

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

GUILHERME MACIEL BOTELHO

**VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA MODULAR EM OBRAS PREDIAIS
RESIDENCIAIS EM SÃO PAULO**

São Paulo

2024

ESCOLA POLITÉCNICA DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO

GUILHERME MACIEL BOTELHO

**VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA MODULAR EM OBRAS PREDIAIS
RESIDENCIAIS EM SÃO PAULO**

Versão original

Monografia apresentada à Escola
Politécnica da Universidade de São Paulo, para
obtenção do título de Especialista em Tecnologia
e Gestão na Produção de Edifícios

Orientador:

Arq. MSc. Silvia Scalzo Cardoso

São Paulo

2024

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-Publicação

BOTELHO, GUILHERME MACIEL
VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA MODULAR EM OBRAS PREDIAIS
RESIDENCIAIS EM SÃO PAULO / G. M. BOTELHO -- São Paulo, 2014.
61 p.

Monografia (Especialização em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Poli-Integra.

1.ENGENHARIA CIVIL 2.CONSTRUÇÃO CIVIL 3.SISTEMAS E
PROCESSOS CONSTRUTIVOS 4.INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO
5.PROCESSOS PRÉ-FABRICADOS I.Universidade de São Paulo. Escola
Politécnica. Poli-Integra II.t.

Aprovado em:

Banca Examinadora

Orientador: Arq. MSc. Silvia Scalzo Cardoso

Instituição:

Julgamento: _____

Examinador 1: Profa. Dra. Renata Monte

Instituição: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

Julgamento: _____

Examinador 2: Eng. MSc. Marcelo Micali Ros

Instituição: FRAMECAD

Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico esta monografia a todos aqueles que me inspiraram e apoiaram ao longo desta jornada. Primeiramente, aos meus pais, pelo amor incondicional, pelo exemplo de dedicação e pelos sacrifícios feitos em prol da minha educação. Aos meus professores e orientadores, pela paciência, pelo conhecimento compartilhado e pelo incentivo constante a buscar sempre o melhor. Agradeço também aos meus colegas de curso, pela amizade, colaboração e pelo suporte mútuo durante os momentos desafiadores. E, especialmente, dedico este trabalho à minha noiva, pelo apoio e compreensão em todos os momentos. Por fim, dedico este trabalho a todos que acreditam no poder da educação e da pesquisa para transformar a realidade e construir um futuro melhor.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar minha gratidão a todos que contribuíram para a realização desta monografia. Primeiramente, agradeço a Deus e aos Orixás por me concederem saúde, força e sabedoria para enfrentar os desafios desta jornada acadêmica.

Aos meus pais, pelo amor incondicional, apoio constante e por acreditarem no meu potencial. Sem a dedicação e os sacrifícios de vocês, nada disso seria possível.

Aos meus professores e orientadores, especialmente a Arq. MSc. Silvia Scalzo Cardoso, pela orientação, paciência e pelo compartilhamento de conhecimento. Suas contribuições foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos meus colegas de curso, pela amizade, colaboração e suporte durante toda a trajetória acadêmica. A troca de experiências e o apoio mútuo foram essenciais nos momentos mais desafiadores.

Agradeço também à Trisul, pela oportunidade de participar do projeto Side Barra Funda e pela confiança depositada em mim. A todos os profissionais envolvidos, pela colaboração e por tornarem possível a aplicação prática do conhecimento adquirido.

À minha noiva, pelo apoio inestimável, paciência e compreensão durante todo o processo. Sua presença ao meu lado foi crucial para que eu pudesse superar as dificuldades e seguir em frente.

Por fim, agradeço a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Cada gesto de apoio, palavra de incentivo e ato de gentileza foi essencial para a conclusão desta etapa. Muito obrigado!

RESUMO

Referência bibliográfica ao trabalho de monografia: Botelho, Guilherme M. VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA MODULAR EM OBRAS PREDIAIS RESIDENCIAIS EM SÃO PAULO. 2024. 49 páginas: il. Monografia (Especialidade em Tecnologia e Gestão na Produção de Edifícios), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2024.

A construção civil tem buscado soluções inovadoras para enfrentar desafios como a otimização de tempo, redução de custos e aumento da eficiência produtiva. Em São Paulo, o crescimento do setor residencial e a demanda por tecnologias sustentáveis incentivam a adoção de sistemas construtivos industrializados, entre eles o sistema modular de vedação vertical interna. Esses sistemas apresentam vantagens notáveis, como a padronização e agilidade, mas também enfrentam obstáculos específicos, como a necessidade de capacitação e adaptação logística.

Neste contexto, esta monografia investiga a aplicação do sistema de vedação vertical interna modular em obras residenciais, com um estudo de caso na obra Side Barra Funda em São Paulo, onde o sistema Smart Wall foi implementado. A pesquisa adota uma metodologia baseada em revisão bibliográfica e estudo de caso para analisar o desempenho, os desafios e as oportunidades dessa tecnologia. Os resultados evidenciam uma redução significativa no tempo de execução e uma melhoria no controle de qualidade, acompanhados por adversidades como o custo inicial elevado e a necessidade de melhorias na integração entre componentes e o canteiro de obras. Conclui-se que o sistema modular se mostra promissor, mas demanda adaptações e investimentos para uma implementação mais eficaz e eficiente.

Palavras chaves: Vedação vertical interna, construção modular, Smart Wall, eficiência construtiva, controle dimensional, montagem modular, sistema construtivo, Sistema de vedação vertical interna modular

ABSTRACT

Bibliographic reference for the monograph: Botelho, Guilherme M. VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA MODULAR EM OBRAS PREDIAIS RESIDENCIAIS EM SÃO PAULO. 2024. 49 pages: il. Monograph (Specialization in Technology and Management in Building Production), University of São Paulo, São Paulo, 2024.

The construction industry has sought innovative solutions to address challenges such as optimizing time, reducing costs, and increasing productive efficiency. In São Paulo, the growth of the residential sector and the demand for sustainable technologies encourage the adoption of industrialized building systems, including the modular internal vertical sealing system. These systems offer notable advantages, such as standardization and speed, but also face specific challenges, such as the need for specialized training and logistical adaptation.

