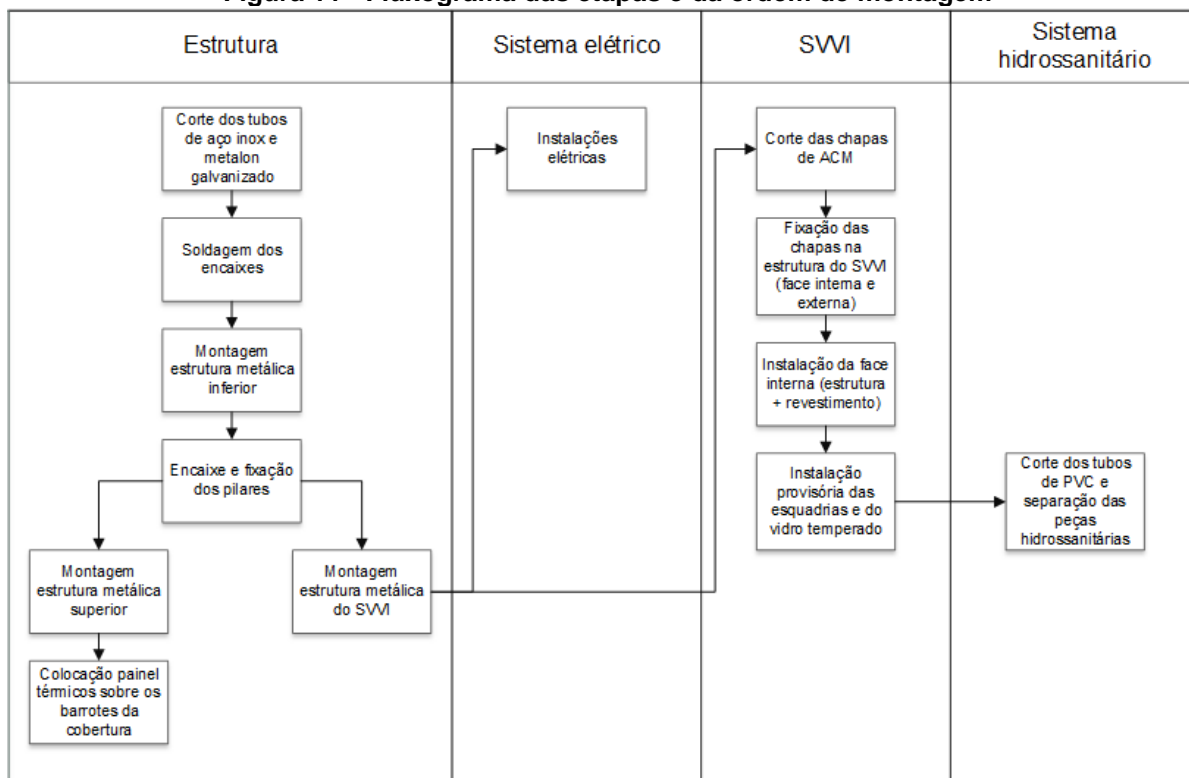
Neste subtópico será apresentado o projeto do módulo em estudo, as etapas de montagem do módulo em fábrica, a desmontagem do mesmo para posterior montagem final *in loco*, conforme os seguintes itens:

a) Projeto e montagem em fábrica do módulo

Serão apresentados os projetos do módulo em estudo e o acompanhamento da produção em fábrica, na mesma ordem em que ocorreu a montagem do módulo, que teve duração de 07 dias.

A Figura 11 apresenta o fluxograma das etapas e da ordem de montagem do módulo.

Figura 11 - Fluxograma das etapas e da ordem de montagem

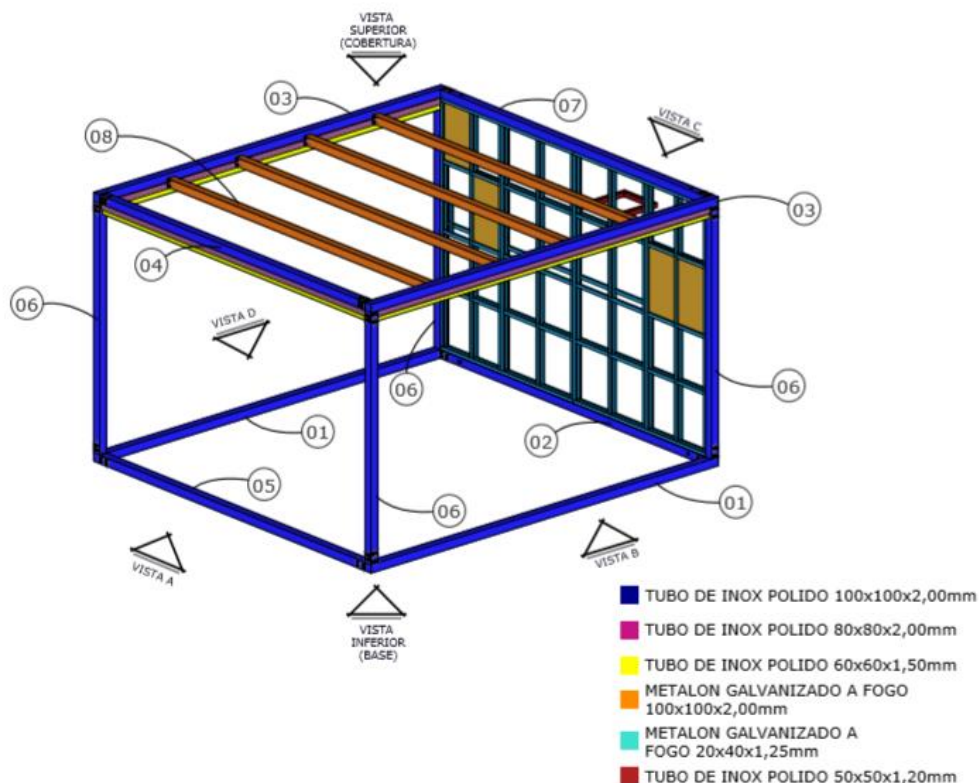


Fonte: Elaboração própria (2020).

1) Estrutura

A estrutura metálica do módulo possui dimensões de 4,70 m x 5,15 m x 3,20 m de altura e foi realizada com tubo de inox polido em locais onde a estrutura metálica é aparente e em metalon galvanizado na estrutura do sistema de cobertura e vedação vertical, pois o mesmo ficará entre os painéis que compõem esses sistemas, conforme a Figura 12. A escolha da utilização do tubo de inox foi devido ao local de instalação do módulo exigir níveis elevados de higiene e, além disso, o aço inox oferece mais segurança devido à facilidade de limpeza e manutenção de higiene, o que evita contaminações pelo contato com microrganismos (ABINOX, 2018).

Figura 12 - Materiais utilizados para a estruturação do módulo em estudo

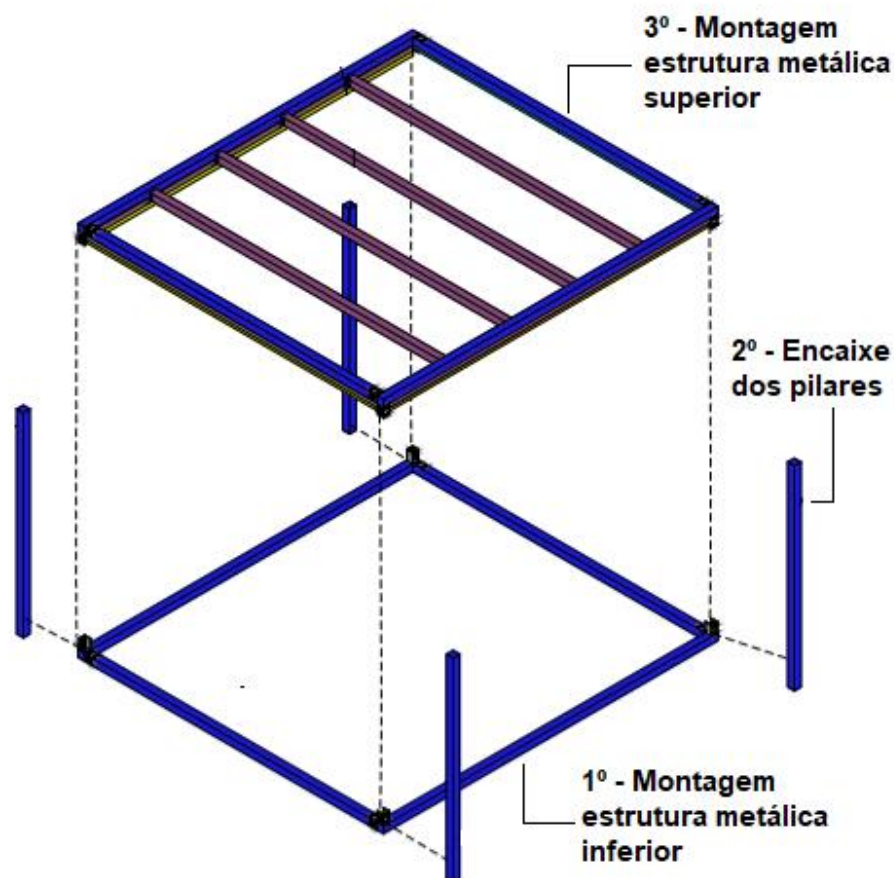


Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Cada peça do sistema estrutural possui uma identificação numérica, sendo que a peça 01 é o perfil para fixação junto à peça 02; na peça 02 encontram-se as chapas soldadas para a fixação das peças 01 e também possui as furações para a passagem do sistema hidráulico; a peça 03 é soldada com perfis menores (dentes) e possui chapas soldadas para fixação das peças; a peça 04 é o perfil para fixação junto à peça 03; na peça 05 encontram-se as chapas soldadas para a fixação das peças 01; a peça 06 é o pilar de apoio; a peça 07 é a estrutura do sistema de vedação vertical; e a peça 08 é o barroamento para o painel térmico e forro de gesso modular.

As etapas de montagem dos componentes metálicos seguiram a seguinte ordem: montagem da estrutura metálica inferior, encaixe dos pilares para fazer a junção da parte inferior e cobertura, e montagem da estrutura metálica superior (Figura 13).

Figura 13 - Mapa de montagem da estrutura do projeto em estudo



Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

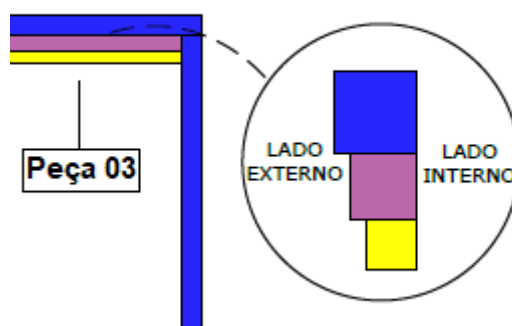
Sendo assim, a produção do módulo em fábrica teve início pelo corte dos tubos de aço inox e metalon galvanizado nas dimensões necessárias para a montagem da estrutura. Após essa etapa, iniciou-se a soldagem dos encaixes para possibilitar a ligação entre as vigas e os pilares da estrutura (Figura 14). Além disso, de acordo com o projeto estrutural a viga da cobertura (Figura 12 – peça 03) do módulo possui dentes com função estética (Figura 15), sendo assim, os tubos de aço inox já foram soldados entre si para garantir as especificações de projeto, conforme Figura 13, no qual apresenta as peças numeradas de acordo com a Figura 12.

Figura 14 - Detalhe dos encaixes e da viga de cobertura respectivamente



Fonte: Elaboração própria (2020).

Figura 15 - Dentes com função estética da peça 03



Fonte: Elaboração própria (2020).

Após conectar os encaixes, iniciou-se a montagem da parte inferior do módulo e nivelamento do mesmo. Na etapa de montagem foi realizado o encaixe das quatro vigas inferiores para em seguida nivelar a estrutura, logo após foi realizada a fixação dos quatro pilares na estrutura metálica inferior. Posterior ao encaixe das vigas inferiores e pilares da estrutura, foi feito a furação dos mesmos para possibilitar a fixação através de parafusos, conforme apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Furação dos encaixes, vigas inferiores e pilares para possibilitar a fixação com parafusos



Fonte: Elaboração própria (2020).

Na Figura 17 é apresentado o detalhe das furações e das soldas dos encaixes para possibilitar a ligação das vigas e dos pilares, a solda utilizada foi do tipo MIG com arame de inox. Além disso, na imagem (b) da Figura 17 é possível perceber que foram soldadas porcas na parte interna dos furos para viabilizar a fixação dos parafusos.

Figura 17 - Detalhes das furações e soldas dos encaixes



(a)

(b)

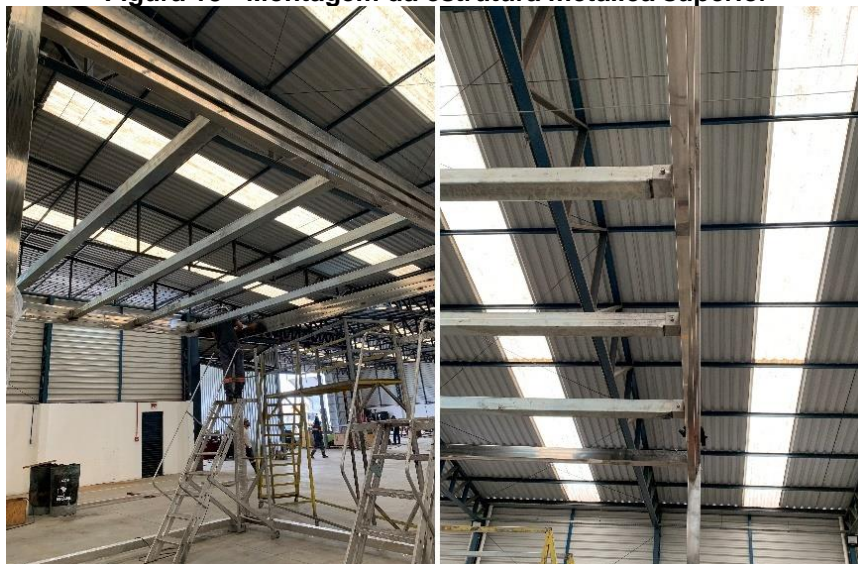
Fonte: Elaboração própria (2020).

Cabe ressaltar que esse método de encaixe e fixação foi utilizado, pois toda a estrutura será desmontada para possibilitar o transporte até o local de instalação e posterior montagem no local.

Logo após foi executada a montagem da estrutura metálica superior, na qual foram fixadas primeiramente as vigas superiores sobre os pilares (da mesma forma que foi realizado a fixação das vigas inferiores), para então instalar os barrotes

em metalon galvanizado, que são as estruturas que sustentam os painéis da cobertura, de acordo com a Figura 18.

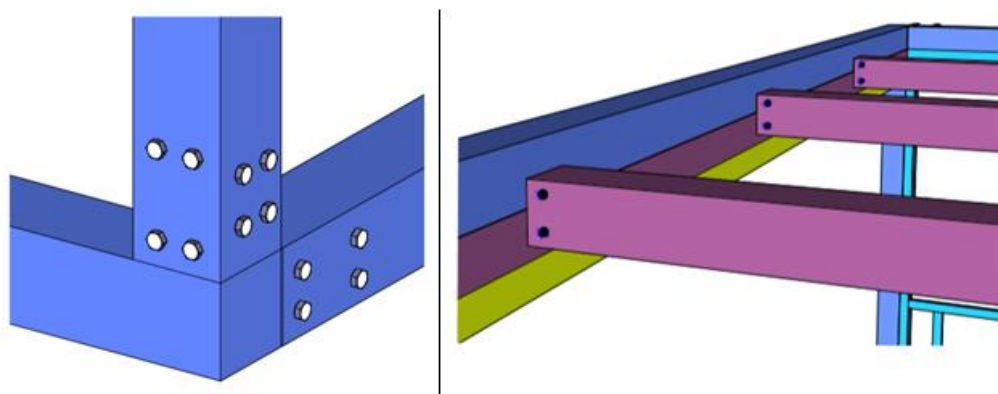
Figura 18 - Montagem da estrutura metálica superior



Fonte: Elaboração própria (2020).

As furações para realizar o acoplamento entre os componentes da estrutura foram especificadas em projeto, conforme a Figura 19.

Figura 19 - Furos para as ligações nos cantos e furos para as ligações do barroteamento da cobertura do projeto em estudo

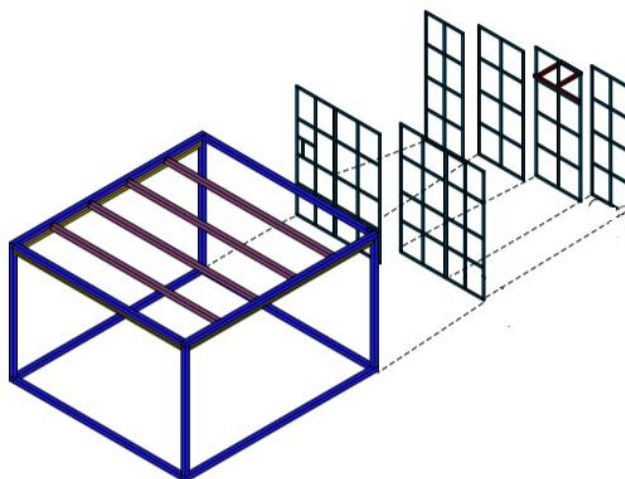


Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Paralelo à montagem da estrutura metálica superior, foi realizada a montagem da estrutura metálica do sistema de vedação vertical interno (SVVI), no qual consistiu em 2 elementos iguais produzidos em metalon galvanizado, os quais foram instalados na face interna e externa da estrutura que possui o suporte acoplado para a condicionadora de ar.

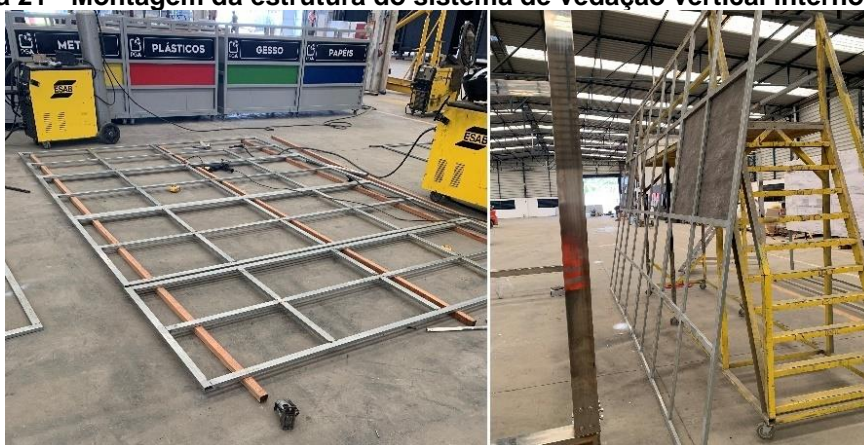
A Figura 20 apresenta o projeto do mapa de montagem da estrutura de SVVI e a Figura 21 mostra a fabricação e montagem da estrutura dentro da fábrica.

Figura 20 - Mapa de montagem da estrutura do sistema de vedação vertical interno do projeto em estudo



Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Figura 21 - Montagem da estrutura do sistema de vedação vertical interno (SVVI)



Fonte: Elaboração própria (2020).

Em relação aos conectores utilizados para realizar a fixação dos componentes, para as ligações nos cantos da parte inferior com os pilares foi utilizado o parafuso M12 x 100 mm de inox; para a ligação do barroteamento da cobertura foi utilizado o parafuso M12 x 40 mm de aço, pois os pilares são de tubos de aço inox e os barrotos da cobertura são tubos de metalon zincado; para a ligação da estrutura da face interna e externa do sistema de vedação vertical interno (SVVI) foi utilizado o parafuso zincado de cabeça chata 4,8 x 45 mm, conforme apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Parafusos utilizados na etapa estrutural do projeto em estudo



Fonte: Elaboração própria (2020).