In this context, this monograph investigates the application of the modular internal vertical sealing system in residential buildings, with a case study at the Side Barra Funda project in São Paulo, where the Smart Wall system was implemented. The research methodology includes a literature review and a case study to analyze the performance, challenges, and opportunities of this technology. The results show a significant reduction in execution time and improvement in quality control, accompanied by challenges such as high initial costs and the need for better integration between components and the construction site. The conclusion indicates that the modular system is promising but requires adaptations and investments for more effective and efficient implementation.

Key words: Internal vertical sealing, modular construction, Smart Wall, construction efficiency, dimensional control, modular assembly, construction system, modular internal vertical sealing system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Módulos Smart Wall.....	26
Figura 2 - Estrutura em perfis de aço galvanizado leve do sistema Smart Wall aplicada	27
Figura 3 - Fixação do sistema de telescopagem dos módulos em execução	28
Figura 4 - Distribuição aérea do kit hidráulico fixado com abraçadeiras e perfil metálico, identificados	30
Figura 5 - Shaft Hidráulico.....	30
Figura 6 - Shaft com chassi de esgoto com estrutura em aço galvanizado leve, pré-fabricada	32
Figura 7 - Shaft com chassi de chuveiro com estrutura e pontos de instalação	33
Figura 8 - Kit manifold (módulo distribuidor) para sistema PEX.....	34
Figura 9 - Distribuição de alimentação do pavimento com pentes pré-montados para shaft central (HGI)	35
Figura 10 - Chicote elétrico pré-montado instalado e testado.....	36
Figura 11 - Instalação dos módulos de vedação vertical interna 2D com chicotes elétricos pré-fixados	37
Figura 12 – Sistema de encaixe de conexão elétricas	38
Figura 13 - "SMART WALL" - Integração industrializada de instalações elétricas e hidráulicas em paredes modulares de drywall.....	39
Figura 14 - Sistema com placas de gesso acartonado e o tratamento das juntas aplicado nas vedações verticais e nos forros	40
Figura 15 - Recebimento dos módulos em caminhão truck	41
Figura 16 - Preparação e movimentação dos módulos de shafts hidráulicos com carrinhos ...	42
Figura 17 - Içamento dos módulos de shafts hidráulicos por grua até o pavimento de destino	43
Figura 18 - Organização por cores dos pacotes de módulos no caminhão e sua posição de armazenamento	44
Figura 19 - Projeto com os módulos identificados com as cores das etiquetas entregues	45
Figura 20 - Etiqueta de identificação dos módulos.....	45
Figura 21 - Armazenamento de módulos Smart Wall sobre placas de gesso acartonado no pavimento destino	46
Figura 22 - Projeto Side Barra Funda (Trisul) em Execução	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	American Institute of Architects
BIM	Building Information Modeling
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
JIS	Just-in-Sequence
JIT	Just-in-Time
HGI	Hidráulica, Gás e Incêndio
PEX	Polietileno Reticulado
PIB	Produto Interno Bruto
SWOT	Strengths, Weakness, Opportunities, Threats

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	1
1.1	CONTEXTO	1
1.2	OBJETIVOS	3
1.3	JUSTIFICATIVA.....	4
1.4	MÉTODOS DE PESQUISA.....	5
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1	VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA UTILIZANDO PLACAS DE GESSO ACARTONADO (DRYWALL).....	7
2.2	CONSTRUÇÃO MODULAR EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS	9
2.2.1	Projetos Para Produção	10
2.2.2	Construção Modular	12
2.2.3	Coordenação Modular.....	16
2.3	APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO MODULAR NA VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA.....	17
2.4	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS APLICADAS AO SISTEMA MODULAR.....	19
2.4.1	Instalações Elétricas.....	20
2.4.2	Instalações Hidráulicas	21
3.	ESTUDO DE CASO	22
3.1	INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE CASO.....	22
3.2	A EMPRESA	24
3.2.1	Grupo Ambar.....	24
3.2.2	Grupo Merc	24
3.2.3	Smart Pods	24
3.3	O PRODUTO: SMART WALL.....	25

3.3.1	Sistema Modular.....	27
3.3.2	Hidráulica.....	30
3.3.3	Elétrica.....	36
3.3.4	Acabamento.....	39
3.4	LOGÍSTICA.....	40
3.5	VANTAGENS DO SISTEMA SMART WALL.....	47
3.6	DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA SMART WALL.....	47
3.7	IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIAS A SEREM IMPLEMENTADAS.....	49
4.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
4.1	QUANTO À CONSECUÇÃO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS.....	50
4.2	QUANTO AOS RESULTADOS OBTIDOS E LIMITAÇÕES DO TRABALHO.....	50
4.3	SUGESTÕES DE TEMAS DE PESQUISA A SEREM ESTUDADOS.....	51
	REFERÊNCIAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONTEXTO

A indústria da construção civil tem passado por uma série de mudanças significativas nas últimas décadas, impulsionadas pela necessidade de melhorar a eficiência, reduzir custos e minimizar os impactos ambientais. A construção modular tem emergido como uma alternativa promissora para abordar essas questões, permitindo a industrialização de partes do processo construtivo. É importante esclarecer o que é a construção modular, como ela se distingue de outras tecnologias, e quais são seus componentes fundamentais.

De acordo com Barkokebas et al. (2022), a construção modular envolve a produção de componentes padronizados, ou módulos, em instalações fabris, que são posteriormente transportados para o local da obra e montados. Estes módulos são volumétricos (3D) podendo ser painelizados ou em forma de shafts prontos. A construção modular além de outras formas de aplicação, também inclui módulos volumétricos baseados em componentes painelizados, como os módulos de vedação vertical interna pré-fabricados, que podem incorporar as diversas instalações prediais.

A NBR 15873:2010 define o módulo básico e os princípios da coordenação modular, que estabelece uma padronização dimensional para garantir a compatibilidade e a eficiência na integração dos diferentes elementos construtivos. Segundo Barkokebas et al. (2022), essa coordenação modular permite a harmonização entre componentes, elementos ou sistemas com base em dimensões uniformizadas, facilitando a compatibilidade dimensional entre eles.