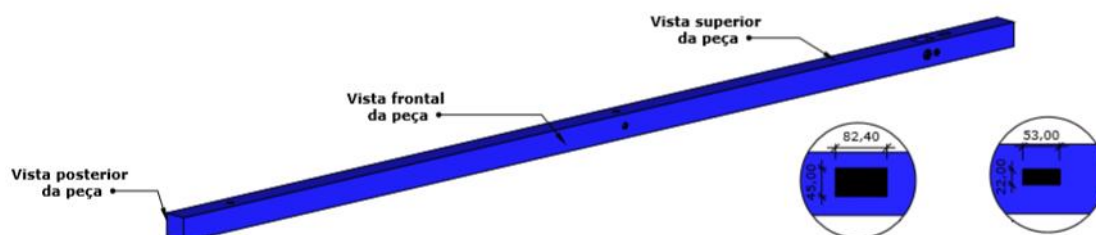
Foram feitas furações para a passagem da tubulação hidráulica (Figura 23) na viga inferior de aço inox (Figura 12 – peça 02), conforme especificado em projeto (Figura 24).

Figura 23 - Furação na estrutura metálica para passagem do sistema hidráulico



Fonte: Elaboração própria (2020).

Figura 24 - Furos projetados para a passagem do sistema hidráulico do projeto em estudo



Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Em paralelo às furações para a passagem do sistema hidráulico, foi feita a colocação do painel térmico com núcleo em poliisocianurato (PIR) com espessura de 50 mm (Figura 25) e fixado nos barrotes da cobertura com parafusos auto brocantes 12 x 3.1/4" de aço (Figura 26).

A Figura 25 mostra como os painéis térmicos são posicionados sobre os barrotes da cobertura.

Figura 25 - Painel térmico sobre barrotes metálicos



Fonte: Elaboração própria (2020).

A Figura 26 mostra o parafuso utilizado para a fixação dos painéis térmicos.

Figura 26 - Parafuso utilizado para a fixação dos painéis térmicos



Fonte: Elaboração própria (2020).

Para a fixação do painel térmico nos barrotes, os parafusos foram dispostos de acordo com a Figura 27 e foi realizada a vedação com selante no local de fixação das placas para evitar infiltrações pela abertura do parafuso.

Figura 27 - Posicionamento dos parafusos para a fixação do painel térmico

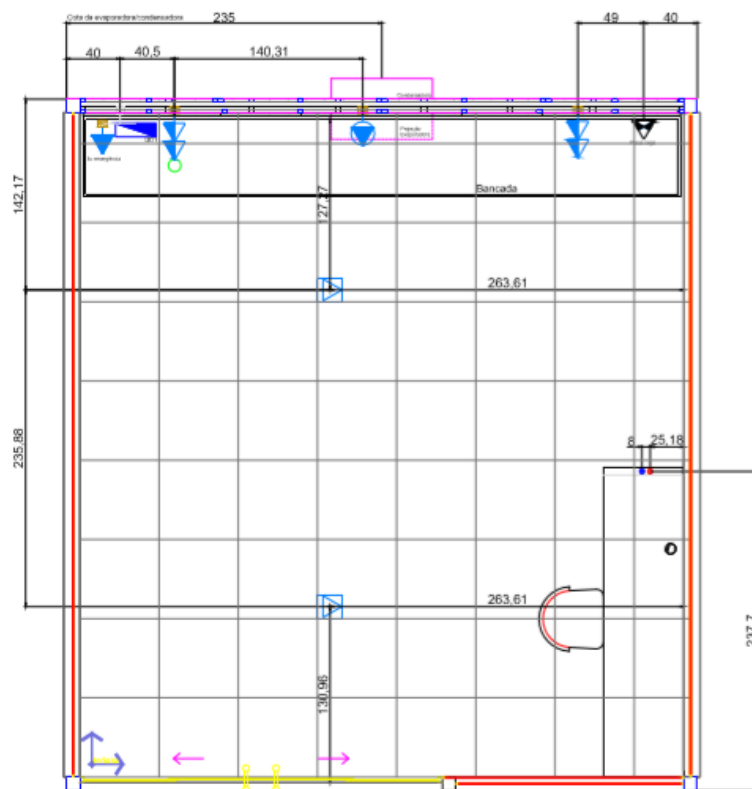


Fonte: Elaboração própria (2020).

2) Sistema elétrico

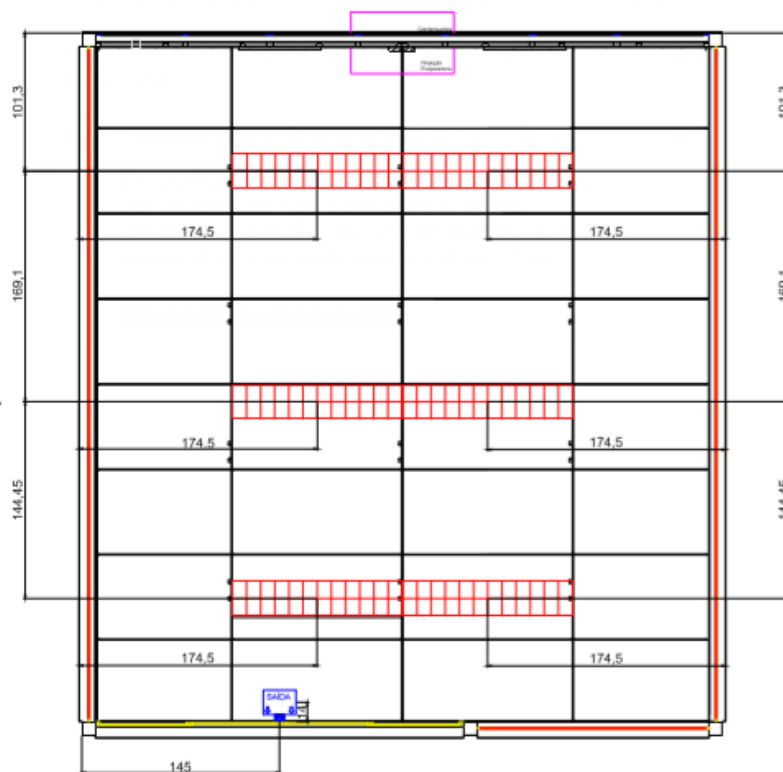
A execução do sistema elétrico foi realizada em conformidade com o projeto elétrico e luminotécnico apresentados nas Figuras 28 e 29, respectivamente. O módulo possui uma potência instalada de 4101,00 W para atender aos circuitos de iluminação geral, iluminação de emergência, tomadas de uso geral, ar condicionado, tomada para computador e tomadas no piso.

Figura 28 - Planta baixa do projeto elétrico do projeto em estudo



Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Figura 29 - Planta baixa do projeto luminotécnico do projeto em estudo



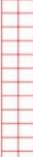









Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

A Figura 30 mostra a legenda dos projetos apresentados nas Figuras 28 e 29.

Figura 30 - Legenda dos projetos elétricos e luminotécnicos do projeto em estudo

Legenda de indicações	
Elétrica	
	Teto
	Piso
Lógica	
	Piso

Legenda	
	Bloco autônomo sinal de saída de emergência no teto
	Interruptor simples e Tomada dupla 3P+T a 1,45m do piso
	Luminária calha 2x20w 120cm para forro modular
	Quadro de distribuição Moratori 15disj a 1,60m do piso
	Tampa cega a 1,45m do piso
	Tomada alta a 2,30m do piso
	Tomada INOX 4x2" no piso
	Tomada alta para luminária de emergência a 2,30m do piso
	Ponto para rede elétrica no móvel (Piso)
	Ponto para rede lógica no móvel (Piso)

Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

A Figura 31 mostra a instalação do quadro de distribuição e dos pontos de tomadas e interruptores.

Figura 31 - Instalação elétrica (Quadro de Distribuição de Energia)



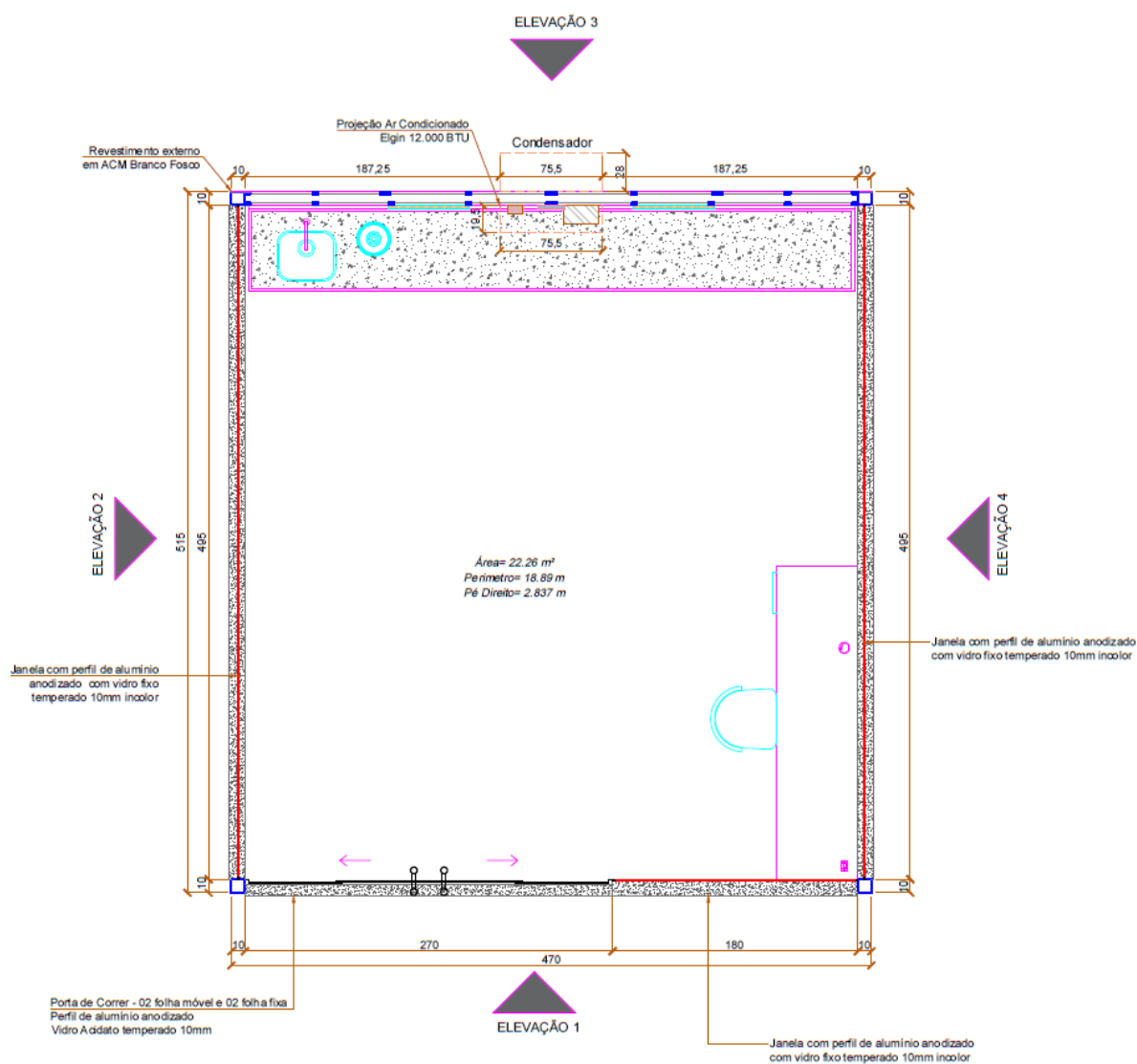
Fonte: Elaboração própria (2020).

3) Sistema de vedação vertical interno (SVVI)

Com relação ao sistema de vedação vertical do módulo, apenas uma das elevações foi utilizado o ACM (Material de alumínio composto) branco fosco com espessura de 3 mm (Elevação 3 apresentada na Figura 32) interna e externamente.

As demais elevações foram vedadas com esquadrias de vidro translúcido temperado de 10 mm com perfil de alumínio galvanizado, sendo a fachada frontal (Elevação 1 apresentada na Figura 32) uma esquadria com duas folhas móveis e duas folhas fixas e as duas fachadas laterais (Elevação 2 e 4 apresentadas na Figura 32) 3 folhas fixas.

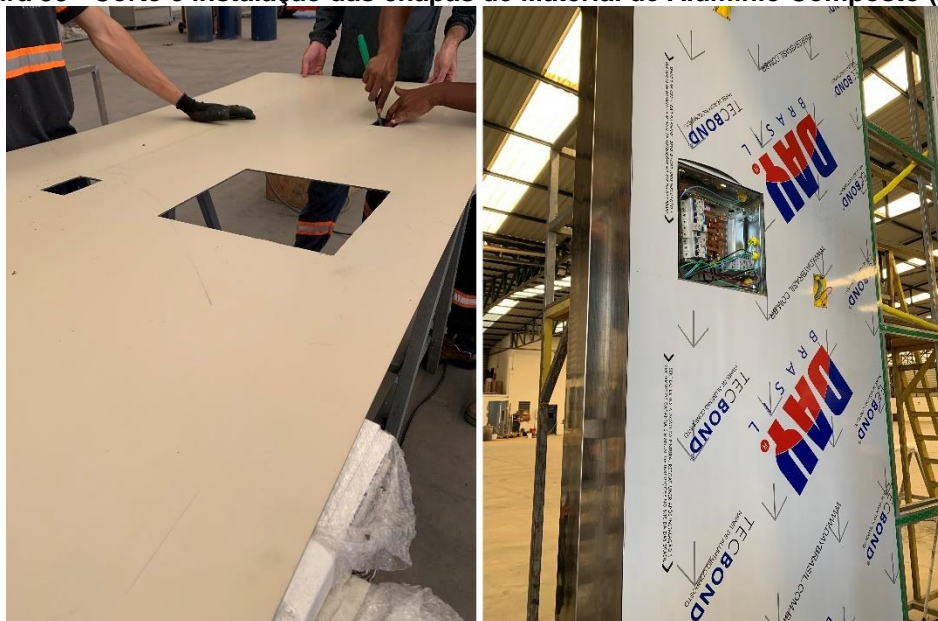
Figura 32 - Planta baixa do projeto modular em estudo com indicação das elevações



Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Foram realizados os cortes nas chapas de ACM de acordo com o mapeamento das instalações elétricas e hidráulicas para então fixar as chapas na estrutura de vedação vertical interna do módulo (Figura 33). As chapas de ACM são utilizadas como acabamento final e foram fixadas com fita 3M VHB dupla face.

Figura 33 - Corte e instalação das chapas de Material de Alumínio Composto (ACM)



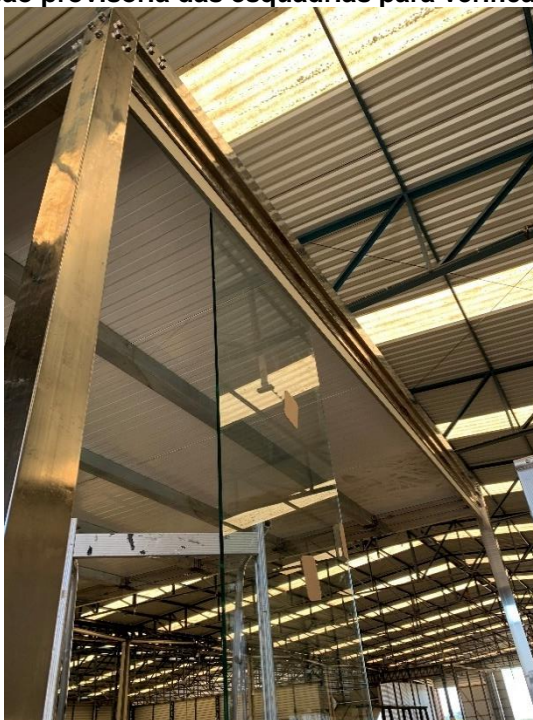
Fonte: Elaboração própria (2020).

As chapas de ACM utilizadas no revestimento externo do SVVI foram cortadas na fábrica da empresa do estudo de caso, mas foram instaladas apenas *in loco*, pois, antes de fixar as chapas de ACM foi necessário realizar a instalação das peças hidrossanitárias entre as estruturas do SVVI.

Sendo assim, definiu-se que a face externa (estrutura e revestimento) do sistema de vedação vertical fosse fixada por último, pois após colar as chapas de ACM não será mais possível realizar manutenções sem danificar o revestimento.

Para finalizar a etapa de montagem do módulo em fábrica, a empresa responsável por fornecer as esquadrias instalou os perfis de alumínio e verificou se os vidros solicitados estavam nas dimensões corretas (Figura 34).

Figura 34 - Instalação provisória das esquadrias para verificação das dimensões

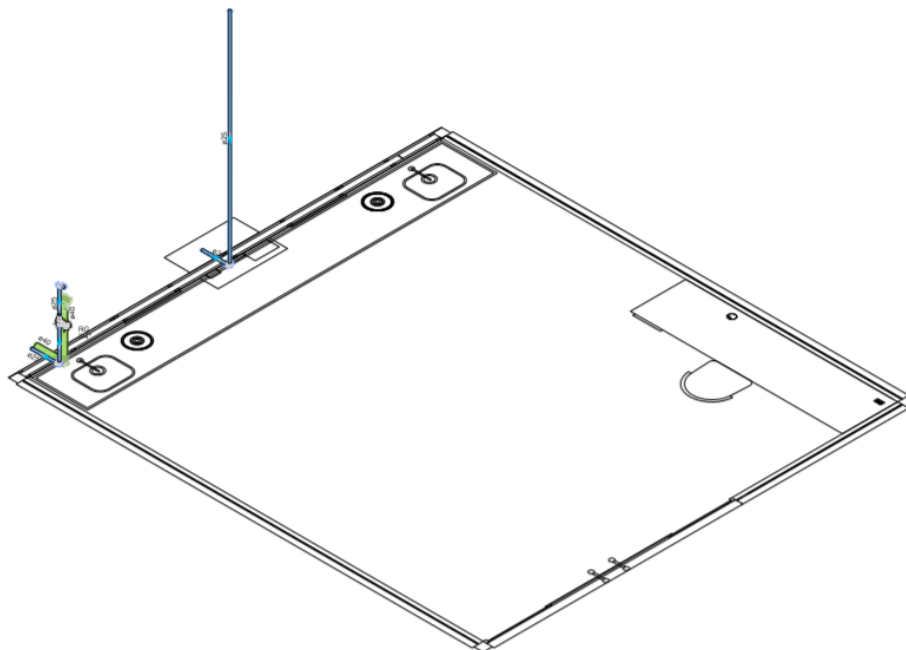


Fonte: Elaboração própria (2020).

4) Sistema hidrossanitário

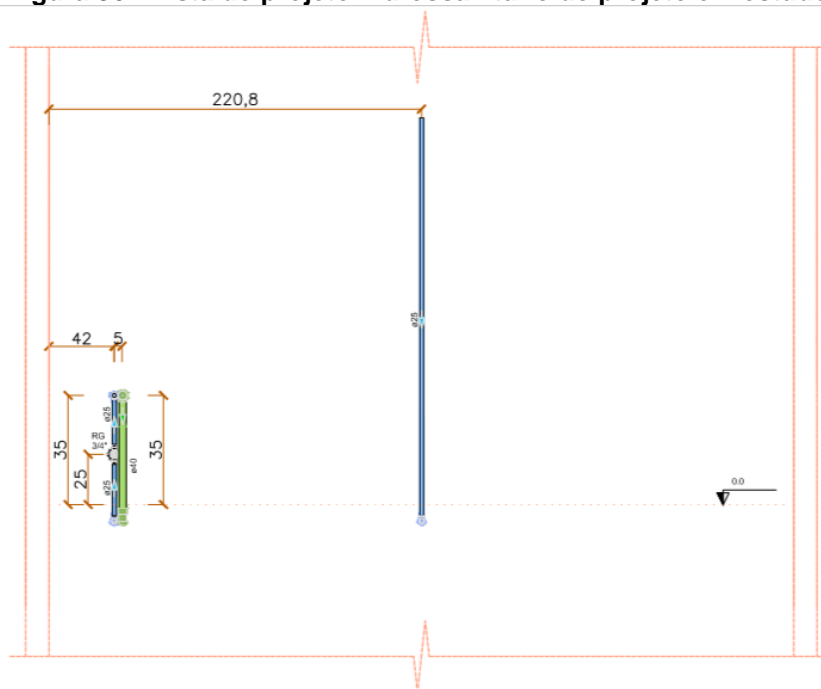
O projeto hidrossanitário do módulo em estudo possui um ponto de água fria com diâmetro de 25 mm, uma saída de esgoto com diâmetro de 40 mm para uma pia, e uma saída do dreno de água da condensadora com diâmetro de 25 mm, conforme mostram as Figuras 35 e 36.