O Drywall, um sistema construtivo que utiliza painéis de gesso acartonado para paredes e forros internos, desempenhou um papel fundamental no avanço para a construção modular vertical interna. Sua longa trajetória no mercado e a regulamentação através de normas técnicas garantiram a sua eficácia e confiabilidade. Esse desenvolvimento não apenas consolidou o Drywall como uma solução eficiente, mas também criou as bases para a inserção dos sistemas prediais em fábrica. A experiência e os avanços tecnológicos associados ao Drywall facilitaram a evolução para sistemas modulares de vedação vertical interna, aproveitando a sua padronização e os avanços regulatórios para promover a eficiência e a qualidade nas construções modulares.

Para que a construção modular seja bem-sucedida, é essencial lidar com os desafios específicos que podem surgir durante a implementação, como a necessidade de planejamento antecipado, a customização limitada e a coordenação entre projetistas, instaladores e construtores. Além disso, Cunha (2021) enfatiza que os sistemas industrializados, como o uso de instalações prediais pré-fabricadas, podem contribuir significativamente para a melhoria da produtividade. Embora os custos diretos possam ser mais altos inicialmente, 42,4% acima do método convencional, os ganhos com a redução do cronograma de obra em até 40% tornam a escolha financeiramente viável em muitos casos. A redução no tempo de execução não apenas diminui os custos fixos da obra, como gastos administrativos e aluguel de equipamentos, mas também melhora a precisão no levantamento de dados e custos unitários. Dessa forma, os projetos podem alcançar uma padronização eficiente, proporcionando uma análise mais realista dos benefícios a longo prazo que esse tipo de industrialização oferece, especialmente em empreendimentos com alta repetibilidade.

A construção civil é um pilar essencial da economia brasileira, gerando cerca de 2,5 milhões de empregos e apresentando um crescimento significativo de 6,9% em 2022, superando a média nacional de 2,9%. Segundo Martins (2023) esse desenvolvimento não apenas reforça a economia do país, mas também fomenta melhorias sociais. No entanto, o setor não se contenta apenas com o crescimento; busca constantemente aprimorar seus métodos por meio de práticas mais eficientes e sustentáveis. Discussões recentes enfatizam a importância de reduzir desperdícios e otimizar recursos, com a adoção de novas tecnologias que visam aumentar a produtividade e minimizar impactos ambientais. Um estudo do Sebrae destaca que fatores como capacitação da mão de obra e o uso de ferramentas inovadoras, como BIM e tecnologias verdes, são cruciais para esse avanço.

Com desafios significativos em relação à produtividade e eficiência, novas abordagens, como a construção modular, estão emergindo para enfrentar esses obstáculos. Bertram et al. (2019) apontam que a estagnação da produtividade na construção é uma preocupação global, e a adoção da construção modular surge como uma solução promissora. Esse método oferece benefícios significativos, como maior eficiência na produção, redução de custos e tempo de construção, além de melhor controle de qualidade e maior flexibilidade no design, tornando-se mais sustentável, pois minimiza o impacto ambiental durante a construção, utilizando um processo seco, com baixa utilização de água e redução de resíduos. Contudo, a construção modular também enfrenta desafios, como resistência cultural, falta de padronização e questões

regulatórias (Bertram et al., 2019). Para aproveitar as vantagens da construção modular, como a redução de desperdícios, a melhoria da eficiência e a aceleração do cronograma de obras, é fundamental enfrentar esses desafios específicos que essa tecnologia pode apresentar.

Portanto, a pesquisa proposta se insere nesse contexto e busca aprofundar o entendimento da construção modular para vedação vertical interna, utilizando o Drywall como a base para as instalações prediais aplicadas em edifícios residenciais, com foco nas dificuldades e problemas que podem surgir. Com essa pesquisa, espera-se contribuir para a disseminação de conhecimentos sobre esse método construtivo inovador na construção civil e identificar estratégias para sua aplicação bem-sucedida.

1.2 OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é analisar a aplicação da construção modular na vedação vertical interna de edifícios residenciais no contexto da indústria da construção em São Paulo, com um foco particular na tecnologia da empresa Smart Pods. A pesquisa visa compreender os desafios específicos enfrentados ao implementar a construção modular para vedação vertical interna com instalações em edifícios residenciais na região. Além disso, busca-se identificar impactos dessa tecnologia, visando a otimização dos processos construtivos.

1.2.1 Identificação de Melhorias

Com base nas conclusões preliminares do estudo de caso realizado no empreendimento Side Barra Funda da Trisul, um objetivo secundário é identificar melhorias a serem implementadas para otimizar a aplicação da construção modular. Essa identificação foi realizada por meio da análise detalhada das etapas de implementação do sistema Smart Wall, visando compreender as práticas atuais, os desafios enfrentados e as oportunidades de aprimoramento.

1.2.2 Entendimento da Logística

Um segundo objetivo secundário é aprofundar o entendimento da logística na implementação da construção modular, com ênfase no sistema Smart Wall. Para alcançar esse objetivo, a pesquisa explorou a importância do transporte e recebimento dos módulos, considerando as estratégias Just-in-Time (JIT) e Just-in-Sequence (JIS) para minimizar desperdícios e otimizar as entregas.

O estudo buscará analisar como a organização e a identificação dos módulos no canteiro de obras contribuem para a eficiência na montagem. Além disso, serão identificados os desafios logísticos enfrentados, visando compreender como a logística impacta o processo de implementação da construção modular.

Por meio dessa pesquisa, busca-se contribuir com informações relevantes para profissionais da construção civil, gestores de projetos e demais interessados no setor, auxiliando na compreensão dos desafios e oportunidades da construção modular para a vedação interna de edifícios residenciais em São Paulo.

1.3 JUSTIFICATIVA

A construção modular tem tido uma utilização crescente na indústria da construção civil, com um potencial considerável para transformar os processos de construção. A aplicação da construção modular na vedação interna de edifícios residenciais em São Paulo é relevante, pois pode oferecer diversas vantagens, tais como a racionalização da obra, redução de mão de obra especializada, cronograma de obra reduzido e preciso, gestão de compras simplificada e controle do processo (PENAZZI, 2015).