Figura 35 - Projeto isométrico do sistema hidrossanitário do projeto em estudo



Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Figura 36 - Vista do projeto hidrossanitário do projeto em estudo



Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Simultâneo à instalação das esquadrias foi realizado o corte dos tubos de PVC e a separação das peças hidrossanitárias necessárias para a instalação (Figura 37), conforme especificado em projeto (Figura 35 e 36). Essas peças foram enviadas para serem instaladas *in loco*.

Figura 37 - Separação das peças para instalação do sistema hidrossanitário *in loco*



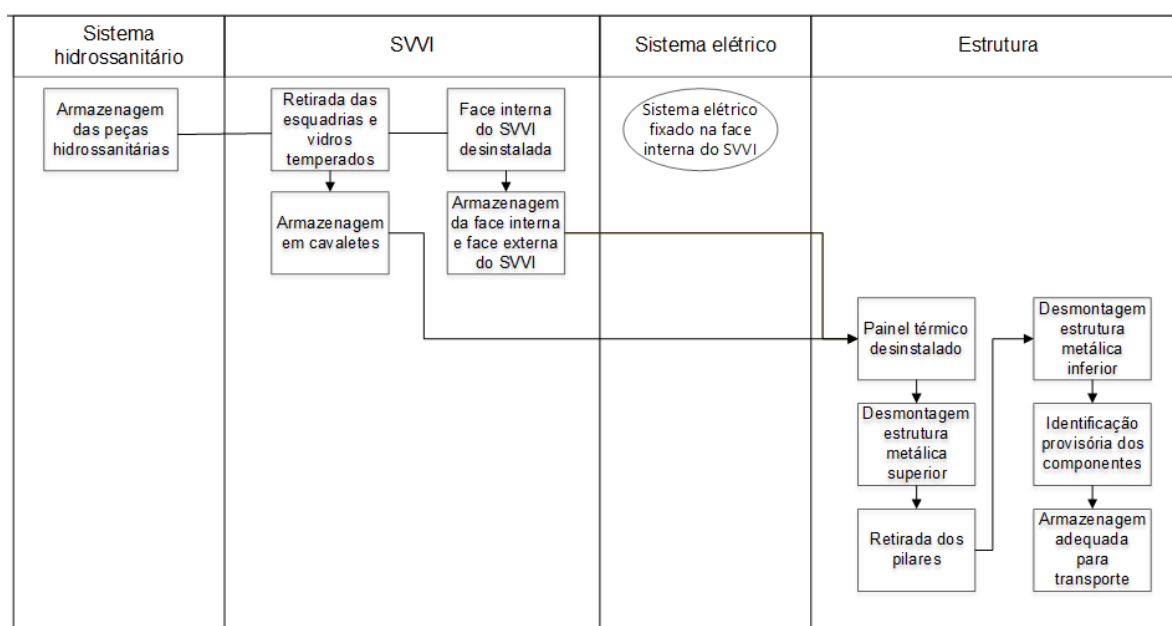
Fonte: Elaboração própria (2020).

b) Desmontagem em fábrica do módulo

Posterior a montagem do módulo, foi dado início à etapa de desmontagem para possibilitar a instalação do módulo *in loco*. A desmontagem durou um dia e todos os componentes foram embalados adequadamente para não serem danificados durante o transporte, além disso, as peças foram identificadas e numeradas para que a montagem *in loco* fosse realizada corretamente.

A Figura 38 apresenta o fluxograma das etapas e da ordem de desmontagem do módulo em estudo.

Figura 38 - Fluxograma das etapas e da ordem de desmontagem



Fonte: Elaboração própria (2020).

A desmontagem teve início com a retirada dos vidros temperados e armazenamento dos mesmos em cavaletes. Após a retirada dos vidros, os perfis de alumínio que estavam parafusados foram desinstalados e embalados. Todo o serviço referente às esquadrias foi realizado pela empresa que forneceu o produto.

Simultânea à etapa de desmontagem das esquadrias, a equipe da empresa encaixotou todas as peças hidrossanitárias e desinstalou a face interna do sistema de vedação vertical (Figura 39). A face externa já foi cortada e montada separadamente, sendo assim, foi necessário apenas embalar.

Figura 39—Revestimento interno do sistema de vedação vertical desinstalado



Fonte: Elaboração própria (2020).

As instalações elétricas foram transportadas fixadas na face interna do sistema de vedação vertical, portanto, não foi necessário refazer as instalações elétricas *in loco*.

Na Figura 40 é apresentado o sistema de vedação vertical interno (face interna e externa) devidamente acondicionados no cavalete.

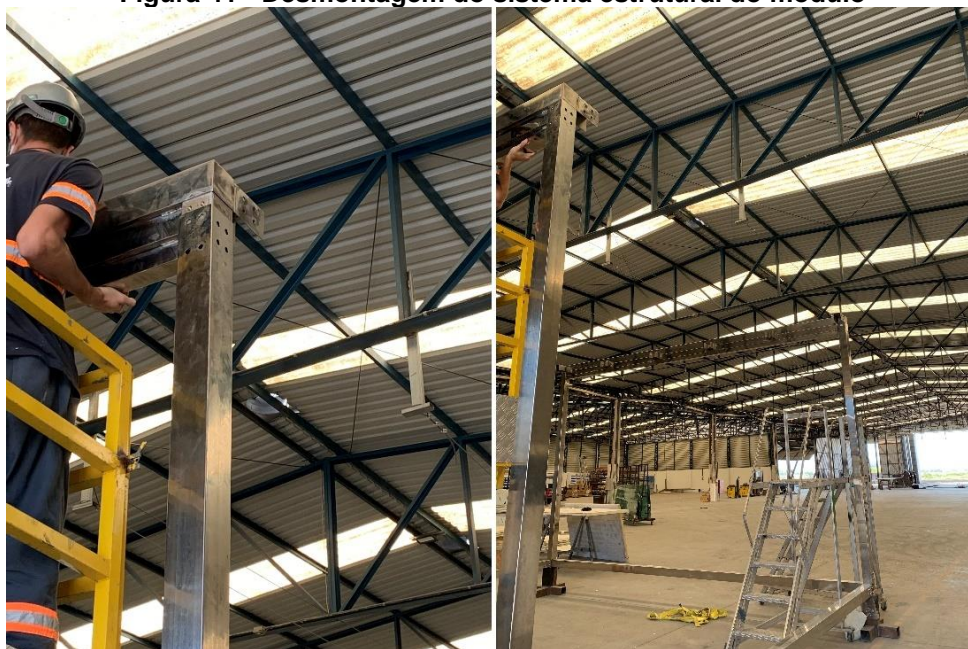
Figura 40 - Sistema de vedação vertical interno (SVVI) embalado para o transporte



Fonte: Elaboração própria (2020).

Após desinstalar esses componentes, restou desmontar a estrutura do módulo. O processo de desmontagem da estrutura ocorreu de forma inversa à montagem, ou seja, foram retiradas primeiramente as vigas da cobertura, depois os pilares e por último foi desmontada a parte das vigas inferiores, conforme apresentado na Figura 41.

Figura 41 - Desmontagem do sistema estrutural do módulo



Fonte: Elaboração própria (2020).

Durante à desmontagem da estrutura metálica foi realizada a identificação provisória dos componentes para que a montagem *in loco* fosse realizada corretamente (Figura 42).

Figura 42 - Identificação provisória dos elementos do sistema estrutural



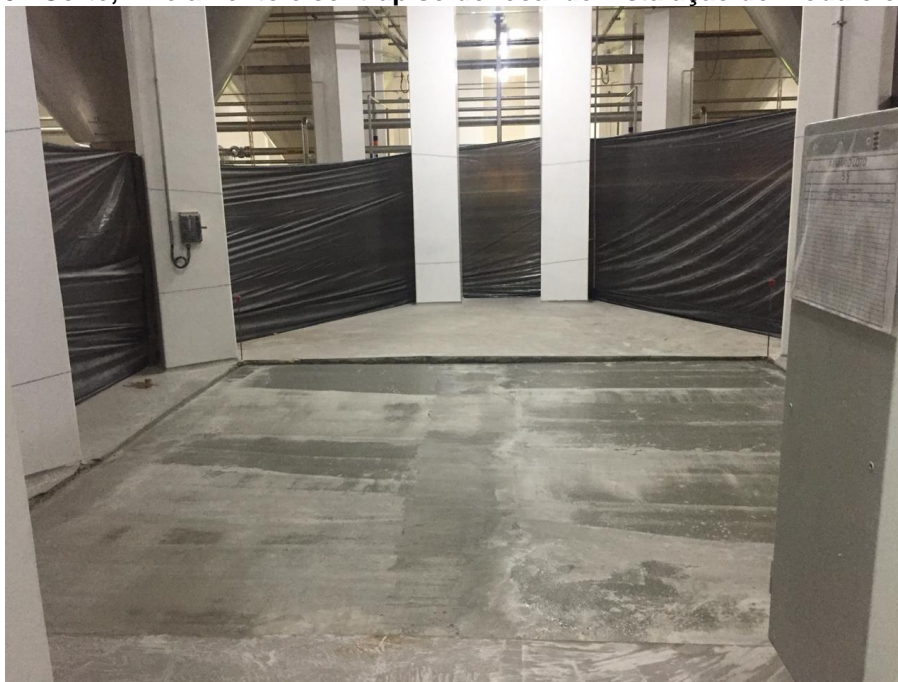
Fonte: Elaboração própria (2020).

c) Montagem *in loco* do módulo

Todas as etapas de montagem apresentadas no item “a” desse subtópico ocorreram da mesma forma *in loco*, sendo assim, será apresentado apenas a montagem dos itens para a finalização da montagem do módulo em estudo.

Primeiramente, como o piso do local de instalação era inclinado, foi cortado todo o perímetro que será locado o módulo com uma serra *clipper* e foi nivelado todo o local com a referência 0,00 do galpão. Após essa etapa, foi feito o contrapiso como preparação para receber o revestimento de porcelanato, conforme apresentado na Figura 43.

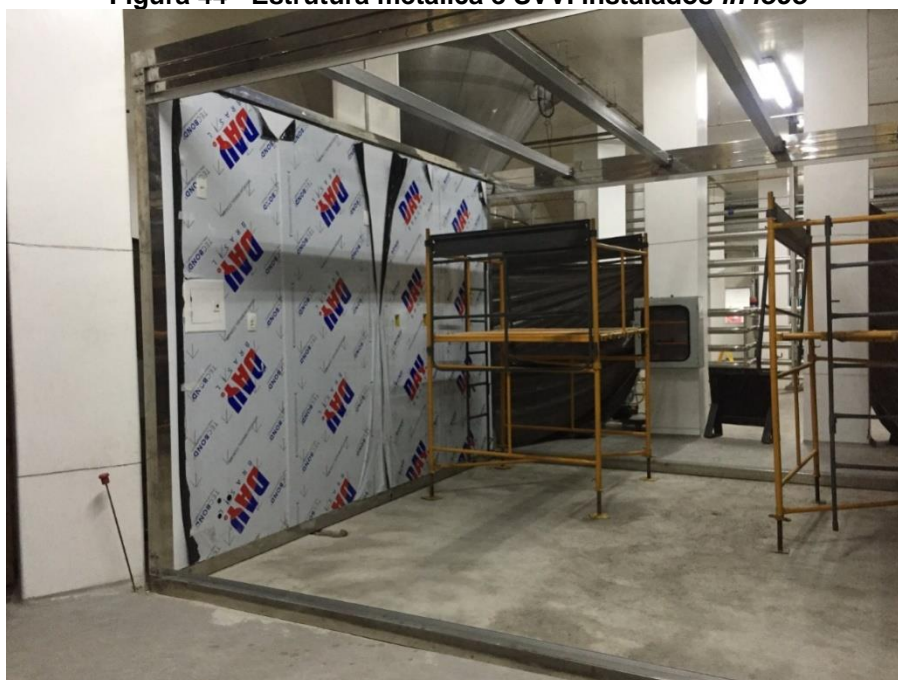
Figura 43 - Corte, nivelamento e contrapiso do local de instalação do módulo em estudo



Fonte: Elaboração própria (2020).

Em seguida a estrutura metálica e o sistema de vedação vertical interno (SVVI) revestido com placas de ACM foram instalados *in loco* (Figura 44), da mesma forma que foram montados na primeira vez na fábrica. A estrutura metálica do módulo foi apenas apoiada sobre o contrapiso.

Figura 44 - Estrutura metálica e SVVI instalados *in loco*



Fonte: Elaboração própria (2020).

Depois dessas etapas, as esquadrias de vidro foram instaladas nas demais elevações, conforme Figura 45.

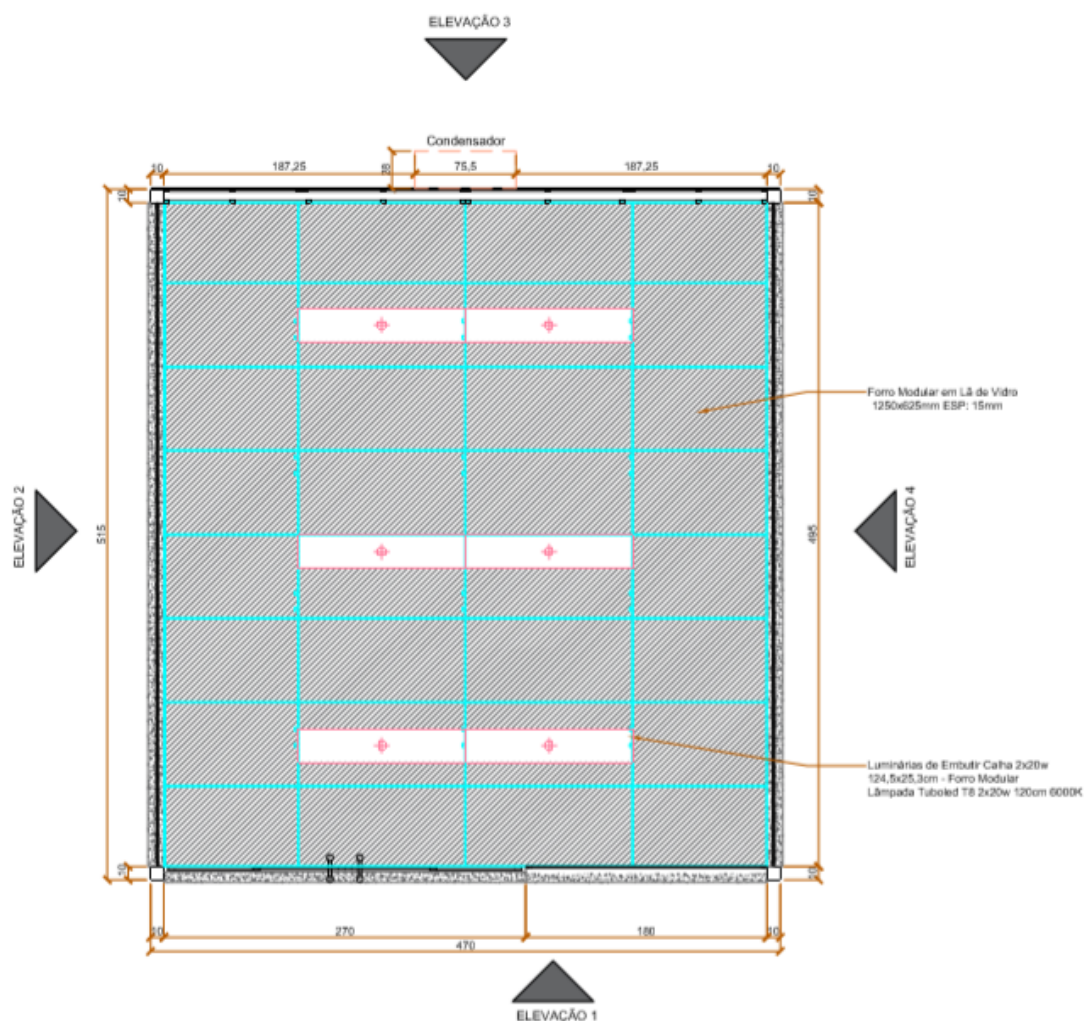
Figura 45 - Esquadrias de vidros instaladas



Fonte: Elaboração própria (2020).

O forro instalado foi em gesso modular removível com espessura de 15 mm e pé direito interno de 2,84 m, conforme a paginação da Figura 46. Além disso, as luminárias com lâmpadas de LED tubular T8 2x20 W foram embutidas no forro.

Figura 46 - Projeto de paginação do forro de gesso modular do projeto em estudo



Fonte: Dados fornecidos pela empresa do estudo de caso (2020).

Para a instalação do forro modular foi necessário fixar com parafusos ponta broca flangeado philips 4,2x13 (Figura 47) os tirantes nos barrotes da cobertura, esses tirantes são responsáveis por suportar as longarinas e travessas (Figura 48) que são perfis de alumínio que servem de apoio para o forro de gesso modular.

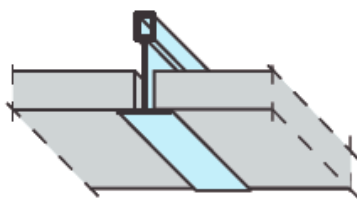
Figura 47 - Parafuso utilizado para a instalação do forro de gesso modular



Fonte: Elaboração própria (2020).

A Figura 48 apresenta como funciona o sistema de longarinas e travessas do forro de gesso removível.

Figura 48 - Forro de gesso removível apoiado sobre a longarina



Fonte: Owa Brasil (2020).

O piso utilizado foi o porcelanato Munari Concreto de dimensões 60x60 cm com rejunte Quartzolit epóxi Cinza-Platina de 1,5 mm, e foi instalado conforme a paginação apresentada na Figura 49. As soleiras são de granito preto São Gabriel com espessura de 2,2 cm.

A Figura 51 mostra o modelo de cunha utilizada para o nivelamento do piso na hora da instalação.

Figura 51–Modelo de cunha utilizada para nivelamento do piso



Fonte: Elaboração própria (2020).

A Figura 52 apresenta o módulo finalizado com os móveis já montados.

Figura 52 - Módulo finalizado



Fonte: Elaboração própria (2020).

4.2.2 Aplicação e análise do *check-list* das diretrizes de projeto para desconstrução

Como o módulo em estudo foi montado e desmontado dentro da fábrica e transportado desmontado para facilitar a instalação no local, a tendência de atender às diretrizes de projeto para desconstrução são maiores que um módulo básico produzido pela empresa, pois de acordo com Khalili e Chua (2011), o projeto pensado para desconstrução é uma forma de projetar para maximizar a flexibilidade da construção, e garantir que um edifício seja facilmente desmontado, que é o caso do projeto selecionado para o estudo de caso.

Conforme descrito na metodologia, o *check-list* de projeto para desconstrução (Tabela 02) foi aplicado por etapa de obra (estrutura, SVVI, instalações, sistema de cobertura, acabamento e geral) e por diretrizes gerais (Diretriz Geral 01: simplificação; Diretriz Geral 02: adaptabilidade; Diretriz Geral 03: camadas; Diretriz Geral 04: acessos; Diretriz Geral 05: conexões; Diretriz Geral 06: durabilidade dos componentes; Diretriz Geral 07: riscos e segurança; Diretriz Geral 08: sustentabilidade e Diretriz Geral 09: gestão organizacional). No Apêndice B é apresentado o *check-list* de projeto para desconstrução com todas as diretrizes gerais, enquanto que nesse tópico o *check-list* será apresentado separadamente por diretriz geral.

1) Diretriz Geral 01: simplificação

Na Tabela 03 é apresentado o resultado da aplicação do *check-list* da Diretriz Geral 01 de projeto para desconstrução, referente à simplificação do sistema construtivo para todas as etapas da fabricação do módulo em estudo. Segundo Crowther (2000), quanto mais complexa a tecnologia empregada na construção, mais difícil torna-se a desmontagem. Dessa forma, para facilitar o processo de desconstrução, o sistema construtivo deve ser menos complexo e possuir o menor número de componentes e materiais possíveis (WEBSTER et al, 2005).

Essa diretriz geral foi aplicada por etapa separadamente (Estrutura, SVVI, Instalações, Sistema de cobertura e Acabamentos), as diretrizes específicas não serão aplicadas na etapa geral, pois a mesma refere-se ao projeto como um todo, considerando todas as etapas construtivas juntas.

Tabela 03 - Check-list das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 01 - simplificação

DIRETRIZ DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
1.	SIMPLIFICAÇÃO						
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
1.1.	Redução de tipos de materiais utilizados	○	○	○	○	○	-
1.2.	Redução de tipos de componentes	○	○	○	○	○	-
1.3.	Redução de peso de componentes	○	○	○	○	○	-
1.4.	Forma ergonômica de elementos prevendo a manutenção manual	○	○	○	○	○	-

○ = diretriz atendida; ● = diretriz parcialmente atendida; ✗ = diretriz não atendida; - = diretriz não aplicada

Fonte: Elaboração própria (2020).

a) Estrutura

Em relação à primeira diretriz geral, referente à simplificação do sistema construtivo, o projeto atende a todas as diretrizes específicas, conforme Tabela 03. Sendo assim, o projeto atende a diretriz específica 1.1 (redução de tipos de materiais utilizados), pois o mesmo utiliza apenas aço inox e aço galvanizado na estrutura. Atende também ao item 1.2 (redução de tipos de componentes), pois o projeto em estudo utiliza apenas tubos em metalon e aço inox de diferentes dimensões e 3 tipos de parafusos para realizar a montagem.

Relacionado à diretriz específica 1.3 (redução de peso de componentes), o projeto atende a esse item, pois a peça com maior dimensão (100 x 100 mm) e maior comprimento (5,15 m) possui 46,74 Kg de massa (de acordo com os dados do fabricante), e conforme Art. 198 do Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943 (BRASIL, 1943), o peso máximo que um empregado pode remover individualmente é de 60 Kg.

Além dessas diretrizes, o projeto atende também ao item 1.4 (forma ergonômica de elementos prevendo a manutenção manual), pois todas as partes da estrutura possuem dimensão máxima 100x100 mm e comprimento de 5,15 m (Figura 10) e, conforme acompanhamento na obra, o transporte dos componentes foi

realizado facilmente por duas pessoas. Porém, as peças não foram projetadas visando à manutenção manual, como está especificado na diretriz específica, foram projetadas tendo em vista à rápida montagem e o carregamento das peças até o local de instalação.

b) Sistema de vedação vertical interno (SVVI)

A diretriz específica 1.1 que se refere à redução dos tipos de materiais utilizados é atendida, pois foi utilizado no SVVI apenas placas de ACM, vidro temperado e os materiais necessários para fixar, como fita 3M VHB dupla face para fixar as chapas de ACM na estrutura metálica, parafusos de aço inox para fixar os perfis de alumínio, e silicone para fixar o vidro temperado nas esquadrias. A partir disso, a diretriz específica 1.2 (redução de tipos de componentes) também é atendida, pois foram utilizados apenas os componentes necessários para fazer o fechamento das paredes, como as placas de ACM, vidro temperado, e o perfil de alumínio.

Além disso, como o sistema de vedação vertical foi executado em função da desmontagem e montagem, as diretrizes específicas 1.3 (redução de peso de componentes) e 1.4 (forma ergonômica de elementos prevendo a manutenção manual) são atendidas, ou seja, o peso da maior chapa de ACM (2,90x1,215 m) recortada para utilizar no SVVI é de 10 Kg, enquanto que o peso máximo para o maior recorte de vidro temperado (0,892 x 2,772 m) é de 62 Kg. Com isso, é possível perceber que o peso do vidro temperado não respeita o Art. 198 do Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943 (BRASIL, 1943), que admite 60 Kg como peso máximo que um empregado pode remover individualmente. Porém, todo o processo de montagem e desmontagem das paredes foi realizado por duas pessoas, no mínimo, e com máximo conforto ergométrico e segurança, o que faz com que as diretrizes sejam atendidas.

c) Instalações hidrossanitárias e elétricas

O projeto em estudo atende a todas as diretrizes específicas, pois foi utilizado apenas os materiais e componentes necessários para a instalação do sistema hidrossanitário e elétrico, diretrizes específicas 1.1 (redução de tipos de materiais utilizados) e 1.2 (redução de tipos de componentes) respectivamente, como tubos de PVC, conexões de PVC, registro de gaveta de PVC, cabos elétricos,

eletrodutos corrugados de PVC, caixas de passagem de PVC, disjuntores e quadro de distribuição.

Além disso, todos os componentes podem ser manuseados facilmente por uma pessoa, conforme observado durante as instalações em fábrica, dessa forma as diretrizes 1.3 (redução de peso de componentes) e 1.4 (forma ergonômica de elementos prevendo a manutenção manual) também são atendidas

d) Sistema de cobertura (cobertura e forro)

O projeto em estudo utiliza apenas o painel térmico de 50 mm com núcleo em PIR (poliisocianurato) e encaixe tipo macho-fêmea para a vedação da cobertura, e placas de gesso removíveis para o revestimento do forro, sendo assim, como são utilizados apenas esses dois componentes, a diretriz específica 1.2 (redução de tipos de componentes) é atendida.

Em relação aos materiais que constituem os componentes, a etapa também atende a diretriz específica 1.1 (redução de tipos de materiais utilizados), ou seja, em conformidade com o fabricante do painel térmico utilizado, o revestimento interno e externo é em aço pré-pintado e o núcleo é em poliisocianurato. Já o forro de gesso removível, possui um acabamento externo em PVC, núcleo em gesso, e sua face oposta é revestida por uma película de alumínio, conforme a ficha técnica do produto. Além disso, foi utilizado parafusos de aço para a fixação dos dois sistemas e, longarinas e travessas de alumínio para a instalação do forro modular.

Relacionado ao peso e forma ergonômica dos elementos (diretriz específica 1.3), os painéis térmicos instalados foram cortados na dimensão de 1220 x 2475 mm e pesam 32 Kg/m², de acordo com as especificações do fabricante, enquanto que o forro de gesso removível possui dimensão de 1250 x 625 mm e pesam, em conformidade com o fabricante, 7,5 Kg/m². Com isso, a placa de painel térmico utilizada pesa 96,92 Kg, o que ultrapassa o peso máximo de 60 Kg permitido para uma pessoa carregar, conforme Art. 198 do Decreto-Lei nº 5.452, de 1º de maio de 1943 (BRASIL, 1943), porém, a instalação dos painéis na cobertura foi realizada por duas pessoas, o que faz com que a diretriz específica 1.3 seja atendida. O forro de gesso modular pesa apenas 5,9 Kg o que vai ao encontro com a essa diretriz. Além disso, ao acompanhar o processo de montagem, foi possível perceber que ambos os sistemas foram instalados facilmente por duas pessoas, sem que houvesse qualquer

risco ergonômico, logo a diretriz específica 1.4 (forma ergonômica de elementos prevendo a manutenção manual) também é atendida.

e) Acabamentos *in loco*

A etapa em estudo atende a todas as diretrizes específicas, pois é utilizado apenas o revestimento de porcelanato esmaltado, a argamassa colante AC3 para a fixação das peças e rejunte epóxi para a vedação das juntas, logo as diretrizes específicas 1.1 (redução de tipos de materiais utilizados) e 1.2 (redução de tipos de componentes) são atendidas, pois são utilizados apenas 3 materiais e 3 componentes.

Além disso, como as peças possuem peso de 6,72 Kg e dimensões de 60x60cm, as diretrizes específicas 1.3 (redução de peso de componentes) e 1.4 (forma ergonômica de elementos prevendo a manutenção manual) também são atendidas, respectivamente.

f) Geral

Diretriz específica não aplicada.

2) Diretriz Geral 02: adaptabilidade

Na Tabela 04 é apresentado o resultado da aplicação do *check-list* da Diretriz Geral 02 de projeto para desconstrução, referente à adaptabilidade da construção, para todas as etapas da fabricação do módulo em estudo. De acordo com Morgan & Stevenson (2005), a adaptabilidade refere-se à antecipação de mudanças, ou seja, projetar edifícios que facilitam mudanças de layout com o mínimo de alterações possíveis.

Essa diretriz geral não foi aplicada por etapa separadamente (Estrutura, SVVI, Instalações, Sistema de cobertura e Acabamentos), pois as diretrizes específicas referem-se ao projeto como um todo, considerando todas as etapas construtivas, logo as diretrizes específicas foram aplicadas apenas na etapa geral.

Tabela 04 - Check-list das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 02 – adaptabilidade

DIRETRIZ DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
2. ADAPTABILIDADE							
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
2.1.	Componentes dimensionados para se adequar em todas as etapas de construção	-	-	-	-	-	✗
2.2.	Uso de sistema de construção aberto com partes substituíveis	-	-	-	-	-	○
2.3.	Adaptável a diferentes padrões de ocupação no plano	-	-	-	-	-	○
2.4.	Construção com grade padronizada e geometria simples	-	-	-	-	-	○
2.5.	Utilização de elementos pré-moldados ou pré-fabricados	-	-	-	-	-	○

○ = diretriz atendida; ● = diretriz parcialmente atendida; ✗ = diretriz não atendida; - = diretriz não aplicada

Fonte: Elaboração própria (2020).

a) Estrutural

Diretriz específica não se aplica.

b) Sistema de vedação vertical interno (SVVI)

Diretriz específica não aplicada.

c) Instalações hidrossanitárias e elétricas

Diretriz específica não aplicada.

d) Sistema de cobertura (cobertura e forro)

Diretriz específica não aplicada.

e) Acabamentos *in loco*

Diretriz específica não aplicada.

f) Geral

Sobre a adaptabilidade da construção, segunda diretriz geral, o módulo em estudo não atende o item 2.1 (componentes dimensionados para se adequar em todas

as etapas de construção) da Tabela 04, pois para a montagem do módulo são utilizados 3 parafusos diferentes para a parte da estrutura. Além disso, são utilizados dois sistemas de vedação vertical interno, cada um com suas propriedades e diferentes fixações. Sendo assim, esses componentes não foram dimensionados para se adequar a todas as partes da construção.

Em relação às diretrizes específicas 2.2 (uso de sistema de construção aberto com partes substituíveis), 2.3 (adaptável a diferentes padrões de ocupação no plano), 2.4 (construção com grade padronizada e geometria simples) e 2.5 (utilização de elementos pré-moldados ou pré-fabricados), o projeto em estudo atende a todas, principalmente por ser uma construção modular fabricada dentro de um ambiente fabril. Conforme ABDI (2015), um sistema de construção aberto é composto por elementos padronizados e que apresentam compatibilidade com elementos de diversos fabricantes, além disso, a modulação e a padronização desses elementos possibilitam a compatibilidade e a interoperabilidade entre os elementos e componentes, sendo assim o projeto em estudo atende à diretriz específica 2.2 (uso de sistema de construção aberto com partes substituíveis).

Em conformidade com o Manual SEDA (Morgan & Stevenson, 2005), a construção é adaptável a diferentes padrões de ocupação no plano quando o projeto permite a máxima flexibilidade de configuração espacial dentro de uma estrutura, ou seja, construções que facilitem mudanças com o mínimo de alterações requeridas.

Além disso, é possível garantir a adaptabilidade através de edifícios com grades padronizadas e geometrias simples. Mesmo em escala individual, como o projeto do módulo em estudo, é possível assegurar a adaptabilidade através das dimensões da sala, geometria simples, e a localização da porta que está em um local estratégico para possibilitar diferentes padrões de ocupação no plano, logo as diretrizes específicas 2.3(adaptável a diferentes padrões de ocupação no plano) e 2.4 (construção com grade padronizada e geometria simples) são atendidas.

Relacionado à diretriz específica 2.5 (utilização de elementos pré-moldados ou pré-fabricados), o projeto em estudo também atende, pois são utilizados elementos pré-fabricados, como as vigas e pilares da estrutura metálica, as chapas de ACM e o vidro temperado do SVVI, os painéis térmicos da cobertura e as placas de forro de gesso removível.

3) Diretriz Geral 03: camadas

Na Tabela 05 é apresentado o resultado da aplicação do *check-list* da Diretriz Geral 03 de projeto para desconstrução, referente à estratificação das camadas para facilitar a manutenção e tornar os serviços acessíveis, para todas as etapas da fabricação do módulo em estudo.

Essa diretriz geral foi aplicada por etapa separadamente (Estrutura, SVVI, Instalações, Sistema de cobertura e Acabamentos), as diretrizes específicas não serão aplicadas na etapa geral, pois a mesma refere-se ao projeto como um todo, considerando todas as etapas construtivas juntas.

Tabela 05 - Check-list das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 03 – camadas

DIRETRIZ DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
3.	CAMADAS						
	ETAPA	ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
3.1.	Projetos de camadas independentes (estrutura, isolamento e revestimento)	-	○	-	○	✗	-
3.2.	Não utilização de composição de materiais e a não fabricação de materiais inseparáveis	○	○	○	○	○	-
3.3.	Não utilização de acabamentos secundários para materiais	○	○	○	○	○	-

○ = diretriz atendida; ● = diretriz parcialmente atendida; ✗ = diretriz não atendida; - = diretriz não aplicada

Fonte: Elaboração própria (2020).

a) Estrutura

A etapa estrutura atende à diretriz específica 3.2 (não utilização de composição de materiais e a não fabricação de materiais inseparáveis), pois é utilizado apenas o metalon e o aço inox na estrutura do módulo. A respeito da terceira diretriz geral, a estrutura da construção atende à diretriz 3.3 sobre evitar acabamentos secundários para os materiais (Kibert, 2003), pois não foi aplicado acabamento de tinta em nenhum dos componentes que compõe a estrutura do módulo. Sendo assim, a etapa vai ao encontro com esse princípio para desconstrução, pois em conformidade com Morgan & Stevenson (2005), os acabamentos secundários, como o de tinta, inibem a reciclagem de alumínio, aço e madeira.

A diretriz específica 3.1 (projetos de camadas independentes) não é aplicada pois a etapa estrutural é composta por apenas uma camada.

b) Sistema de vedação vertical interno (SVVI)

O sistema de vedação vertical foi realizado em camadas independentes onde é possível separar a estrutura metálica do revestimento constituído por chapas de ACM e, então realizar as manutenções no sistema hidrossanitário e elétrico (diretriz específica 3.1 - projetos de camadas independentes), conforme descrito no projeto. Nas demais elevações a vedação vertical é realizada com esquadrias de vidro temperado e não possui infraestrutura sujeita a manutenções periódicas.

Referente à composição de materiais e à fabricação de materiais inseparáveis (diretriz específica 3.2), para possibilitar a reutilização e reciclagem do material (Abdol & Balachandran, 2002; Kibert, 2003), o projeto em estudo atende a essa diretriz. A placa de ACM é composta por duas chapas sólidas de liga de alumínio com um núcleo de polietileno de baixa densidade (DAY BRASIL, 2020), e pode ser 100% reciclável através do aquecimento da placa de ACM abaixo do seu ponto de fusão, para então possibilitar a separação do alumínio e do polímero a fim de garantir o reaproveitamento de ambos os materiais (NAPOLI, 2014).

As elevações com vidro temperado também atendem à diretriz específica 3.2 (não utilização de composição de materiais e a não fabricação de materiais inseparáveis), pois o mesmo possui como matéria-prima básica a sílica (CEBRACE, 2020). Além disso, relacionado ao acabamento secundário dos materiais, a diretriz 3.3 é atendida, pois não são utilizados acabamentos secundários como pinturas nas chapas de ACM e no vidro, o que também aumentam as chances de reutilizar ou reciclar os materiais (Morgan & Stevenson, 2005).

c) Instalações hidrossanitárias e elétricas

Os materiais utilizados para as instalações não são fabricados a partir da composição de materiais inseparáveis (diretriz específica 3.2), como, por exemplo, os cabos elétricos que são compostos por fios de cobre com isolamento em PVC (MUNDO DA ELÉTRICA, 2020), mas que podem ser facilmente separados com a utilização de um alicate, como observado no processo de montagem do módulo. Além disso, os

materiais utilizados não possuem acabamentos secundários (diretriz específica 3.3), o que possibilita a reutilização e reciclagem (Morgan & Stevenson, 2005).

A diretriz específica 3.1 não é aplicada pois a etapa de instalações hidrossanitárias e elétricas é composta por apenas uma camada.

d) Sistema de cobertura (cobertura e forro)

Os barrotes metálicos da cobertura, os painéis térmicos e o forro modular foram instalados em camadas independentes, o que vai ao encontro com a diretriz específica 3.1, que se refere à separação das camadas para tornar os serviços de manutenção mais acessíveis (Morgan & Stevenson, 2005; Kibert, 2003; Crowther, 2000; Webster, 2005).

Sobre a composição de materiais e a fabricação de materiais inseparáveis, diretriz específica 3.2, o projeto em estudo atende, pois em conformidade com as especificações de ambos os fabricantes, mesmo que os elementos sejam compostos por mais de um material, a separação é possível o que facilita o processo de reciclagem. Além disso, a diretriz específica 3.3 (não utilização de acabamentos secundários para materiais) também é atendida, pois não foram utilizados acabamentos secundários nos materiais.

e) Acabamentos *in loco*

Relacionado à estratificação das camadas, duas das três diretrizes específicas são atendidas, ou seja, o projeto não atende à diretriz específica 3.1 que se refere à utilização de camadas independentes, pois há instalações elétricas embutidas no contrapiso, e para realizar manutenções no sistema será necessário danificar o revestimento em porcelanato e o contrapiso.

Além disso, não há a fabricação de materiais inseparáveis (diretriz específica 3.2), e ao fixar o porcelanato com a argamassa, o processo de separação dos dois componentes é mais delicado, com probabilidade de danificar o revestimento, mas ainda assim é possível separar os componentes utilizados, logo a diretriz 3.2 é atendida. A diretriz 3.3 também é atendida, pois não são utilizados acabamentos secundários sobre o porcelanato instalado.

f) Geral

Diretriz específica não aplicada.

4) Diretriz Geral 04: acessos

Na Tabela 06 é apresentado o resultado da aplicação do *check-list* da Diretriz Geral 04 de projeto para desconstrução, referente aos acessos aos elementos da construção para manutenções e remoções futuras, para todas as etapas da fabricação do módulo em estudo. Segundo Morgan & Stevenson (2005), para que uma desconstrução seja bem sucedida, todos os elementos da construção devem ser removidos com sucesso do edifício. Além disso, a facilidade de acesso possibilita o melhor reaproveitamento e recuperação dos componentes desmontados (CROWTHER, 2000).

Como essa diretriz geral estende-se ao acesso a todos os componentes da construção, a mesma foi aplicada apenas na etapa geral que se refere ao projeto como um todo, considerando todas as etapas construtivas.

Tabela 06 - Check-list das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 04 – acessos

DIRETRIZ DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO						
4. ACESSOS						
ETAPA	ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
4.1. Componentes com menores ciclos de vida em camada mais acessível	-	-	-	-	-	○
4.2. Instalações aparentes	-	-	-	-	-	✗
4.3. Facilidade de acesso às camadas	-	-	-	-	-	●
4.4. Acesso a todos os componentes da construção	-	-	-	-	-	○
4.5. Acessos identificados	-	-	-	-	-	✗
4.6. Acesso simples em locais críticos	-	-	-	-	-	✗
4.7. Plano de rotas para manutenção	-	-	-	-	-	✗

○ = diretriz atendida; ● = diretriz parcialmente atendida; ✗ = diretriz não atendida; - = diretriz não aplicada

Fonte: Elaboração própria (2020).

a) Estrutura

Diretriz específica não aplicada.

b) Sistema de vedação vertical interno (SVVI)

Diretriz específica não aplicada.

c) Instalações hidrossanitárias e elétricas

Diretriz específica não aplicada.

d) Sistema de cobertura (cobertura e forro)

Diretriz específica não aplicada.

e) Acabamentos *in loco*

Diretriz específica não aplicada.

f) Geral

A respeito dos acessos aos elementos da construção para manutenções e remoções futuras, o projeto em estudo atende à diretriz específica 4.1, pois a mesma refere-se às instalações de componentes com vida útil menor em camadas mais acessíveis e, em conformidade com as especificações da NBR 15.575 (ABNT, 2013), que estabelece o tempo de vida útil de projeto mínimo para os sistemas construtivos, o projeto atende à diretriz específica em caso de manutenções nos sistemas hidrossanitário e elétrico na vedação vertical do módulo, ou seja, a manutenção deve ser feita através da face externa do SVVI e o tempo de vida útil de projeto mínimo para a vedação vertical interna é de 20 anos, e para as instalações hidrossanitária e elétrica são 20 anos, conforme norma NBR 15.575 (ABNT, 2013).