Embora a construção modular e técnicas como o drywall sejam mais comumente aplicadas em edifícios comerciais, hospitais e shoppings devido à necessidade de construções rápidas e com prazos reduzidos, o mercado de edifícios residenciais em São Paulo apresenta uma oportunidade significativa para a aplicação dessas tecnologias. De acordo com a Pesquisa Secovi-SP do Mercado Imobiliário, somente em junho de 2024, foram comercializadas 9.259 unidades residenciais na cidade, com um Valor Global de Vendas (VGV) de R\$ 4,7 bilhões. Em 12 meses, 88,9 mil unidades foram vendidas, totalizando um VGV de R\$ 49,3 bilhões. Além disso, 86,5 mil unidades residenciais foram lançadas no mesmo período. Com uma oferta de 57,6 mil unidades disponíveis para venda, o tamanho e a demanda do mercado residencial em São Paulo justificam o investimento em inovações construtivas como a construção modular, que pode racionalizar processos e agregar valor ao empreendimento. Assim, a aplicação dessa tecnologia em edifícios residenciais não só é viável, mas também representa uma oportunidade estratégica para atender a um mercado em crescimento contínuo.

A aplicação de métodos construtivos inovadores como a construção modular pode ser uma resposta aos desafios que limitam ou incentivam a escolha dessas técnicas (SANTOS & AMARAL, 2022). No entanto, para que a construção modular seja amplamente adotada em São Paulo e em outras regiões do Brasil, é essencial compreender os desafios e dificuldades específicos enfrentados ao implementar essa tecnologia, especialmente quando se trata de vedação interna e instalações em edifícios residenciais.

Para abordar essas questões, este estudo de caso se propõe a analisar a experiência da empresa Smart Pods, que tem implementado a construção modular em projetos de vedação interna de edifícios residenciais. Esse estudo de caso foi fundamental para identificar os desafios enfrentados, as soluções adotadas e os impactos dessa tecnologia na prática. Ao analisar a experiência da Smart Pods, espera-se adquirir conhecimentos úteis que possam ser aplicados em outros contextos semelhantes.

O autor esteve diretamente envolvido na aplicação do sistema industrializado empregado no estudo de caso. Essa experiência prática foi integrada à análise, proporcionando uma perspectiva detalhada e realista sobre a aplicação da construção modular. A contribuição do autor oferecerá uma visão aprofundada dos benefícios e desafios dessa tecnologia, enriquecendo a compreensão dos impactos e da viabilidade da construção modular em projetos de vedação interna.

Portanto, o estudo de caso visa preencher uma lacuna no conhecimento ao abordar a aplicação da construção modular para vedação interna em edifícios residenciais em São Paulo, contribuindo para a disseminação de informações relevantes no setor e auxiliando profissionais, gestores de projetos e demais interessados na compreensão das implicações e dos benefícios desse método construtivo inovador.

1.4 MÉTODOS DE PESQUISA

A análise bibliográfica foi realizada a partir de um levantamento de fontes, como artigos científicos, teses, dissertações e publicações relevantes no campo da construção modular, sistemas construtivos inovadores e aplicação de métodos industrializados na construção civil brasileira. Essa revisão permitiu uma compreensão aprofundada das práticas, desafios, benefícios e limitações da construção modular, focando especificamente na vedação vertical interna de edifícios residenciais em São Paulo.

Adicionalmente, foi realizado um estudo de caso com a aplicação feita por uma empresa experiente na construção modular em vedação vertical interna de edifícios residenciais em um edifício residencial. Essa análise se baseou na observação direta dos projetos e processos relacionados à implementação do sistema, enfocando os principais desafios enfrentados. O estudo se concentrou na obra Side Barra Funda da construtora Trisul, onde a empresa Smart Pods aplicou a construção modular. A pesquisa levou em consideração as particularidades do mercado imobiliário e da construção civil em São Paulo, como a demanda por habitações e as regulamentações locais, proporcionando uma visão detalhada das práticas da Smart Pods e dos obstáculos superados durante a execução do projeto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA UTILIZANDO PLACAS DE GESSO ACARTONADO (DRYWALL)

Segundo Tanigutti & De Barros (1999), a vedação vertical refere-se ao subsistema da construção que compreende elementos destinados a compartimentar e delimitar os espaços internos, proporcionando proteção lateral e controle contra impactos indesejáveis.

A vedação vertical interna utilizando placas de gesso acartonado, conhecida como sistema de drywall, é construída com base em um esqueleto de aço galvanizado como estrutura das vedações verticais. As placas de gesso acartonado são então fixadas nesse esqueleto, permitindo diversas configurações de divisórias. Esse sistema possibilita a montagem de paredes simples, onde cada lado do esqueleto é coberto por uma placa de gesso acartonado, até paredes mais complexas compostas por uma estrutura dupla e duas placas de gesso acartonado de cada lado. Entre as camadas de placas, são adicionados materiais isolantes termo-acústicos para melhorar o desempenho da parede em termos de isolamento térmico e acústico, conforme as exigências específicas de cada ambiente (TANIGUTTI & BARROS, 1999).

O uso do drywall oferece diversas vantagens em comparação aos métodos tradicionais de construção:

- **Agilidade na Execução:** A montagem das paredes em drywall pode ser realizada em poucos dias, garantindo rapidez no processo construtivo.
- **Limpeza e Redução de Resíduos:** O sistema gera menos sujeira e resíduos em comparação com a alvenaria convencional.
- **Versatilidade de Aplicação:** As placas de gesso acartonado permitem a criação de curvas, recortes e iluminação embutida, proporcionando um acabamento estético diferenciado.
- **Adaptação a Modificações:** O sistema Drywall aplicado nas vedações verticais permitem fácil acesso a instalações elétricas e hidráulicas, facilitando eventuais modificações (GUIMARÃES & NETO, 2014).