Para as manutenções que serão realizadas na instalação elétrica no forro e no piso, o projeto em estudo também atende à diretriz específica 4.1 (componentes com menores ciclos de vida em camada mais acessível), pois em conformidade com a NBR 15.575 (ABNT, 2013) a vida útil de projeto mínima é de 8 anos para revestimento interno não aderido, que inclui o forro de gesso removível, e 13 anos para pisos interno, ou seja, os componentes com menores ciclos de vida, como o forro de gesso e o piso, estão em camadas mais acessíveis que as instalações hidrossanitária e elétrica.

A diretriz específica 4.2 (instalações aparentes) não é atendida, pois as instalações não são aparentes. De acordo com Morgan & Stevenson (2005), a técnica mais simples para permitir o fácil acesso aos serviços e reduzir a interpenetração entre as camadas é realizar as instalações em superfícies. Além disso, para ter acesso a essas instalações é necessário retirar a chapa externa de ACM, que por não resistir à desmontagem deverá ser substituída por uma chapa nova.

Referente à facilidade de acesso às camadas (diretriz específica 4.3), o projeto em estudo não atende para o sistema vedação vertical interna (SVVI) da elevação 03 que é vedada com placas de ACM, pois a placa é danificada no momento da remoção, o que impossibilita a reutilização da mesma e exige que seja utilizada uma nova placa no local. Porém, para o acesso aos barrotes da cobertura pela parte interna do módulo a diretriz é atendida, pois o forro de gesso removível é fixado por

encaixe nas longarinas e travessas e é facilmente retirado sem danificar os elementos do sistema.

Além disso, como a diretriz específica 4.3 (facilidade de acesso às camadas) não é atendida para as elevações com chapas de ACM, conseqüentemente a diretriz 4.6 (acesso simples em locais críticos) também não é atendida, pois como observado no projeto apresentado na Figura 35 e 36, esta elevação é o local mais crítico com a passagem do sistema hidráulico e elétrico.

Mesmo que o projeto em estudo não possibilite um fácil acesso a todos os sistemas da construção, é possível acessar todos os componentes do módulo (diretriz específica 4.4), como observado durante a montagem e desmontagem em fábrica. Entretanto, os acessos não são identificados e conforme citado por Morgan & Stevenson (2005), deve estar incluso no planejamento e detalhamento da desconstrução a remoção dos elementos com facilidade através de acessos identificados, dessa forma, a diretriz 4.5 (acessos identificados) não é atendida.

Além disso, também não existe um plano de rotas para manutenções oferecido para o usuário (diretriz específica 4.7). Entretanto, para otimizar as oportunidades para desconstrução é de extrema importância que os serviços sejam pré-planejados (plano de rotas para manutenções), pois inevitavelmente os sistemas, como hidrossanitário, elétrico e luminotécnico, serão substituídos diversas vezes durante a vida útil da construção (Morgan & Stevenson, 2005).

5) Diretriz Geral 05: conexões

Na Tabela 07 é apresentado o resultado da aplicação do *check-list* da diretriz geral 05 de projeto para desconstrução, referente às conexões utilizadas para a montagem dos sistemas, para todas as etapas da fabricação do módulo em estudo. Segundo Morgan & Stevenson (2005), o tipo de conexão utilizada entre os elementos que determinará se o edifício pode ou não ser desconstruído com sucesso, sendo assim, as melhores formas de fixar os elementos são àquelas que são independentes dos componentes a serem fixados e facilitam a separação dos mesmos durante a desconstrução.

Essa diretriz geral foi aplicada por etapa separadamente (Estrutura, SVVI, Instalações, Sistema de cobertura e Acabamentos), as diretrizes específicas não serão aplicadas na etapa geral, pois a mesma refere-se ao projeto como um todo, considerando todas as etapas construtivas juntas.

Tabela 07 - Check-list das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 05 – conexões

DIRETRIZ DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
5.	CONEXÕES						
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
5.1.	Redução do tipo de conectores e fixadores	○	○	○	●	○	-
5.2.	Redução número de conectores e fixadores	○	○	○	○	○	-
5.3.	Utilização de conexões mecânicas	○	●	●	○	✗	-
5.4.	Juntas e conectores que resistem repetidas montagens e desmontagens	○	●	●	○	✗	-
5.5.	Inexistência de entalhe, corte ou furação	✗	●	-	●	✗	-
5.6.	Remoção fácil e segura de todos os componentes	○	●	○	○	✗	-
5.7.	Utilização de conexão padronizada	○	○	○	○	○	-

○ = diretriz atendida; ● = diretriz parcialmente atendida; ✗ = diretriz não atendida; - = diretriz não aplicada

Fonte: Elaboração própria (2020).

a) Estrutura

Sobre as conexões utilizadas para a montagem da estrutura metálica, diretriz geral número 05, o projeto atende às diretrizes específicas 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.6 e 5.7, isto é, foram utilizados parafusos para realizar a ligação entre os componentes da estrutura, o que já corresponde às diretrizes específicas 5.3 (utilização de conexões mecânicas) e 5.7 (utilização de conexão padronizada), pois os parafusos resultam em uma conexão mecânica que não necessita de substâncias químicas para realizar a fixação (Morgan & Stevenson, 2005) e, também, em conformidade com Crowther (2000), é uma conexão padronizada, pois não foi um material feito exclusivamente para essa obra, além de ter sido utilizado apenas esse tipo de conector para ligar os elementos estruturais do projeto.

Porém, para fixar os encaixes dos componentes estruturais foram realizadas soldas (Figura 14), mesmo que mais difíceis de desconstruir, essa conexão exige menos modificações e foram projetados para serem facilmente separadas, assim não danifica os membros conectados e torna viável a desconstrução (Morgan & Stevenson, 2005). Entretanto, de acordo com Chini & Balachandran (2002), quando se separam membros soldados, o ponto de instabilidade pode ser uma surpresa, enquanto que nas conexões mecânicas é mais fácil visualizar quando a ligação se torna frágil.

Houve também a redução dos tipos de conectores (diretriz específica 5.1), pois foram utilizados apenas 3 tipos de parafusos para a montagem da estrutura. Além disso, foi utilizada apenas a quantidade necessária de conexões para fixar corretamente todos os componentes, logo a diretriz específica 5.2 (redução número de conectores e fixadores) também é atendida.

Além do mais, em um dos componentes estruturais existe entalhes para a passagem do sistema hidráulico (diretriz específica 5.5 - inexistência de entalhe, corte ou furação), ou seja, impossibilita a utilização desse componente em outras partes da estrutura, pois ele foi planejado para uma elevação específica (Figura 23 e 24), assim a diretriz específica 5.5 não é atendida. Também, foram realizadas furações para os orifícios dos parafusos (Figura 17), que devem ser devidamente protegidas para que não inicie um processo de corrosão no corte realizado. E por ter sido projetado para ser montado e desmontado, todos os componentes estruturais podem ser removidos de forma fácil e segura (diretriz específica 5.6 - remoção fácil e segura de todos os componentes).

b) Sistema de vedação vertical interno (SVVI)

Ao utilizar apenas a chapa de ACM e o vidro temperado como fechamento vertical e revestimento final, é possível reduzir os tipos de conectores e fixadores (diretriz específica 5.1) e optar por conexões padronizadas (diretriz específica 5.7), sendo assim utiliza-se apenas fita dupla face para fixar as chapas de ACM, parafusos para instalar as esquadrias de alumínio e silicone para vedar e fixar o vidro temperado. Além disso, foi utilizada quantidade suficiente para garantir a qualidade da instalação do sistema de vedação vertical interno (diretriz específica 5.2 - redução número de conectores e fixadores).

Porém, ao utilizar a fita dupla face para fixar as chapas de ACM não é possível atender às diretrizes 5.3, 5.4 e 5.6 para o sistema de vedação vertical interna com esse material, pois fita dupla face não é uma conexão mecânica (diretriz específica 5.3 - utilização de conexões mecânicas) e ao observar o processo de fabricação dos módulos e conversar com os responsáveis técnicos, conclui-se que a utilização da fita impede que a chapa de ACM seja retirada sem que ocorram danos na placa e, também, impossibilita a utilização da fita dupla face para futuras montagens e desmontagens (diretriz específica 5.4 - juntas e conectores que resistem repetidas montagens e desmontagens), pois o mesmo fica colado permanentemente na placa, logo a reutilização da placa de ACM é inviabilizada. Visto isso, é possível perceber que devido à dificuldade de remoção da chapa de ACM é necessária mais atenção para que a retirada do componente seja segura (diretriz específica 5.6 - remoção fácil e segura de todos os componentes).

Referente às conexões para a instalação do sistema de vedação vertical com vidro temperado, o projeto em estudo atende às diretrizes 5.3, 5.4 e 5.6, pois é utilizado o parafuso (conexão mecânica) para fixar a esquadria de alumínio na estrutura do módulo, o qual permite que sejam realizadas repetidas montagens e desmontagens de forma fácil e segura. Além disso, é utilizado silicone para a vedação e fixação do vidro na esquadria, e mesmo que não seja uma conexão mecânica (diretriz específica 5.3) e seja de uso único (diretriz específica 5.4 - juntas e conectores que resistem repetidas montagens e desmontagens), a sua remoção é fácil e não causa danos ao revestimento (diretriz específica 5.6), o que possibilita a reutilização e reciclagem da placa de vidro temperado.

Sobre diretriz específica 5.5 (inexistência de entalhe, corte ou furação), foram realizados cortes e furações apenas na placa de ACM do revestimento interno para a instalação do sistema hidráulico e elétrico, o que impossibilita que a placa inteira seja reutilizada (Morgan & Stevenson, 2005), porém, como falado anteriormente, a placa já sofre danos estéticos durante a retirada que também impossibilita a reutilização da mesma.

Já para o sistema de vedação vertical com vidro temperado, foi realizada furações apenas no vidro que foi instalado o puxador metálico, dessa forma, a diretriz específica é atendida parcialmente, pois foram realizados cortes ou furações em apenas algumas peças desses materiais. Vale ressaltar que o vidro temperado não

pode mais ser adaptado, pois o mesmo pode se fragmentar se for beneficiado, cortado ou furado (ABRAVIDRO, 2020).

c) Instalações hidrossanitárias e elétricas

As conexões utilizadas para realizar as instalações hidráulicas e elétricas foram as necessárias para garantir a funcionalidade do sistema, sendo assim, o projeto atende à diretriz específica 5.1 e 5.2 que se referem à redução do tipo e do número de conectores respectivamente.

Referente à utilização de conexões mecânicas (diretriz específica 5.3) e a utilização de conectores que resistam a diversas montagens e desmontagens (diretriz específica 5.4), ambas são atendidas parcialmente, ou seja, as instalações hidráulicas não atendem a essas diretrizes, enquanto que as instalações elétricas atendem. Para o sistema hidrossanitário foi utilizado *in-loco* adesivo plástico de PVC para fixar as conexões hidráulicas nos tubo de PVC, o que não é uma conexão mecânica e impede que os conectores resistam a repetidas montagens e desmontagens, ou seja, para desmontar o sistema seria necessário cortar a conexão do tubo de PVC e utilizar um novo conector para a próxima montagem.

Já os conectores utilizados no sistema elétrico foram: parafusos para fixar o quadro de distribuição e os eletrodutos corrugados através de cintas metálicas na estrutura do SVVI e para fixar os disjuntores no quadro de distribuição elétrica. Os eletrodutos corrugados foram fixados nas caixas de passagem através de encaixes, com isso essas conexões atendem à diretriz específica 5.3 (utilização de conexões mecânicas). Além disso, por conectar os componentes através de parafusos e encaixes, a diretriz específica 5.4 (juntas e conectores que resistem repetidas montagens e desmontagens) também é atendida, pois como observado durante a instalação do sistema elétrico, os conectores resistem a diversas montagens e desmontagens.

A diretriz específica 5.6 (remoção fácil e segura de todos os componentes) é atendida para as ambas as instalações, pois conforme observado em fábrica, os sistemas hidrossanitário e elétricos são removidos facilmente, principalmente por estarem fixados no sistema de vedação vertical através de cintas metálicas e conexões mecânicas. Porém, o acesso a esses elementos se torna crítico devido ao

revestimento externo do sistema de vedação vertical interno (SVVI), conforme apresentado na diretriz geral 04.

Como são utilizados apenas conexões de PVC para a instalação do sistema hidrossanitário e conexões com parafusos e encaixes para as instalações elétricas, a diretriz 5.7 (utilização de conexão padronizada) é atendida.

d) Sistema de cobertura (cobertura e forro)

Os painéis da cobertura do módulo atendem às diretrizes específicas 5.1, 5.2, 5.3 e 5.4, pois é utilizado apenas um tipo de conector para fixar os painéis térmicos (diretriz específica 5.1). Além disso, são utilizados a quantidade de parafusos recomendada pelo fabricante, logo se utiliza a quantidade suficiente para a instalação do elemento (diretriz específica 5.2), a conexão é mecânica (diretriz específica 5.3) e os conectores resistem repetidas montagens e desmontagens (diretriz específica 5.4), pois os mesmos que foram utilizados para a montagem e desmontagem em fábrica também foram utilizados para a montagem *in loco*.

Porém, para a instalação do forro de gesso removível, a diretriz 5.1 (redução do tipo de conectores e fixadores) não é atendida, pois se utilizam diversos tipos de conectores para a instalação do sistema, como os parafusos, tirantes, longarinas e travessas. Já em relação às diretrizes 5.2, 5.3 e 5.4 o sistema atende, pois são utilizadas as quantidades de conectores recomendadas pelo o fabricantes (diretriz específica 5.2), todas as conexões são mecânica (diretriz específica 5.3) e resistem diversas montagens e desmontagens (diretriz específica 5.4), desde que sejam tomados os devidos cuidados para não danificar as longarinas e travessas de alumínio, como observado no processo de montagem do sistema *in loco*.

Com relação à diretriz 5.5 (inexistência de entalhe, corte ou furação), a mesma é atendida parcialmente, pois é feita furação no painel térmico para fixá-lo na estrutura metálica da cobertura. Além disso, os dois sistemas atendem às diretrizes 5.6 e 5.7, pois a remoção de ambos os sistemas é fácil e segura (diretriz específica 5.6), como observado nos processos em fábrica e *in loco*, e as conexões utilizadas são padronizadas para o tipo de sistema instalado (diretriz específica 5.7), conforme especificado por Crowther (2000).

e) Acabamentos *in loco*

Sobre as conexões utilizadas para a instalação do revestimento, a etapa atende à diretriz específica 5.1 (redução do tipo de conectores e fixadores), pois é utilizada apenas a argamassa colante AC3, porém, para a aplicação do piso são utilizadas cunhas niveladoras que após o uso podem ser reutilizadas. Além disso, foram utilizadas as quantidades necessárias de cada material para garantir a fixação adequada do revestimento, logo a diretriz específica 5.2 (redução do número de conectores e fixadores) também foi atendida.

As diretrizes específicas 5.3, 5.4, 5.5 e 5.6 não são atendidas, pois a argamassa colante AC3 utilizada não é uma conexão mecânica (diretriz específica 5.3) e não pode ser reutilizada, pois depois de seco o material não tem mais função de fixar, logo não resiste a repetidas montagens e desmontagens (diretriz específica 5.4).

Além disso, foram realizados cortes em alguns pontos do revestimento para a instalação de tomadas (diretriz específica 5.5 – inexistência de entalhe, corte ou furação) e a forma de fixar o revestimento não permite que a remoção seja fácil e segura (diretriz específica 5.6), pois mesmo que o revestimento possa ser retirado inteiro, é muito difícil isso ocorrer e se torna necessário danificar o piso para descolar o porcelanato da argamassa, e ao danificar a peça pode gerar pedaços pontiagudos que podem machucar quem estiver realizando o serviço.

Mesmo que a argamassa colante utilizada impossibilite a reutilização do revestimento e a remoção fácil e segura do mesmo, a argamassa colante AC3 é um material utilizado frequentemente para a instalação de piso porcelanato (diretriz específica 5.7 – utilização de conexão padronizada).

f) Geral

Diretriz específica não aplicada.

6) Diretriz Geral 06: durabilidade dos componentes

Na Tabela 08 é apresentado o resultado da aplicação do *check-list* da diretriz geral 06 de projeto para desconstrução referente à durabilidade dos componentes, reutilização e reciclagem, para todas as etapas da fabricação do módulo em estudo. Sendo assim, é importante que os componentes que possam ser facilmente recuperados sem danos sejam duráveis o suficiente para serem reparados ou reutilizados com o mínimo de trabalho e custo (Morgan&Stevenson, 2005).

Essa diretriz geral foi aplicada por etapa separadamente (Estrutura, SVVI, Instalações, Sistema de cobertura e Acabamentos), as diretrizes específicas não serão aplicadas na etapa geral, pois a mesma refere-se ao projeto como um todo, considerando todas as etapas construtivas juntas.

Tabela 08 - Check-list das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 06 – durabilidade dos componentes

DIRETRIZ DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
6.	DURABILIDADE DOS COMPONENTES						
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
6.1.	Uso de componentes duráveis que possam ser reutilizados	○	●	●	○	✗	-
6.2.	Componentes projetados para maximizar a número de vezes que podem ser reutilizados	○	●	●	○	✗	-
6.3.	Componentes reutilizáveis ou recicláveis	○	○	○	○	○	-

○ = diretriz atendida; ● = diretriz parcialmente atendida; ✗ = diretriz não atendida; - = diretriz não aplicada

Fonte: Elaboração própria (2020).

a) Estrutura

Referente à diretriz geral número 06, sobre a durabilidade dos componentes, reutilização e reciclagem, a estrutura que utiliza metalon galvanizado e aço inox atende a todas as diretrizes específicas, pois em conformidade com Veljkovic *et al.* (2015), o aço é 100% reciclável, e pode ser reciclado diversas vezes sem perder suas propriedades, o que diminui a extração de recursos naturais e reduz os resíduos de construção em aterros (VELJKOVIC *et al.*, 2015). Além disso, com *design*

adequado, as estruturas de aço apresentam uma elevada durabilidade, e associada à adaptabilidade das estruturas de aço, evita a necessidade de demolição e novas construções (VELJKOVIC *et al.*, 2015).

b) Sistema de vedação vertical interno (SVVI)

Como especificado para a diretriz específica 5.5, foram realizados cortes e furações na placa de ACM para a instalação do sistema hidráulico e elétrico, e a placa também sofre danos estéticos durante a retirada, o que pode impossibilitar a reutilização da mesma. Com isso, os revestimentos internos e externos do sistema de vedação vertical interno (SVVI), com a placa de ACM, não atendem às diretrizes específicas 6.1, 6.2 que se referem, respectivamente, ao uso de componentes duráveis que possam ser reutilizados e que possam ser reutilizados diversas vezes. Porém, conforme Alcopla (2020), o ACM pode ser 100% reciclável o que faz com que a diretriz específica 6.3 (componentes reutilizáveis ou recicláveis) seja atendida.

Já o vidro é capaz de atender essas diretrizes específicas, pois por ser submetido ao processo de têmpera se torna até cinco vezes mais resistente que o vidro comum (ABRAVIDRO, 2020), logo sua durabilidade se torna maior (diretriz específica 6.1 - uso de componentes duráveis que possam ser reutilizados). Sobre a reutilização do material, o vidro pode ser reutilizado como agregado miúdo no concreto (GAUTAM, 2012) ou reutilizado sem alterar suas dimensões, pois o mesmo pode se fragmentar se for beneficiado, cortado ou furado depois de temperado (ABRAVIDRO, 2020), com isso, o componente pode ser reutilizado diversas vezes (diretriz específica 6.2 - componentes projetados para maximizar a número de vezes que podem ser reutilizados). Além disso, o vidro temperado é um material 100 % reciclável, e pode receber novos formatos após a reciclagem com a mesma qualidade do produto de origem (HAYRTON, 2011), logo a diretriz específica 6.3 (componentes reutilizáveis ou recicláveis) também é atendida.

c) Instalações hidrossanitárias e elétricas

A diretriz específica 6.1 (uso de componentes duráveis que possam ser reutilizados) é atendida parcialmente, pois tanto o tubo de PVC rígido utilizado para as instalações do sistema hidrossanitário, quanto o tubo de PVC flexível utilizado para as instalações elétricas podem ser reutilizados, assim como os demais elementos

fabricados em policloreto de vinila (PVC): quadro de distribuição elétrica e caixas de passagens (KEANE, 2007). Porém, a reutilização das conexões hidráulicas é inviável, pois foi utilizado cola plástica para fixar o conector no tubo de PVC. Além disso, os cabos elétricos também podem ser reutilizados se estiverem em bom estado (E-CYCLE, 2020).