Os produtos utilizados no sistema de Drywall são submetidos a rigorosos controles de qualidade, conforme as diretrizes do Programa Setorial da Qualidade do Drywall, garantindo

sua conformidade com as normativas de construção e assegurando qualidade e durabilidade (DIAS & NETO, 2014).

O Drywall tem ganhado espaço na construção civil devido à rapidez, limpeza, versatilidade e conformidade com padrões de qualidade. A comparação entre sistemas de vedação como alvenaria não estrutural e Drywall revela impactos ambientais significativos, como emissões de CO₂ na extração de minerais e consumo elevado de combustíveis no transporte de materiais. Apesar das vantagens do Drywall em redução de resíduos e velocidade de execução, há desafios ambientais, incluindo o uso extensivo de gipsita sem reciclagem (MARCONDES, 2007).

Freitas (2021) destacam a superioridade do Drywall em termos de produtividade e custo-benefício em comparação com a alvenaria convencional, enfatizando a importância de considerar o ciclo de vida completo dos materiais na escolha do sistema construtivo. A necessidade de práticas sustentáveis, certificação de empresas e redução de distâncias de transporte são essenciais para mitigar impactos ambientais na construção civil.

Lima (2021) aborda em seu artigo os benefícios acústicos das vedações verticais internas feitas com placas de gesso acartonado. Ele conclui que o ruído é um dos principais fatores que impactam negativamente a qualidade de vida em uma residência, podendo causar desconforto e até problemas de saúde. Por isso, é essencial que as habitações ofereçam um bom desempenho acústico, atendendo aos padrões mínimos exigidos. Nesse contexto, as paredes de vedação interna em Drywall se mostram eficazes para alcançar essa adequação.

Segundo Mendonça (2012), essa técnica é amplamente adotada na construção civil devido à sua capacidade de atender às exigências de produtividade e sustentabilidade. A facilidade de montagem, associada à menor geração de resíduos e ao uso racional de recursos, torna o Drywall uma escolha atraente para projetos que buscam eficiência e menor impacto ambiental, especialmente em áreas urbanas de alta densidade como São Paulo. Na construção modular, essas características do Drywall são aproveitadas e potencializadas. A pré-fabricação de módulos com vedações em gesso acartonado permite que o processo construtivo seja padronizado e otimizado, contribuindo para um cronograma mais ágil e preciso. Esse método também viabiliza um melhor controle de qualidade, uma vez que os componentes são montados em ambiente industrial, garantindo uniformidade e reduzindo a necessidade de retrabalho no canteiro de obras. Dessa forma, o uso do Drywall como base para sistemas modulares reforça a integração entre eficiência produtiva e inovação na construção civil.

2.2 CONSTRUÇÃO MODULAR EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS

A construção modular tem se destacado nos últimos anos como uma técnica inovadora, especialmente no setor residencial em São Paulo. Conforme apontam Penazzi (2015) e Santos e Amaral (2022), há uma crescente demanda por métodos construtivos que priorizam a eficiência, a rapidez e a redução de desperdícios na construção civil.

Antes de aprofundar a revisão da literatura sobre o tema, é fundamental estabelecer algumas definições básicas da Construção Modular, conforme sugerido por Barkokebas et al. (2022). Essas definições são essenciais para garantir uma comunicação clara e a compreensão dos conceitos centrais ao sistema de vedação vertical interna em construções modulares.

A modularidade, por exemplo, refere-se à capacidade de dividir um sistema em módulos independentes, que podem ser combinados para formar um produto final. Essa característica oferece flexibilidade tanto na produção quanto na montagem, permitindo adaptações conforme as necessidades específicas de cada projeto.

Outro conceito-chave é a coordenação modular, que se refere à padronização das dimensões de componentes, elementos ou sistemas, assegurando sua compatibilidade dimensional. Essa padronização é crucial para a integração e montagem eficiente dos módulos ao longo do processo construtivo.

Esses conceitos são vitais para a aplicação eficaz da construção modular na vedação vertical interna de edifícios residenciais, contribuindo para a melhoria da eficiência construtiva e a redução de desperdícios.

Melo (2019) destaca a construção modular como uma alternativa promissora, caracterizada pela produção de módulos pré-fabricados em ambientes controlados, pois permite maior padronização, precisão e agilidade na execução de obras residenciais. Além disso, Ribeiro e Júnior (2003) enfatizam a flexibilidade, a sustentabilidade e a redução de custos como benefícios significativos oferecidos por esse método construtivo.

A aplicação da metodologia BIM (Building Information Modeling) também tem facilitado o planejamento e a execução da construção modular, conforme observado por Carvalho (2017). O BIM permite uma simulação detalhada do processo construtivo, otimizando as etapas de construção. Oliveira (2013), por sua vez, aponta que os sistemas construtivos industrializados, especialmente os estruturados em aço, têm ganhado espaço no mercado brasileiro.

Com base nas conclusões obtidas por Oliveira (2013), observa-se que, embora os sistemas industrializados estejam se consolidando no mercado, o desconhecimento do usuário final e a falta de integração entre os diferentes agentes do processo construtivo são barreiras críticas para a adoção em larga escala. Oliveira aponta que o usuário final ainda enxerga a construção tradicional de alvenaria como a principal alternativa, enquanto as construtoras que trabalham com sistemas pré-fabricados tendem a focar em grandes projetos e não atendem adequadamente o setor residencial unifamiliar. Além disso, a autoconstrução, comum no Brasil, é outro desafio para a inserção dos sistemas industrializados, devido à incompatibilidade entre a gestão flexível desse tipo de obra e a necessidade de um planejamento rígido nos sistemas industrializados. A análise sugere que, para superar essas barreiras, seria necessária uma maior integração entre os setores de arquitetura, engenharia e produção, além de uma reformulação no ensino universitário para abordar de forma mais abrangente esses sistemas construtivos.

Finalmente, Pigozzo (2005) argumenta que a análise de métodos construtivos inovadores, incluindo a construção modular, oferece uma oportunidade valiosa para a otimização de processos e a redução de custos na construção civil. Dessa forma, uma compreensão aprofundada dessas práticas e seus impactos no setor residencial em São Paulo é essencial para o avanço da construção modular.