Todos os elementos citados no parágrafo anterior, com exceção dos conectores de PVC, podem ser reutilizados repetidas vezes, se estiverem em bom estado, o que vai ao encontro com a diretriz específica 6.2 (componentes projetados para maximizar o número de vezes que podem ser reutilizados). Além disso, os cabos elétricos e os elementos de policloreto de vinila (PVC) também atendem à diretriz específica 6.3 (componentes reutilizáveis ou recicláveis), pois os cabos elétricos podem ser reciclados (ANSA, 2019), e o PVC pode ser reciclado de três maneiras distintas: reciclagem mecânica, reciclagem química e reciclagem energética (DARBELLO, 2008).

d) Sistema de cobertura (cobertura e forro)

O projeto em estudo atende a todas as diretrizes específicas para os painéis da cobertura e forro. O forro de gesso removível, por ser revestido com película de alumínio, apresenta maior durabilidade frente à umidade, calor, goteira e impurezas (OWA BRASIL, 2020), além disso, se retirado de forma adequada, as placas podem ser reaproveitadas diversas vezes (diretriz específica 6.1 e 6.2). Conforme especificações do fabricante do painel térmico com núcleo em PIR, o mesmo apresenta elevada durabilidade e pode ser reutilizado mais de uma vez, se utilizado de forma adequada, sem expor o núcleo à umidade (diretriz específica 6.1 e 6.2).

Tanto o painel térmico quanto o forro de gesso removível podem ser reciclados (diretriz específica 6.3). No site da empresa que fornece o painel térmico está especificado que o material é 100% reciclável e em conversa com o fornecedor do forro de gesso removível o material também é reciclável, pois a camada de vinil é reciclável (DARBELLO, 2008), a placa de gesso é classificada como Classe B e o seu processo de reciclagem é composto pela trituração do material para utilizar como matéria-prima para a fabricação de materiais de construção (OWA BRASIL, 2019), e a camada interna de alumínio possui a reciclabilidade como um dos principais

atributos, sendo que o mesmo pode ser reciclado infinitas vezes, sem perder suas características no processo de reaproveitamento (ABAL, 2020).

e) Acabamentos *in loco*

Como já citado anteriormente, a forma de fixação do revestimento em porcelanato torna a reutilização dos componentes inteiros inviável (diretriz específica 6.1). Porém, em conformidade com a resolução nº 307 (Conama, 2002), o revestimento pode ser reutilizado na forma de agregado, sendo assim os elementos não foram projetados para maximizar o número de vezes que podem ser reutilizados como revestimentos (diretriz específica 6.2). Entretanto, a diretriz específica 6.3 é atendida, pois a argamassa e o piso porcelanato são classificados como Classe A e devem ser reutilizados ou reciclados como agregados (resolução 307/2002, CONAMA).

f) Geral

Diretriz específica não aplicada.

7) Diretriz Geral 07: riscos e segurança

Na Tabela 09 é apresentado o resultado da aplicação do *check-list* da diretriz geral 07 de projeto para desconstrução, referente aos riscos e segurança de quem irá manusear os componentes, para todas as etapas da fabricação do módulo em estudo. É importante destacar que a desconstrução visa minimizar o risco envolvido no processo, mas para isso é essencial um planejamento que envolva o projetista, e descreva exatamente como a construção possa ser desmontada (Morgan & Stevenson, 2005).

Essa diretriz geral foi aplicada por etapa separadamente (Estrutura, SVVI, Instalações, Cobertura e Acabamentos), as diretrizes específicas não serão aplicadas na etapa geral, pois a mesma refere-se ao projeto como um todo, considerando todas as etapas construtivas juntas. Somente a diretriz específica 7.7 (inspeção visual e teste adicional para determinados componentes e materiais) que foi aplicada na etapa geral. Além disso, como a montagem do módulo será sobre uma laje de concreto, a

diretriz específica 7.6 não é aplicada, pois se refere sobre a utilização de detalhes que impeçam que os materiais entrem em contato direto com o solo e apodreçam.

Tabela 09 - Check-list das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 07 – riscos e segurança

DIRETRIZ DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
7. RISCOS E SEGURANÇA							
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
7.1.	Inexistência de materiais tóxicos e perigosos	○	○	●	○	○	-
7.2.	Manuseio seguro dos componentes durante a montagem e desmontagem	○	○	●	○	✗	-
7.3.	Tolerância adequada para permitir a desmontagem	○	●	○	○	✗	-
7.4.	Permite a desmontagem em paralelo	○	○	○	○	✗	-
7.5.	Identificação permanente dos pontos de desmontagem	✗	✗	✗	✗	✗	-
7.6.	Utilização de detalhes que impeçam que os materiais entrem em contato direto com o solo e apodreçam	-	-	-	-	-	-
7.7.	Inspeção visual e teste adicional para determinados componentes e materiais	-	-	-	-	-	○

○ = diretriz atendida; ● = diretriz parcialmente atendida; ✗ = diretriz não atendida; - = diretriz não aplicada

Fonte: Elaboração própria (2020).

a) Estrutura

A estrutura atende à diretriz específica 7.1 (inexistência de materiais tóxicos e perigosos), pois não são utilizados materiais tóxicos e perigosos. Além disso, pelo fato de o módulo ser planejado para ser montado e desmontado, é garantido o manuseio seguro dos componentes (diretriz específica 7.2), e a tolerância dos elementos para que durante o processo de montagem e desmontagem os mesmos não sejam danificados facilmente (diretriz específica 7.3).

Ao acompanhar o processo de desmontagem da estrutura do módulo em estudo, percebeu-se que é possível realizar a desmontagem em paralelo dos componentes da estrutura (diretriz específica 7.4). Porém, a desmontagem em paralelo deve ocorrer em etapas, primeiro todas as vigas da cobertura podem ser

retiradas ao mesmo tempo, logo após retirar as vigas da cobertura é possível desmontar todos os pilares juntos, para então desmontar a estrutura inferior do módulo em estudo. Além disso, não foi realizada a identificação permanente nos pontos de montagem e desmontagem, apenas foi numerado para facilitar a montagem do módulo *in loco* (Figura 42), logo a diretriz específica 7.5 (identificação permanente dos pontos de desmontagem) não foi atendida.

b) Sistema de vedação vertical interno (SVVI)

A etapa de SVVI atende ao item 7.1, pois não são utilizados materiais tóxicos e perigosos para a instalação e desmontagem do sistema. Além disso, como o módulo em estudo foi montado e desmontado e transportado até o local de instalação, a diretriz específica 7.2 também é atendida, pois todos os componentes foram manuseados com a máxima segurança durante os processos. E, também, o vidro temperado é considerado um vidro de segurança, pois, em caso de quebra, se fragmenta em pedaços menores pouco cortantes, diminuindo assim os riscos de ferimentos (ABRAVIDRO, 2020).

Porém, a diretriz específica 7.3 (tolerância adequada para permitir a desmontagem) não é atendida para o SVVI com a chapa de ACM, pois como falado na diretriz específica 5.4, ao retirar a chapa de ACM, a fita dupla face fica fixa na placa e ao retirar a fita, a chapa é danificada, sendo assim a chapa de ACM não possui uma tolerância adequada que permita a desmontagem. Em relação ao fechamento com vidro temperado a diretriz é atendida, pois o mesmo passa pelo processo de tempera que aumenta a sua resistência mecânica (AKERMAN, 2000).

Ao acompanhar todo o processo de montagem e desmontagem do módulo em fábrica, foi possível concluir que o projeto em estudo atende à diretriz específica 7.4 (permite a desmontagem em paralelo), pois como o SVVI não possui função estrutural, o sistema pode ser desmontado por duas equipes de 3 pessoas, como ocorreu em fábrica, sem comprometer a segurança da estrutura metálica e de quem está realizando o serviço. Porém, os componentes do sistema não foram identificados permanentemente para possibilitar que futuras desmontagens e montagens sejam realizadas adequadamente (diretriz específica 7.5).

c) Instalações hidrossanitárias e elétricas

Para as instalações do sistema hidrossanitário e elétrico, as diretrizes específicas 7.1 (inexistência de materiais tóxicos e perigosos) e 7.2 (manuseio seguro dos componentes durante a montagem e desmontagem) são atendidas parcialmente, pois o adesivo plástico utilizado nas conexões hidrossanitárias é facilmente inflamável e pode causar irritações na pele, olhos e vias respiratórias, conforme descrito na Ficha de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ) do produto fornecida pelo produtor.

Já para a instalação elétrica as diretrizes são atendidas, pois não é utilizado nenhum material tóxico ou perigoso, e ao acompanhar a montagem e desmontagem do sistema foi possível constatar o manuseio seguro dos componentes.

As diretrizes específicas (7.3 e 7.4) são atendidas, pois durante a montagem e desmontagem todos os elementos toleraram adequadamente a desmontagem (diretriz específica 7.3), e após a desmontagem do revestimento externo do sistema de vedação vertical interno (SVVI), os sistemas hidrossanitário e elétrico podem ser desmontados paralelamente (diretriz específica 7.4). Já a diretriz específica 7.5 (identificação permanente dos pontos de desmontagem), não é atendida por nenhum dos sistemas, pois os pontos de desmontagem não são identificados permanentemente o que dificulta o processo de desmontagem e montagem futura (Morgan & Stevenson, 2005).

d) Sistema de cobertura (cobertura e forro)

Para as etapas de instalação dos painéis térmicos e forro na cobertura, apenas uma diretriz específica não é atendida. Sendo assim, de acordo especificações dos fabricantes, nenhum dos componentes utilizados são tóxicos (diretriz específica 7.1). Além disso, conforme observado durante o processo de montagem e desmontagem em fábrica, e novamente o processo de montagem *in loco*, o manuseamento dos elementos foram acompanhados por uma técnica de segurança e todos os processos ocorreram de forma segura (diretriz específica 7.2). Logo, os sistemas possuem uma tolerância adequada para permitir a desmontagem (diretriz específica 7.3).

Durante esses processos foi possível visualizar que o sistema dos painéis na cobertura e o sistema de forro também permitem a desmontagem em paralelo (diretriz específica 7.4), desde que seja seguida certa ordem de desmontagem. Para a cobertura é necessário retirar primeiramente os parafusos para depois retirar os painéis térmicos, para o forro é preciso remover primeiro as placas de gesso para depois retirar as travessas e longarinas respectivamente. Entretanto, nenhum ponto de desmontagem foi identificado em projeto e nas peças dos sistemas (diretriz específica 7.5)

e) *Acabamentos in loco*

Para a etapa de acabamentos *in loco*, apenas a diretriz 7.1 é atendida, pois nenhum dos materiais utilizados para a instalação do revestimento do piso é tóxico.

As demais diretrizes específicas não são atendidas, pois devido à utilização da argamassa colante, não é possível, na maioria dos casos, a remoção inteira da peça, e o manuseio durante a montagem e desmontagem torna-se inseguro (diretriz específica 7.2), principalmente porque as peças são quebradiças e podem formar quinas cortantes. Sendo assim, essa etapa não possui tolerância adequada para permitir a desmontagem (diretriz específica 7.3) e como consequência não é possível realizar a desmontagem em paralelo (diretriz específica 7.4) e nenhum ponto de desmontagem é identificado (diretriz específica 7.5)

f) Geral

Em relação à diretriz específica 7.7, o projeto em estudo atende a diretriz, pois todos os materiais passam por inspeção visual para permitir que a qualidade final do produto permaneça a mesma.

8) Diretriz Geral 08: sustentabilidade

Na Tabela 10 é apresentado o resultado da aplicação do *check-list* da diretriz geral 08 de projeto para desconstrução, referente à sustentabilidade no processo construtivo, para todas as etapas da fabricação do módulo em estudo. Conforme Morgan & Stevenson (2005), o uso de tecnologias limpas, como energia

solar e ventilação adequada, podem diminuir a quantidade de instalações e facilitar a desconstrução.

Essa diretriz geral não foi aplicada por etapa separadamente (Estrutura, SVVI, Instalações, Sistema de cobertura e Acabamentos), pois as diretrizes específicas referem-se ao projeto como um todo, considerando todas as etapas construtivas, logo as diretrizes específicas foram aplicadas apenas na etapa geral.

Tabela 10 - Check-list das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 08 – sustentabilidade

DIRETRIZ DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
8.	SUSTENTABILIDADE						
	ETAPA	ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
8.1.	Utilização de tecnologias limpas para o conforto térmico e minimizar a quantidade de manutenções	-	-	-	-	-	○
8.2.	Utilização de técnicas e soluções tecnológicas para a redução de resíduos gerados durante o processo construtivos	-	-	-	-	-	○

○ = diretriz atendida; ● = diretriz parcialmente atendida; ✖ = diretriz não atendida; - = diretriz não aplicada

Fonte: Elaboração própria (2020).

a) Estrutural

Diretriz específica não aplicada.

b) Sistema de vedação vertical interno (SVVI)

Diretriz específica não aplicada.

c) Instalações hidrossanitárias e elétricas

Diretriz específica não aplicada.

d) Sistema de cobertura (cobertura e forro)

Diretriz específica não aplicada.

e) Acabamentos *in loco*

Diretriz específica não aplicada.

f) Geral

Relacionado à diretriz geral número 08, no qual se refere à sustentabilidade no processo construtivo, o projeto em estudo atende às duas diretrizes específicas. Foi utilizado painel térmico para fechamento da cobertura, esse que é considerado um isolante térmico com condutibilidade $0,020 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (KINGSPAN,2020). Çengel (2009, p. 21) cita que um material é considerado isolante quando a sua condutibilidade térmica é menor do que $1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, e as espumas isolantes (como o PIR) devem possuir condutibilidade térmica menor que $0,1 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, sendo assim a diretriz específica 8.1 (utilização de tecnologias limpas para o conforto térmico e minimizar a quantidade de manutenções) é atendida.

Sobre a utilização de técnicas para a redução de resíduos gerados durante o processo construtivo, o projeto atende à diretriz específica 8.2. Sendo assim, todos os resíduos gerados foram separados adequadamente em contentores para possibilitar a máxima reciclagem, ou seja, os materiais foram separados em: papel, plástico, metais, isopor, painel térmico, ACM e perigosos (Classe I).

9) Diretriz Geral 09: gestão organizacional

Na Tabela 11 é apresentado o resultado da aplicação do *check-list* da diretriz geral 09 de projeto para desconstrução referente às estratégias organizacionais para possibilitar a manutenção adequada e a desconstrução, para todas as etapas da fabricação do módulo em estudo.

Essa diretriz geral não foi aplicada por etapa separadamente (Estrutura, SVVI, Instalações, Sistema de cobertura e Acabamentos), pois as diretrizes específicas referem-se ao projeto como um todo, considerando todas as etapas construtivas, logo as diretrizes específicas foram aplicadas apenas na etapa geral.

Tabela 11 - Check-list das diretrizes de projeto para desconstrução: Diretriz Geral 09 – gestão organizacional

DIRETRIZ DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
9. GESTÃO ORGANIZACIONAL							
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
9.1.	Uso de tecnologias de montagem compatíveis com a prática padrão de construção	-	-	-	-	-	○
9.2.	Identificação permanente para cada componente	-	-	-	-	-	✗
9.3.	Preservar informações sobre o edifício, projetos e o seu processo de montagem	-	-	-	-	-	○
9.4.	Manual com manutenções, alterações, substituições e informações dos principais produtos e componentes utilizados	-	-	-	-	-	○
9.5.	Planejamento da desconstrução	-	-	-	-	-	✗

○ = diretriz atendida; ● = diretriz parcialmente atendida; ✗ = diretriz não atendida; - = diretriz não aplicada

Fonte: Elaboração própria (2020).

a) Estrutural

Diretriz específica não aplicada.

b) Sistema de vedação vertical interno (SVVI)

Diretriz específica não aplicada.

c) Instalações hidrossanitárias e elétricas

Diretriz específica não aplicada.

d) Sistema de cobertura (cobertura e forro)

Diretriz específica não aplicada.

e) Acabamentos *in loco*

Diretriz específica não aplicada.

f) Geral

A construção em estudo atende 3 das 5 diretrizes específicas. Dessa forma, as técnicas de montagem empregadas na construção do módulo são compatíveis com a prática padrão da construção (diretriz específica 9.1), principalmente da construção de estruturas metálicas que utilizam ligações parafusadas e soldadas para fixar os componentes (INSTITUTO AÇO BRASIL; CBCA, 2011), assim como foi utilizado para a construção do módulo em estudo.

Além disso, toda a entrega de obra da empresa é acompanhada da entrega do Manual de uso, operação e manutenção (NBR 14037, ABNT 2014), no qual contém as seguintes informações: garantias dos sistemas, elementos, componentes e instalações; como ocorre a solicitação de assistência técnica do produto entregue; sistemas da construção modular; recomendações de usos e manutenção dos sistemas; especificação dos materiais utilizados; projetos arquitetônicos e complementares; e todos os contatos das equipes terceirizadas que trabalharam na construção do módulo, com isso a diretriz específica 9.3 (Preservar informações sobre o edifício, projetos e o seu processo de montagem) é atendida.

Além disso, nesse manual contém uma tabela no qual é possível registrar todas as manutenções realizadas durante o prazo de 5 anos, que é o prazo de garantia dos sistemas instalados em conformidade com a NBR 15.575 (ABNT, 2013), sendo assim, a diretriz específica 9.4 (manual com manutenções, alterações, substituições e informações dos principais produtos e componentes utilizados) também é atendida. Porém, os componentes da construção não são identificados permanentemente (diretriz específica 9.2) e não foi realizado um planejamento da desconstrução pela equipe de projeto (diretriz específica 9.5), logo não são atendidas todas as diretrizes específicas da gestão organizacional da construção em estudo.

4.2.3 Análise quantitativa do *check-list* de projeto para desconstrução

A partir do preenchimento dos *check-list* foi possível analisar a porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução por etapa da construção e por diretriz geral. Na Tabela 12 é apresentada a porcentagem atendida de cada diretriz geral por etapa da construção.

Tabela 12 - Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução
PORCENTAGEM ATENDIDA DAS DIRETRIZES PARA PROJETO PARA
DESCONSTRUÇÃO

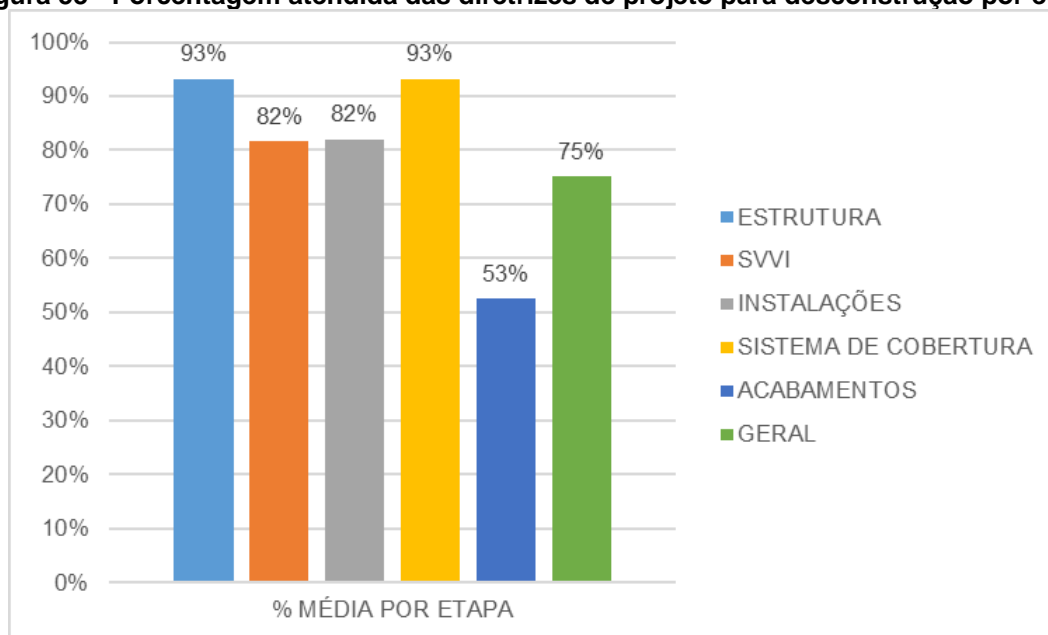
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
1.	SIMPLIFICAÇÃO	100%	100%	100%	100%	100%	-
2.	ADAPTABILIDADE	-	-	-	-	-	80%
3.	CAMADAS	100%	100%	100%	100%	67%	-
4.	ACESSOS	-	-	-	-	-	36%
5.	CONEXÕES	86%	71%	83%	86%	43%	-
6.	DURABILIDADE DOS COMPONENTES	100%	67%	67%	100%	33%	-
7.	RISCOS E SEGURANÇA	80%	70%	60%	80%	20%	100%
8.	SUSTENTABILIDADE	-	-	-	-	-	100%
9.	GESTÃO ORGANIZACIONAL	-	-	-	-	-	60%

Fonte: Elaboração própria (2020).