2.2.1 Projetos Para Produção

O conceito de Projeto para Produção tem se tornado cada vez mais relevante nas últimas décadas, especialmente com a introdução de sistemas produtivos mais eficientes e integrados. Chalita (2010) observa que, por muito tempo, a gestão de projetos na construção civil era tratada de maneira dissociada da gestão da produção, focando principalmente na administração de contratos e no desenvolvimento do projeto arquitetônico, sem uma preocupação efetiva com as etapas de execução e produção do empreendimento. Com o surgimento de práticas mais integradas, como a engenharia simultânea, passou-se a considerar o planejamento do projeto desde o início, levando em conta as necessidades e limitações dos sistemas de produção.

Aquino e Melhado (2002) também destacam a importância de integrar o projeto e a produção para alcançar uma eficiência superior. Eles ressaltam que a integração entre o projeto e o processo produtivo é fundamental para melhorar a qualidade e reduzir os custos ao evitar retrabalhos e desperdícios. Essa integração envolve o desenvolvimento de um projeto que não apenas atenda aos requisitos do cliente, mas também seja viável e eficiente em termos de execução e produção.

A partir da adoção de metodologias inspiradas em sistemas produtivos, como o da Toyota, tornou-se claro que o sucesso na produção depende de considerar as etapas de execução ainda na fase de planejamento do projeto. Chalita (2010) afirma que "o projeto do produto leva em consideração a sua produção desde o primeiro momento." Essa integração é crucial para evitar erros, otimizar o uso de recursos e garantir a eficiência no processo construtivo. O desenvolvimento de um projeto que antecipe os desafios e soluções de produção desde a concepção inicial é um fator determinante para o sucesso do empreendimento, especialmente em sistemas construtivos mais padronizados, como a construção modular.

A engenharia simultânea desempenha um papel central na integração entre projeto e produção. Essa abordagem permite que diferentes etapas do projeto ocorram de maneira paralela, garantindo maior agilidade e um tempo de execução reduzido. Chalita (2010) destaca que a simultaneidade das atividades de projeto e produção facilita uma coordenação mais eficaz entre os diversos agentes envolvidos, permitindo ajustes rápidos e maior controle sobre o processo. Aquino e Melhado (2002) corroboram essa visão, argumentando que a simultaneidade nas etapas de projeto e produção é crucial para uma execução mais eficiente, especialmente na construção modular, onde o planejamento detalhado é essencial para garantir a precisão e padronização necessárias para a produção dos módulos.

Na construção civil habitacional brasileira, a implementação de um Projeto para Produção enfrenta diversos desafios, principalmente devido à complexidade envolvida em detalhar e padronizar os inúmeros processos construtivos que compõem os subsistemas de um edifício. Segundo Chalita (2010), essa complexidade exige um projeto focado em cada subsistema, que coordene e organize todas as atividades necessárias para a sua produção. A autora afirma que "o Projeto para Produção é uma ferramenta organizacional que define completamente e de forma sistêmica a maior parte das atividades necessárias para produzir um subsistema da edificação". Essa abordagem busca garantir que os serviços sejam executados de forma contínua, sem alterações e imprevistos, assegurando prazos, custos e qualidade.

A construtibilidade é um conceito fundamental para o Projeto para Produção, sendo definida como a facilidade com que um projeto pode ser construído, integrando conhecimentos e experiências de construção em todas as fases do projeto. Chalita (2010) ressalta que a construtibilidade envolve a participação do construtor desde as etapas iniciais de planejamento, o que contribui para evitar problemas e garantir uma execução mais eficiente. Aquino e Melhado (2002) adicionam que a construtibilidade deve ser considerada desde o início do

projeto para melhorar a viabilidade do projeto e evitar problemas durante a construção. Eles enfatizam que a integração entre projeto e construção permite alcançar soluções mais eficientes e adaptadas às condições reais de execução.

As decisões tomadas durante o desenvolvimento inicial do projeto têm um impacto significativo sobre os custos e a qualidade do empreendimento. Chalita (2010) explica que mudanças introduzidas durante a execução da obra tendem a ter efeitos limitados e de curta duração. A autora reforça que um esforço concentrado nas fases de planejamento e concepção do projeto resulta em ganhos mais expressivos em termos de custo e qualidade, além de evitar a necessidade de retrabalho e improvisações durante a execução. Aquino e Melhado (2002) também destacam que as decisões precoces no planejamento têm um impacto substancial sobre a eficiência e os custos do projeto, reforçando a importância de um planejamento cuidadoso e integrado.

No contexto da construção modular, o Projeto para Produção assume um papel ainda mais relevante. Chalita (2010) enfatiza que, devido à necessidade de precisão e padronização, o planejamento do projeto e a produção dos módulos devem ser cuidadosamente coordenados desde o início. A produção em série de módulos pré-fabricados requer um nível elevado de detalhamento e antecipação de possíveis desafios, uma vez que as alterações durante a execução são limitadas. Nesse sentido, o Projeto para Produção bem elaborado é essencial para garantir a viabilidade e o sucesso da construção modular.

Em resumo, o Projeto para Produção é uma ferramenta indispensável para otimizar os processos construtivos e garantir maior eficiência, especialmente em sistemas como a construção modular. Chalita (2010) ressalta que a integração entre o planejamento do projeto e as necessidades da produção desde o início permite a minimização de erros, a redução de custos e a melhora da qualidade do produto final. A adoção dessa abordagem no setor da construção civil é essencial para promover uma execução mais eficiente, sustentável e de alta qualidade. Aquino e Melhado (2002) complementam essa visão ao destacar que a integração eficaz entre projeto e produção é crucial para atingir uma maior eficiência e reduzir custos, sublinhando a importância de um planejamento que considere todas as fases do processo construtivo.

2.2.2 Construção Modular

A construção civil é reconhecida como um setor crucial da economia, gerando empregos e riqueza.

O setor já vive transformações importantes, como privatizações, redução da intervenção estatal, globalização e aumento da competitividade. A Construção Civil desempenha um papel relevante na economia nacional, com muitas empresas e trabalhadores, a maioria em micro e pequenas empresas (CARDOSO, 2007).