Observa-se que a diretriz geral 01, simplificação do sistema construtivo, é atendida 100% em todas as etapas da obra, devido à redução de materiais e componentes, redução do peso dos componentes e forma ergonômica dos elementos. Em seguida, a diretriz geral 03 (Camadas), é atendida 100% por todas as etapas construtivas, com exceção de acabamentos *in-loco*, pois a forma de instalação do piso porcelanato impede que as camadas sejam independentes.

Além disso, a diretriz geral 06 (durabilidade dos componentes) é atendida 100% pela etapa de estrutura e de sistema de cobertura, devido à alta durabilidade dos componentes, e o uso de elementos que podem ser reutilizados e reciclados. A diretriz 07 (Riscos e seguranças) e a diretriz 08 (Sustentabilidade), são atendidas 100% pela etapa geral, pois foi realizada inspeção visual para todos os componentes utilizados na produção do módulo, foi utilizado tecnologias limpas para o conforto térmico, como os painéis térmicos, e durante a produção do módulo foi realizado o gerenciamento dos resíduos sólidos.

A Figura 53 mostra a porcentagem que cada etapa da construção atendeu das diretrizes de projeto para desconstrução.

Figura 53 - Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução por etapa

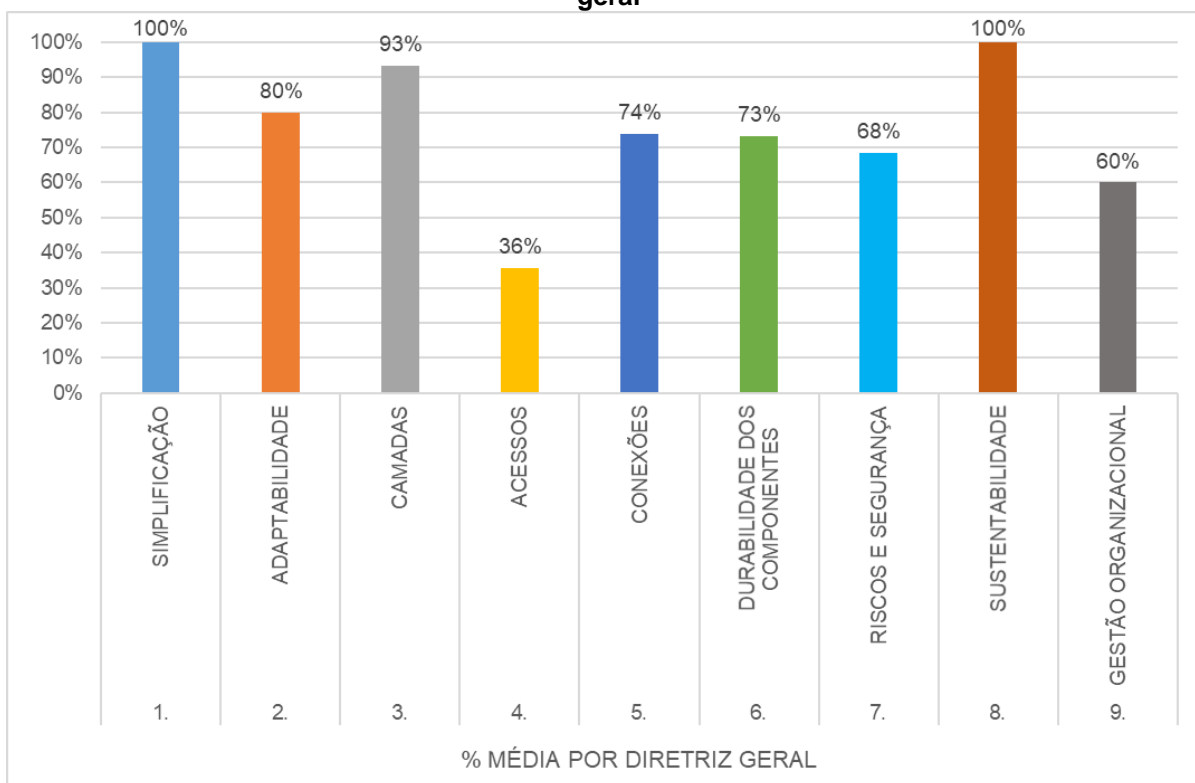
Fonte: Elaboração própria (2020).

A etapa de acabamento *in loco* foi a etapa que menos atendeu às diretrizes de projeto para desconstrução, com apenas 53% das diretrizes atendidas, principalmente pela dificuldade de remoção do revestimento dos demais elementos, a utilização de conectores que não resistem repetidas montagens e desmontagens, e a dificuldade em reutilizar o material, pois o mesmo pode ser facilmente danificado durante uma desconstrução, o que impossibilita a reutilização da peça inteira e reduz o seu potencial de desconstrução.

Já o sistema de estrutura atendeu 93% das diretrizes, a etapa não alcançou os 100% devido a existência de entalhes na estrutura, e a falta de identificação permanente. O sistema de cobertura, composto pelas instalações do painel térmico e forro modular, também atendeu 93% das diretrizes, a etapa não alcançou os 100% devido à falta de identificação permanente dos pontos de desmontagem e a não redução dos tipos de conectores e fixadores para a instalação do forro modular. As demais etapas (SVVI, Instalação e Geral), atenderam entre 75% e 82% das diretrizes de projeto pra desconstrução.

A Figura 54 mostra o percentual de atendimento de cada diretriz geral de projeto para desconstrução no módulo em estudo.

Figura 54 - Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução por diretriz geral



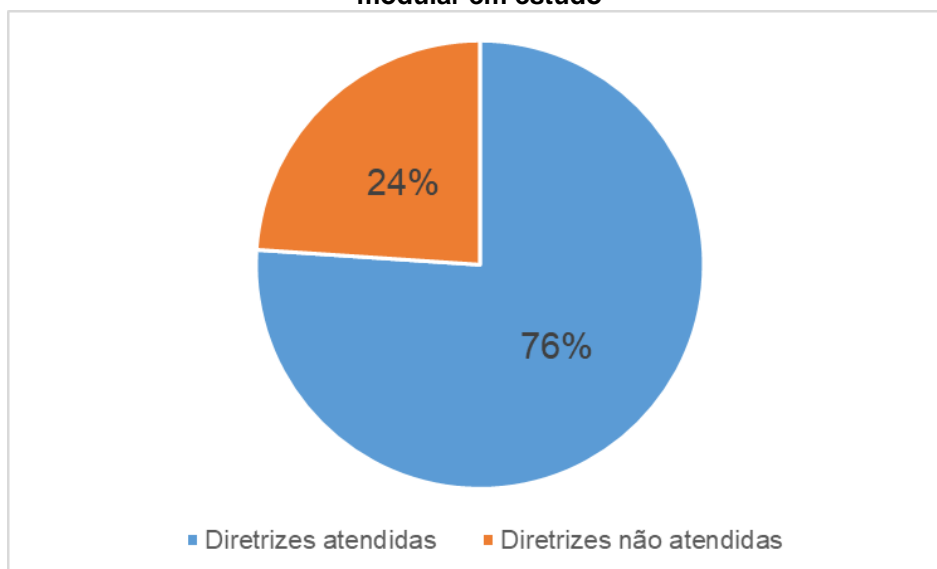
Fonte: Elaboração própria (2020).

A partir da Figura 54 é possível perceber que o módulo em estudo atendeu 100% das diretrizes gerais referente à simplificação do sistema construtivo e à sustentabilidade. Enquanto que a diretriz menos atendida foi o acesso a todos os elementos do módulo (36%), pois a utilização das placas de ACM dificultou o acesso às camadas da construção, principalmente nos locais mais críticos, como aonde à passagem de tubulações hidrossanitárias, além disso, a falta de um plano de rotas para manutenção, também, influenciou no resultado

O projeto em estudo atendeu 60% e 68%, respectivamente das diretrizes referentes a gestão organizacional da produção do módulo, e aos riscos e segurança durante uma manutenção ou desconstrução. Em relação a gestão organizacional, a falta de identificação permanente e o não planejamento da desconstrução influenciou o resultado. Em relação aos riscos e segurança, o que mais influenciou esse resultado foi a não identificação dos pontos de desmontagem do módulo e a etapa de acabamento, devido a utilização de piso porcelanato. As demais diretrizes de projeto para desconstrução foram atendidas entre 73% e 93% pelo projeto modular em estudo.

A partir destes resultados é possível quantificar o potencial de desconstruibilidade do projeto modular em estudo que foi de 76% (Figura 55).

Figura 55 - Porcentagem atendida das diretrizes de projeto para desconstrução pelo projeto modular em estudo



Fonte: Elaboração própria (2020).

Segundo Spadeto (2011), a construção industrializada em ambiente fabril possibilita maior potencial de desconstrução. Enquanto que na construção convencional, estrutura de concreto armado e paredes de alvenaria com tubulações e condutores para fiação elétrica embutidos, dificulta a demolição e limitam a quantidade de componentes e materiais que podem ser recuperados (MARTINS; REIS; FABRICIO, 2019).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Neste tópico são apresentadas as considerações finais do presente trabalho e as recomendações de trabalhos futuros nesta área de estudo.

5.1 Considerações Finais

Devido à falta de estudos no tema sobre diretrizes de projeto para a desconstrução de edificações, principalmente na verificação de atendimento a estas diretrizes por meio de aplicação de um *check-list* conforme proposto por Saraiva (2013), algumas dúvidas surgiram relacionadas à abrangência das diretrizes e como qualificá-las no projeto em estudo, um módulo produzido *off-site* (fora do canteiro de obras).

Nesta pesquisa foi elaborado um *check-list* com as diretrizes de projeto para a desconstrução focada em sistemas modulares (construção modular *off-site*). Este *check-list* foi aplicado em um módulo específico produzido para ser montado, desmontado, transportado e montado no local, devido a exigências técnicas. Como existia um projeto executivo detalhado apenas para a etapa estrutural, o *check-list* foi aplicado no projeto e na fase de produção do módulo. Assim, visualizar todo o processo durante a produção do módulo (montagem e desmontagem) facilitou sua aplicação.

A ordem crescente de atendimento às diretrizes de projeto foi: Acabamentos *in loco* (53%), Sistema de vedação vertical (82%), Instalações elétricas e hidrossanitárias (82%), Estrutura (93%), e Sistema de cobertura (93%). Caso queira-se aumentar o potencial de desconstrução deste módulo já se tem uma ideia de qual etapa deve ser revista com prioridade.

A desconstruibilidade do projeto em estudo é de 76%, mesmo sem ter sido pensado para ser desconstruído, apenas para ser montado e desmontado em fábrica, e montado novamente *in loco*. Esse resultado demonstra o potencial de desconstrução que a construção modular apresenta. Ainda, caso as diretrizes tivessem sido aplicadas durante a concepção do projeto, através da identificação dos componentes; identificação dos pontos de desmontagem; plano de rota para manutenção; mudança de materiais utilizados para revestimento, principalmente do

porcelanato utilizado para o revestimento do piso; e priorização da conexão mecânica, principalmente para o sistema de vedação vertical revestido com ACM, o projeto poderia chegar a atender 100% das diretrizes.

Essa porcentagem atendida só foi possível devido à modularidade do projeto em estudo e à montagem e desmontagem do módulo dentro da fábrica. Além disso, as construções modulares possuem um maior potencial de desconstrução quando comparadas às obras convencionais, ou seja, a construção em alvenaria, e instalações de tubulações e condutores embutidos dificultam a demolição e reduzem a quantidade de componentes que podem ser reutilizados ou reciclados, assim, aumenta a probabilidade de os resíduos serem destinados para aterros..

Percebeu-se que se a produção do módulo for fiel ao projeto e o mesmo possuir o detalhamento de montagem de todos os elementos, ou seja, possuir um projeto executivo detalhado, será possível aplicar o *check-list* diretamente sobre o projeto, sem a necessidade de acompanhar a produção em fábrica. Além disso, se o *check-list* for utilizado antes ou durante a etapa de elaboração do projeto, será possível atender a mais diretrizes de projeto para a desconstrução, pois será possível escolher materiais, componentes e conexões mais adequadas, além de refletir sobre possíveis manutenções e possibilitar que o serviço seja realizado adequadamente.

5.2 Recomendações para trabalhos futuros

Como sugestões para trabalhos futuros:

- Analisar a aplicação do *check-list* num projeto de um módulo padrão produzido pela empresa do estudo de caso;
- Aplicar e analisar o *check-list* para o mesmo projeto utilizado para o estudo de caso, mas como se fosse uma construção convencional, com estrutura em concreto armado e fechamento em alvenaria;
- Avaliar o potencial de desconstruibilidade entre diferentes métodos construtivos: módulo padrão produzido, módulo do estudo de caso e construção convencional.

REFERÊNCIAS

ABDOL, R. C.; BALACHANDRAN, S. **Anticipating and responding to deconstruction through building design**, In: Design for deconstruction and material reuse, CIB Publication 272, paper n. 14, Karlsruhe, Germany, 2000.

ADDIS, A. **Reuso de materiais e elementos de construção**; tradução Christina Del Posso, São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI. **Manual da Construção Industrializada**: Conceitos e Etapas. v.1. Brasília, 2015.

AKERMAN, Mauro. **Natureza, Estrutura e Propriedades do Vidro**. Cetev - Centro Técnico de Elaboração do Vidro, 2000. Disponível em: http://www.dimensaodigital.com.br/ufpr/cf361/vidro_SaintGobain.pdf. Acesso em: 26 jul. 2020.

ALCOPLA (São Paulo). **Painéis de alumínio composto ACM**. Disponível em: <http://www.acmalcopla.com.br/paineis-aluminio-composto-acm>. Acesso em: 15 ago. 2020.

ALVES, Maurício Kaminski. **Industrialização na construção civil**: Análise da possibilidade de adoção de ações de um programa de desenvolvimento tecnológico europeu na construção civil brasileira. 2016. 60 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

ANSA. Como reaproveitar fios e cabos elétricos? **Isto é**, São Paulo, 11 set. 2019. Disponível em: <https://istoe.com.br/como-reaproveitar-fios-e-cabos-eletricos/>. Acesso em: 26 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES E PROCESSADORES DE VIDROS PLANOS (ABRAVIDRO) (São Paulo). **Vidro Temperado**. Disponível em: <https://abravidro.org.br/vidros/vidro-temperado-2/>. Acesso em: 25 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS (ABRELPE). **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil**. São Paulo: ABRELPE, 2017. Disponível em: http://abrelpe.org.br/pdfs/panorama/panorama_abrelpe_2017.pdf.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10004**: Resíduos sólidos - classificação. 2 ed. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14037**: Diretrizes para elaboração de manuais de uso, operação e manutenção das edificações – Requisitos para elaboração e apresentação dos conteúdos. 2 ed. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-4:** Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-5:** Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO AÇO INOXIDÁVEL (ABINOX) (São Paulo). **Por que o aço inox é preferido na indústria alimentícia?** 2018. Disponível em: [https://www.abinox.org.br/site/agenda-inox-noticias-detalhes.php?cod=5824&q=Por+que+o+a%25C3%25A7o+inox+%25C3%25A9+preferido+na+ind%25C3%25BAstria+aliment%25C3%25ADcia%253F%20\(SILVA%20ET%20AL,%20205\)%20https://www.academia.edu/40691321/Jrc_steel_report](https://www.abinox.org.br/site/agenda-inox-noticias-detalhes.php?cod=5824&q=Por+que+o+a%25C3%25A7o+inox+%25C3%25A9+preferido+na+ind%25C3%25BAstria+aliment%25C3%25ADcia%253F%20(SILVA%20ET%20AL,%20205)%20https://www.academia.edu/40691321/Jrc_steel_report). Acesso em: 04 abr. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO (ABAL) (São Paulo). **Reciclagem.** Disponível em: <http://abal.org.br/sustentabilidade/reciclagem/>. Acesso em: 25 abr. 2020.

BAUERMANN, Maristela. **Uma investigação sobre o processo de projeto em edifícios de andares múltiplos em aço.** 2002. 269 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2002.

BRASIL, **Resolução CONAMA nº307**, de 5 de julho de 2002. Diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos da construção civil. Publicado no D.O.U. de 17 julho 2002.

BRASIL. **Decreto-lei nº 5452**, de 1 de maio de 1943. art. nº 198. Aprova a consolidação das leis do trabalho. Lex: coletânea de legislação: edição federal, São Paulo, v. 7, 1943.

BRASIL. Ministério das Cidades. Ministério do Meio Ambiente. **Área de manejo de resíduos da construção civil e resíduos volumosos:** Orientações para o seu licenciamento e aplicação da resolução CONAMA 307/2002. Brasília, 2005.

BRASILEIRO, L.L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil.** Cerâmica, v. 61, p. 178–189, 2015.

BUILDIN. **Industrialização na construção civil:** Conceitos, desafios, oportunidades, sistemas construtivos e tendência. 2018.

CAIADO, Kneipp de Figueiredo. **Estudo e concepção de edifícios em módulos pré-fabricados estruturados em aço.** 2005. 148 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

CAJUEIRO, Roberta Liana Pimentel. **Manual para elaboração de trabalhos acadêmicos:** guia prático do estudante. 3. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2015

CEBRACE. **A COMPOSIÇÃO DO VIDRO.** Disponível em: <http://www.cebrace.com.br/#!/enciclopedia/interna/a-composicao-do-vidro>. Acesso em: 04 abr. 2020.

ÇENGEL, Y. A. **Transferência de calor e massa: uma abordagem prática.** 3. ed. São Paulo: McGraw-Hill, 2009.

CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA). **Características do aço na construção civil.** Disponível em: http://www.cursoscbca.com.br/moodle/arquivos/pdfs/Apostila_Sist_Estrut_peq/Apostila_Modulo_2_peq.pdf/. Acesso em: 14 jun. 2020.

CHINI, A. R., BALACHANDRAN, S. **Anticipating and responding to deconstruction through building design.** Design for deconstruction and materials reuse. Forthcoming CIB Publication 272, 2002.

COUTO, A.; COUTO, J. **Why deconstruction is not adequately considered in Portuguese building refurbishment.** Association of Researchers in Construction Management, ARCOM 2007 – Proceeding of the 23rd Annual Conference, v. 2, p. 811–820. Guimarães 2007.

COUTO, A.B.; COUTO, J. P.; TEIXEIRA, J.C. **Desconstrução – uma ferramenta para sustentabilidade da construção.** In: Seminário Internacional NUTAU 2006, 2006, São Paulo. Seminário Internacional NUTAU 2006, 2006.

CROWTHER, P. **Building Deconstruction in Australia. Overview of deconstruction in select countries,** n. 252, University of Florida, Florida, 2000.

CROWTHER, P. **Developing an inclusive model for design for deconstruction.** Deconstruction and materials reuse: technology, economic, and policy. Forthcoming CIB Publication 266, 2001.