Cardoso (2007) divide o setor da Construção Civil em quatro mercados distintos: empreendimentos imobiliários, empreendimentos de base imobiliária, serviços ou obras empreitadas, e concessões. Cada mercado apresenta características específicas em relação à demanda, oferta e rentabilidade dos empreendimentos.

Dentro desse contexto, as vedações verticais emergem como um subsistema essencial na construção de edifícios. Elas desempenham múltiplas funções, incluindo proteção contra agentes externos indesejáveis, suporte e proteção para as instalações, além de contribuírem para a habitabilidade e conforto dos ambientes internos.

Conforme destacado pelo autor, o subsistema das vedações verticais integra-se com outros elementos da construção, sendo necessário um planejamento coordenado para garantir a eficiência e racionalização da produção do edifício. As vedações verticais, portanto, desempenham um papel crucial na interação com outros subsistemas, liberando a realização de diversos serviços após sua execução.

Em relação aos requisitos de desempenho, Cardoso (2007) destaca a importância de atender às normas e regulamentações técnicas para garantir a segurança, durabilidade e conforto dos edifícios. Os requisitos de desempenho abrangem aspectos como segurança contra incêndio, estanqueidade, conforto térmico e acústico, entre outros.

No estudo de Yong et al. (2022), o drywall é descrito como um sistema planejado em que os componentes são dimensionados com precisão, minimizando desperdícios e perdas de materiais. Esse método resulta em um aumento da área útil devido a esbeltez das divisórias, além de otimizar a estrutura, pois não impõe menores cargas adicionais sobre o piso e a fundação. O sistema também é versátil, adaptando-se às diferentes exigências dos clientes, e é considerado limpo, já que não gera resíduos durante a construção. A escolha do sistema construtivo ideal fica, portanto, a cargo do projetista, que deve avaliar as vantagens e desvantagens apresentadas.

O sistema de drywall, amplamente utilizado na construção civil no Brasil, representa uma inovação tecnológica significativa devido à sua capacidade de otimizar o tempo e a produtividade durante a construção. Silveira (2021) descreve esse método como uma solução eficaz para paredes e divisórias, caracterizado pelo uso de placas de gesso fixadas em perfis metálicos leves. Essa abordagem oferece rapidez na execução das obras, o que é especialmente vantajoso em projetos que exigem eficiência e agilidade. A combinação de placas leves e perfis metálicos permite a construção de divisórias e paredes com menos tempo e esforço comparado aos métodos tradicionais, refletindo uma melhoria substancial na produtividade e na eficiência dos processos construtivos.

Ao abordar a construção modular off-site, Dechen (2023) destaca a vantagem da rapidez na montagem desses módulos, enfatizando a capacidade de trazer até 80% da construção para fora do canteiro de obras. Esse método possibilita a realização simultânea de tarefas, como a fabricação das paredes de vedação, reduzindo significativamente o tempo de execução.

Martins et al. (2017) destacam que sistemas construtivos leves oferecem várias vantagens, como a redução de desperdícios, a possibilidade de reciclagem e reutilização de materiais, além da rápida montagem e resistência mecânica excepcional. Esses sistemas são conhecidos por sua capacidade de se integrar bem ao ambiente natural e melhorar a eficiência construtiva. No entanto, um aspecto que requer atenção especial é o desempenho térmico, particularmente em relação ao isolamento contínuo das fachadas. Embora esses sistemas sejam eficazes em muitos aspectos, é importante considerar que o estudo em questão foca na vedação vertical interna, onde o desempenho térmico deve ser avaliado de maneira específica, distinguindo-se das questões relacionadas às fachadas.

Inovações tecnológicas, como a construção modular off-site com a aplicação do drywall, representam avanços na construção civil brasileira, proporcionando ganhos significativos em eficiência, rapidez, sustentabilidade e qualidade na execução de obras.

Embora a construção modular ofereça várias vantagens, ela também apresenta algumas limitações e desafios. De acordo com Dechen (2023), um dos desafios enfrentados na construção modular off-site é a dependência de um ambiente fabril controlado. Apesar de garantir maior eficiência e qualidade na produção, esse ambiente pode ser afetado por restrições logísticas e de espaço, limitando a capacidade de produção em grande escala.

Jorge e Rache (2021) concluem que a construção modular traz várias vantagens para obras civis, como melhorias na qualidade do trabalho, redução no tempo de execução, menor custo com mão de obra e diminuição do desperdício de materiais. Além disso, esse método facilita a logística de materiais e promove uma maior sustentabilidade no processo construtivo.

Martins et al. (2017) mencionam que sistemas leves, podem enfrentar desafios relacionados ao desempenho térmico, como a ocorrência de pontes térmicas, especialmente se não forem tomadas medidas adequadas de isolamento térmico contínuo. Além disso, a baixa massa térmica do sistema pode resultar em flutuações de temperatura, impactando o conforto dos ocupantes e aumentando o consumo de energia, especialmente em climas com amplitudes térmicas significativas.

Lamounier et al. (2021) também destacam que, embora as construções modulares tenham sido amplamente utilizadas em situações emergenciais e temporárias, como instalações hospitalares e moradias temporárias, elas podem enfrentar desafios quando aplicadas em grande escala. A adaptabilidade desses sistemas a projetos arquitetônicos onde há muitas opções de plantas pode ser limitada.

Oliveira e Fagundes (2024) realizam uma comparação entre a construção modular e a convencional, destacando que o método tradicional é amplamente aceito pela população brasileira e continua a ser o mais empregado no país. Essa preferência se deve, em parte, à facilidade de modificar e adaptar o projeto estrutural. Por outro lado, a construção modular é vista como um sistema mais racional e industrializado, que oferece maior precisão na execução das edificações.

Uma questão importante a ser considerada desde o início do projeto é a necessidade de garantir o transporte adequado dos módulos para o local de montagem. Conforme mencionado por Dechen (2023), o transporte dos módulos até o local de instalação pode apresentar desafios logísticos, especialmente em áreas remotas ou de difícil acesso. Esses desafios podem aumentar os custos e a complexidade do processo, tornando essencial um planejamento cuidadoso e uma gestão eficiente para minimizar impactos.