DARBELLO, Sabrina Moretto. **TÍTULO: ESTUDO DA RECICLAGEM MECÂNICA DE POLI (CLORETO DE VINILA) – PVC- PROVENIENTE DE RESÍDUOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL.** 2008. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência e Tecnologia de Materiais, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Sorocaba, 2008. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/94500/darbello_sm_me_bauru.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 26 jul. 2020.

DAY BRASIL (São Paulo). **Tecbond Pannel de alumínio composto.** Disponível em: <https://daybrasil.com.br/acm/dist/emailmkt/>. Acesso em: 26 abr. 2020.

E-CYCLE. **Fios e cabos elétricos são recicláveis?** Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/45-construcao-demolicao/81-reciclagem-fios.html>. Acesso em: 26 abr. 2020.

FREIRE, L., BRITO, J. **Custos e benefícios da demolição seletiva**. In: Congresso Nacional da Construção. v. 2. Lisboa, 2001.

FREITAS, Filipe Miguel Costa. **Construção modular sustentável**: propostas de um projeto tipo. 2014. 307 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado de Construções Civas, Instituto Politécnico de Viana do Castelo, Viana do Castelo, 2014.

GAUTAM, S.P.. Use of glass wastes as fine aggregate in Concrete. **Journal Of Academia And Industrial Research**. Allahabad, p. 320-322. nov. 2012.

GUY, B.; SHELL, S. **Design for deconstruction and material reuse**. In: Design for deconstruction and material reuse, CIB Publication 272, p. 15, Karlsruhe, 2002.

GUY, B.; SHELL, S.; ESHERICK, H. Design for deconstruction and materials reuse. **Proceedings of the CIB Task Group 39**, v. 4, p. 189-209, 2006. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/5044/1/recuperacaomateriaiscomponentesedificacoes.pdf>. Acesso em: 04 out. 2020.

HAYRTON, Rodrigues. **A importância da reciclagem do vidro para o meio ambiente**. 2011. Disponível em: <https://qualidadeonline.wordpress.com/2011/07/20/a-importancia-da-reciclagem-do-vidro-para-o-meio-ambiente/>. Acesso em: 26 jul. 2020.

HECHLER, O.; LARSEN, O. P.; NIELSEN, S. **Design for Deconstruction**. 2012.

INSTITUTO AÇO BRASIL; CENTRO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO EM AÇO (CBCA). **Ligações em estruturas metálicas**. 4. ed. Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil, 2011. 59 p. Disponível em: <http://site.ufvjm.edu.br/icet/files/2016/07/ligacoes-cbca-1.pdf>. Acesso em: 10 jul. 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Diagnóstico de resíduos sólidos da construção civil**: relatório de pesquisa. Brasília, 2012.

KEANE, Mark A. Conversão catalítica de resíduos de plástico: foco em resíduos de PVC. **Jornal de Tecnologia Química e Biotecnologia**. Edimburgo, p. 787-795. set. 2007. Disponível em: <https://researchportal.hw.ac.uk/en/publications/catalytic-conversion-of-waste-plastics-focus-on-waste-pvc>. Acesso em: 26 jul. 2020.

KHALILI, A.; CHUA, D. K. H. **Framework for an IFC-based tool for implementing design for deconstruction (DfD)**. 2011.

KIBERT, C. J. **Deconstruction: The start of a sustainable materials strategy for the built environment**. *Industry and Environment*, v. 26, n. 2–3, p. 84–88, 2003.

KIBERT, C. J., CHINI, A. R., LANGUEL, J. **Implementing deconstruction in the United States**. Overview of Deconstruction in Selected Countries. Forthcoming CIB Publication 252, 2000.

KINGSPAN. **Painel Isojoint® Frigo PIR**. Disponível em: <https://kingspan-isoeste.com.br/painel-termico-isojoint-frigo-pir/>. Acesso em: 10 jun. 2020.

LEROUX, K.; SELDMAN, N. **Deconstruction: salvaging yesterday's buildings for tomorrow's sustainable communities**. Institute for Local Self-Reliance, ed. 2. Washington D.C., 1999.

LEVEL THE AUTHORITY ON SUSTAINABLE BUILDING (Nova Zelândia). **Implementing waste management**. 2016. Disponível em: <http://www.level.org.nz/material-use/minimising-waste/implementing-waste-management/>. Acesso em: 20 set. 2019.

LOPES, Mariana Farinhoto. **Implementação da desconstrução na Indústria da construção Nacional**. 2013. 183 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Minho, Braga, 2013.

MARQUES, Flávia Miranda. **A importância da seleção dos materiais de construção para a sustentabilidade ambiental do edifício**. 2007. 166 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

MARTINS, Andreia Sofia Moreira; REIS, Daniel Costa; FABRICIO, Márcio Minto. Diretrizes para o planejamento de uma demolição seletiva em edifícios. **Interações**, Campo Grande, v. 20, n. 2, p. 487-507, jun. 2019.

MEDEIROS, João Bosco. **Redação Científica: prática de fichamentos, resumos, resenhas**. 13. ed. São Paulo: Atlas, 2019.

MORGAN, C.; STEVENSON, F. **Design for deconstruction, SEDA Design Guides for Scotland: N.º. 1**, 2005.

MUNDO DA ELÉTRICA. **Cabos elétricos, características e dimensionamento!** Disponível em: <https://www.mundodaeletrica.com.br/cabos-eletricos-caracteristicas-e-dimensionamento/>. Acesso em: 26 abr. 2020.

NAPOLI, Bruna. **Processo de reciclagem de alumínio composto**. Depositante: Luis Paulo de Oliveira Marques. BR 10 2012 031205 0 A2. Depósito: 07 dez. 2012. Concessão: 02 set. 2014. Disponível em: <https://www.escavador.com/patentes/72444/processo-de-reciclagem-de-aluminio-composto/>. Acesso em: 26 jul. 2020

NORDBY, A. S.; BERGE, B.; HESTNES, A. G. **Salvage ability of building materials**. Department of Architectural Design, History and Technology, Norwegian University of Science and Technology (NTNU), Trondheim, Norway, 2008.

OWA BRASIL (São Paulo). **FORRO DE GESSO GYPCLEAN**. Disponível em: <https://owa.com.br/produtos/gypclean-forro-de-gesso-removivel/>. Acesso em: 25 jun. 2020.

OWA BRASIL (São Paulo). **RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: COMO USAR FORROS MINERAIS E DE MADEIRA COMO ATENUANTES ACÚSTICOS?** 2019. Disponível em: <https://blog.owa.com.br/reciclagem-na-construcao-civil-como-usar-forros-minerais-e-de-madeira-como-atenuantes-acusticos/>. Acesso em: 25 jun. 2020.

PATINHA, Sérgio Miguel Pinto de Almeida. **Construção Modular - Desenvolvimento da Ideia: Casa numa caixa.** 2011. 184 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2011.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana.** 1999. 218 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

PRAGUE STAY (Praga) (Org.). **Expo 58 Restaurant.** Disponível em: <https://www.prague-stay.com/lifestyle/review/36-prague-architecture/49-communist-era/922-expo-58-restaurant>. Acesso em: 11 nov. 2019.

PRUDÊNCIO, Marcus Vinicius Martins Vargas. **Projeto e análise comparativa de custo de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e light steel framing.** 2013. 45 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013. Disponível em: https://www.academia.edu/32055211/UNIVERSIDADE_TECNOL%C3%93GICA_FEDERAL_DO_PARAN%C3%81_COORDENA%C3%87%C3%83O_DE_ENGENHARIA_CIVIL_CURSO_DE_ENGENHARIA_CIVIL_PROJETO_E_ANALISE_COMPARATIVA_DE_CUSTO_DE_UMA_RESID%C3%8ANCIA_UNIFAMILIAR_UTILIZANDO_OS_SISTEMAS_CONSTRUTIVOS_CONVENCIONAL_E_LIGHT_STEEL_FRAMING. Acesso em: 29 out. 2019.

RAJENDRAN, P.; GOMEZ, C. P. **Implementing BIM for waste minimisation in the construction industry.** Proceedings of the 2nd International Conference on Management. Langkawi, 2012.

SANTIAGO, A.L.; FREITAS A.M.S.; CRASTO R.C.M. **Manual de Construção em Aço: Steel Framing – Arquitetura.** Rio de Janeiro: Centro Brasileiro da Construção em Aço – CBCA, 2012.

SARAIVA, Tatiana Santos. **Diretrizes de projeto para possibilitar a desconstrução de edificações e seus componentes.** 2013. 111 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Ambiente Construído, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

SPADETO, Tatiana Freitas. **Industrialização na construção civil: Uma contribuição à política de utilização de estruturas pré-fabricadas em concreto.** 2011. 212 f.

Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2011.

THORMARK, C. **Recycling potential and design for disassembly in buildings**. Lund Institute of Technology, Lund University, Lund, Sweden, 2001.

VARELA, Mafalda Xavier. **A casa modular vista na perspectiva do engenheiro mecânico**. 2015. 256 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2015.

VELJKOVIC, M. *et al.* **Eurocodes: Background & Applications Design of Steel Buildings**. Luxembourg: European Commission, 2015. 470 p. Disponível em: https://www.academia.edu/40691321/Jrc_steel_report. Acesso em: 10 jul. 2020.

WEBSTER, M. D.; GUMPERTZ, S.; HEGER, COSTELLO, D. T.; DISMANTLING, C. **Designing structural systems for deconstruction: How to extend a new building's useful life and prevent it from going to waste**. *Greenbuild*, Conference, Atlanta, GA November, 2005.

ZORDAN, Sérgio Eduardo. **A utilização de entulho como agregado, na confecção de concreto**. 1997. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Diretrizes de projeto para desconstrução com as respectivas referências

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO		REFERÊNCIAS
1.	SIMPLIFICAÇÃO	
1.1.	Redução de tipos de materiais utilizados	Abdol, 2002; Crowther, 2000; Kibert, 2003; Webster, 2005
1.2.	Redução de tipos de componentes	Crowther, 2000; Kibert, 2003; Webster, 2005
1.3.	Redução de peso de componentes	Crowther, 2000; Kibert, 2003;
1.4.	Forma ergonômica de elementos prevendo a manutenção manual	Crowther, 2000; Morgan & Stevenson, 2005
2.	ADAPTABILIDADE	
2.1.	Componentes dimensionados para se adequar em todas as etapas de construção	Kibert, 2003
2.2.	Uso de sistema de construção aberto com partes substituíveis	Crowther, 2000; Kibert, 2003;
2.3.	Adaptável a diferentes padrões de ocupação no plano	Morgan & Stevenson, 2005
2.4.	Construção com grade padronizada e geometria simples	Crowther, 2000; Kibert, 2003; Morgan & Stevenson, 2005
2.5.	Utilização de elementos pré-moldados ou pré-fabricados	Kibert, 2003
3.	CAMADAS	
3.1.	Projetos de camadas independentes (estrutura, isolamento e revestimento)	Crowther, 2000; Kibert, 2003; Morgan & Stevenson, 2005; Webster, 2005
3.2.	Não utilização de composição de materiais e a não fabricação de materiais inseparáveis	Abdol, 2002; Kibert, 2003; Webster, 2005
3.3.	Não utilização de acabamentos secundários para materiais	Crowther, 2000; Kibert, 2003

Fonte: Elaboração própria (2020).

APÊNDICE A (continuação) - Diretrizes de projeto para desconstrução com as respectivas referências

4.	ACESSOS	
4.1.	Componentes com menores ciclos de vida em camada mais acessível	Chini&Balachandran, 2002; Crowther, 2000; Morgan & Stevenson, 2005
4.2.	Instalações aparentes	Morgan & Stevenson, 2005
4.3.	Facilidade de acesso às camadas	Guy & Shell, 2002; Kibert, 2003; Morgan & Stevenson, 2005
4.4.	Acesso a todos os componentes da construção	Crowther, 2000; Kibert, 2003; Morgan & Stevenson, 2005
4.5.	Acessos identificados	Morgan & Stevenson, 2005
4.6.	Acesso simples em locais críticos	Morgan & Stevenson, 2005
4.7.	Plano de rotas para manutenção	Morgan & Stevenson, 2005
5.	CONEXÕES	
5.1.	Redução do tipo de conectores e fixadores	Abdol, 2002; Crowther, 2000; Kibert, 2003; Webster, 2005
5.2.	Redução número de conectores e fixadores	Kibert, 2003; Webster, 2005
5.3.	Utilização de conexões mecânicas	Crowther, 2000; Kibert, 2003; Morgan & Stevenson, 2005; Webster, 2005
5.4.	Juntas e conectores que resistem repetidas montagens e desmontagens	Kibert, 2003
5.5.	Inexistência de entalhe, corte ou furação	Morgan & Stevenson, 2005
5.6.	Remoção fácil e segura de todos os componentes	Morgan & Stevenson, 2005
5.7.	Utilização de conexão padronizada	Kibert, 2003; Morgan & Stevenson, 2005
6.	DURABILIDADE DOS COMPONENTES	
6.1.	Uso de componentes duráveis que possam ser reutilizados	Guy & Shell, 2002; Morgan & Stevenson, 2005; Webster, 2005
6.2.	Componentes projetados para maximizar a número de vezes que podem ser reutilizados	Morgan & Stevenson, 2005
6.3.	Componentes reutilizáveis ou recicláveis	Crowther, 2000; Guy & Shell, 2002; Kibert, 2003; Morgan & Stevenson, 2005; Webster, 2005;

Fonte: Elaboração própria (2020).

APÊNDICE A (continuação) - Diretrizes de projeto para desconstrução com as respectivas referências

7.	RISCOS E SEGURANÇA	
7.1.	Inexistência de materiais tóxicos e perigosos	Abdol, 2002; Crowther, 2000; Guy & Shell, 2002; Kibert, 2003; Webster, 2005
7.2.	Manuseio seguro dos componentes durante a montagem e desmontagem	Kibert, 2003; Webster, 2005
7.3.	Tolerância adequada para permitir a desmontagem	Crowther, 2000; Kibert, 2003;
7.4.	Permite a desmontagem em paralelo	Kibert, 2003
7.5.	Identificação permanente dos pontos de desmontagem	Crowther, 2000; Kibert, 2003;
7.6.	Utilização de detalhes que impeçam que os materiais entrem em contato direto com o solo e apodreçam	Abdol, 2002
7.7.	Inspeção visual e teste adicional para determinados componentes e materiais	Morgan & Stevenson, 2005
8.	SUSTENTABILIDADE	
8.1.	Utilização de tecnologias limpas para o conforto térmico e minimizar a quantidade de manutenções	Morgan & Stevenson, 2005
8.9.	Utilização de técnicas e soluções tecnológicas para a redução de resíduos gerados durante o processo construtivo	Morgan & Stevenson, 2005
9.	GESTÃO ORGANIZACIONAL	
9.1.	Uso de tecnologias de montagem compatíveis com a prática padrão de construção	Crowther, 2000; Kibert, 2003; Webster, 2005
9.2.	Identificação permanente para cada componente	Abdol, 2002; Kibert, 2003; Morgan & Stevenson, 2005; Webster, 2005
9.3.	Preservar informações sobre o edifício, projetos e o seu processo de montagem	Kibert, 2003
9.4.	Manual com manutenções, alterações, substituições e informações dos principais produtos e componentes utilizados	Crowther, 2000; Morgan & Stevenson, 2005; Webster, 2005
9.5.	Planejamento da desconstrução	Morgan & Stevenson, 2005

Fonte: Elaboração própria (2020).

APÊNDICE B – Resultado da aplicação do *check-list* de projeto para desconstrução para todas as diretrizes gerais

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
1.	SIMPLIFICAÇÃO						
1.1.	Redução de tipos de materiais utilizados	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
1.2.	Redução de tipos de componentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
1.3.	Redução de peso de componentes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
1.4.	Forma ergonômica de elementos prevendo a manutenção manual	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
2.	ADAPTABILIDADE						
2.1.	Componentes dimensionados para se adequar em todas as etapas de construção	-	-	-	-	-	✗
2.2.	Uso de sistema de construção aberto com partes substituíveis	-	-	-	-	-	<input type="radio"/>
2.3.	Adaptável a diferentes padrões de ocupação no plano	-	-	-	-	-	<input type="radio"/>
2.4.	Construção com grade padronizada e geometria simples	-	-	-	-	-	<input type="radio"/>
2.5.	Utilização de elementos pré-moldados ou pré-fabricados	-	-	-	-	-	<input type="radio"/>
3.	CAMADAS						
3.1.	Projetos de camadas independentes (estrutura, isolamento e revestimento)	-	<input type="radio"/>	-	<input type="radio"/>	✗	-
3.2.	Não utilização de composição de materiais e a não fabricação de materiais inseparáveis	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-
3.3.	Não utilização de acabamentos secundários para materiais	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	-

Fonte: Elaboração própria (2020).

APÊNDICE B (continuação) – Resultado da aplicação do *check-list* de projeto para desconstrução para todas as diretrizes gerais

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
4.	ACESSOS						
4.1.	Componentes com menores ciclos de vida em camada mais acessível	-	-	-	-	-	○
4.2.	Instalações aparentes	-	-	-	-	-	✗
4.3.	Facilidade de acesso às camadas	-	-	-	-	-	●
4.4.	Acesso a todos os componentes da construção	-	-	-	-	-	○
4.5.	Acessos identificados	-	-	-	-	-	✗
4.6.	Acesso simples em locais críticos	-	-	-	-	-	✗
4.7.	Plano de rotas para manutenção	-	-	-	-	-	✗
5.	CONEXÕES						
5.1.	Redução do tipo de conectores e fixadores	○	○	○	●	○	-
5.2.	Redução número de conectores e fixadores	○	○	○	○	○	-
5.3.	Utilização de conexões mecânicas	○	●	●	○	✗	-
5.4.	Juntas e conectores que resistem repetidas montagens e desmontagens	○	●	●	○	✗	-
5.5.	Inexistência de entalhe, corte ou furação	✗	●	-	●	✗	-
5.6.	Remoção fácil e segura de todos os componentes	○	●	○	○	✗	-
5.7.	Utilização de conexão padronizada	○	○	○	○	○	-
6.	DURABILIDADE DOS COMPONENTES						
6.1.	Uso de componentes duráveis que possam ser reutilizados	○	●	●	○	✗	-
6.2.	Componentes projetados para maximizar a número de vezes que podem ser reutilizados	○	●	●	○	✗	-
6.3.	Componentes reutilizáveis ou recicláveis	○	○	○	○	○	-

Fonte: Elaboração própria (2020).

APÊNDICE B (continuação) – Resultado da aplicação do *check-list* de projeto para desconstrução para todas as diretrizes gerais

DIRETRIZES DE PROJETO PARA DESCONSTRUÇÃO							
ETAPA		ESTRUTURA	SVVI	INSTALAÇÕES	SISTEMA DE COBERTURA	ACABAMENTOS	GERAL
7.	RISCOS E SEGURANÇA						
7.1.	Inexistência de materiais tóxicos e perigosos	○	○	●	○	○	-
7.2.	Manuseio seguro dos componentes durante a montagem e desmontagem	○	○	●	○	×	-
7.3.	Tolerância adequada para permitir a desmontagem	○	●	○	○	×	-
7.4.	Permite a desmontagem em paralelo	○	○	○	○	×	-
7.5.	Identificação permanente dos pontos de desmontagem	×	×	×	×	×	-
7.6.	Utilização de detalhes que impeçam que os materiais entrem em contato direto com o solo e apodreçam	-	-	-	-	-	-
7.7.	Inspeção visual e teste adicional para determinados componentes e materiais	-	-	-	-	-	○
8.	SUSTENTABILIDADE						
8.1.	Utilização de tecnologias limpas para o conforto térmico e minimizar a quantidade de manutenções	-	-	-	-	-	○
8.2.	Utilização de técnicas e soluções tecnológicas para a redução de resíduos gerados durante o processo construtivos	-	-	-	-	-	○
9.	GESTÃO ORGANIZACIONAL						
9.1.	Uso de tecnologias de montagem compatíveis com a prática padrão de construção	-	-	-	-	-	○
9.2.	Identificação permanente para cada componente	-	-	-	-	-	×
9.3.	Preservar informações sobre o edifício, projetos e o seu processo de montagem	-	-	-	-	-	○
9.4.	Manual com manutenções, alterações, substituições e informações dos principais produtos e componentes utilizados	-	-	-	-	-	○
9.5.	Planejamento da desconstrução	-	-	-	-	-	×

Fonte: Elaboração própria (2020).