Mayor e Guidugli (2024) destacam que uma das principais vantagens do Sistema Construtivo Modular é a rapidez na execução. A utilização de módulos pré-fabricados acelera significativamente o processo, resultando em economia de recursos. Acelerando o andamento da obra, a montagem organizada permite que diversas frentes de trabalho, como acabamento e

limpeza, comecem logo após a finalização da estrutura. Além disso, as tecnologias avançadas empregadas na fabricação desses módulos garantem uma qualidade superior em comparação ao concreto moldado diretamente no local, com a possibilidade de verificar essa qualidade antes mesmo da instalação dos componentes na estrutura.

É importante reconhecer que a construção modular pode se beneficiar de avanços contínuos em pesquisa e inovação. A adaptação e aprimoramento dos métodos construtivos são essenciais para aumentar a aplicabilidade e a eficácia da construção modular em diferentes contextos.

2.2.3 Coordenação Modular

A coordenação modular é um elemento essencial na construção civil contemporânea, particularmente no que se refere à compatibilização de projetos. Segundo Barkokebas et al. (2022), a coordenação modular trata da coordenação entre componentes, elementos ou sistemas com base em dimensões padronizadas, estabelecendo um módulo base que resulta na facilitação da compatibilidade dimensional. Greven (2007) destaca que a coordenação modular é crucial para alcançar maior eficiência na produção de edifícios, permitindo a interoperabilidade entre diferentes sistemas e elementos construtivos. Complementarmente, Dechen (2023) reforça que esse conceito está associado ao desenvolvimento de estruturas que seguem um padrão dimensional comum, o que possibilita a montagem e integração precisa e rápida de módulos pré-fabricados.

No âmbito da construção modular off-site, Martins et al. (2017) destacam que a coordenação modular é crucial para garantir a compatibilidade entre os diferentes componentes pré-fabricados, assegurando que encaixem perfeitamente durante a montagem no local. A padronização das dimensões, respeitando as medidas comuns dos módulos, facilita a conexão entre os elementos estruturais, elétricos, hidráulicos e de acabamento.

Nesse sentido, a coordenação modular está diretamente ligada à integração das instalações prediais com a estrutura metálica. A integração de instalações elétricas e hidráulicas em sistemas modulares, conforme destacado por diversas fontes, não só agiliza a construção, mas também garante uma montagem sequencial eficiente. Isso permite que as instalações sejam integradas à estrutura metálica de forma coordenada, otimizando tanto o processo construtivo quanto a economia.

A partir das contribuições de Lamounier et al. (2021), a coordenação modular permite uma montagem mais rápida e padronizada dos módulos, garantindo uma melhor utilização da

matéria-prima e redução de desperdícios. Além disso, possibilita uma maior previsibilidade das etapas da obra, elevando a produtividade durante o período construtivo.

No contexto da compatibilização de projetos, a coordenação modular se mostra crucial para integrar os diferentes projetos (arquitetônicos, estruturais, elétricos, hidráulicos etc.) de forma a evitar conflitos e garantir a funcionalidade e eficiência do sistema construtivo. Com isso, Camillo (2010) diz que os problemas e ineficiências na cadeia produtiva da construção podem ser atenuados ou superados pela aplicação efetiva dos conceitos de coordenação modular.

Romcy, S. e Maria, N. (2014) discutem a coordenação modular em seu artigo, definindo-a como uma abordagem de compatibilização dimensional. Essa estratégia utiliza um sistema de referência modular que orienta tanto o desenvolvimento do projeto arquitetônico quanto dos componentes construtivos. Cada componente é alocado em um espaço específico, dimensionado a partir de um módulo pré-estabelecido no projeto e seguido rigorosamente durante a construção. Esse espaço considera tanto as dimensões do próprio componente quanto as tolerâncias e ajustes necessários, que variam de acordo com o tipo de componente e o sistema construtivo empregado.

Assim, a coordenação modular surge como uma solução indispensável na compatibilização de projetos, oferecendo um caminho eficaz para a redução de erros, otimização do tempo e dos recursos na execução de edificações, corroborando com a busca por um setor da construção mais eficiente, sustentável e inovador.

2.3 APLICAÇÃO DA CONSTRUÇÃO MODULAR NA VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA

A construção modular na vedação interna representa um avanço significativo no setor da construção civil, especialmente devido à sua flexibilidade, eficiência e facilidade de aplicação. Conforme discutido por Camillo (2010), a industrialização na construção possibilitou a aplicação dos princípios de racionalização, tipificação e mecanização da produção, contribuindo para a fabricação de elementos arquitetônicos destinados à construção de edifícios. Esse avanço deu origem a sistemas de vedação vertical interna baseados em chapas e placas industrializadas, caracterizando-se como uma alternativa viável e moderna à alvenaria tradicional.

A utilização de perfis de aço galvanizados na construção modular envolve uma montagem por acoplamento mecânico, que utiliza dispositivos como parafusos inseridos por ferramentas especiais, resultando em mudanças significativas no processo de produção de vedações. Para otimizar a eficácia, é crucial garantir a compatibilização dimensional entre os elementos e componentes dos subsistemas, conforme a coordenação modular (CARDOSO apud SABATINI, 2016).

Segundo Cardoso (2016), os métodos de montagem variam de acordo com o grau de industrialização, desde o método artesanal embutido, em que a montagem é feita integralmente no local da obra, até o método contínuo e a utilização de painéis pré-fabricados. Embora o estudo de Cardoso se refira especificamente a fachadas, os métodos descritos são igualmente aplicáveis às vedações verticais internas, oferecendo a mesma flexibilidade e vantagens em termos de industrialização e agilidade na execução.

A abordagem modular na vedação interna permite a fabricação de módulos pré-fabricados padronizados, com dimensões comuns e precisas, como defendido por Martins et al. (2017). Esses módulos, elaborados de acordo com a coordenação modular, oferecem uma ampla gama de possibilidades para a criação de divisórias, paredes e sistemas de isolamento. Além disso, proporcionam uma montagem rápida e precisa no local da construção, otimizando o tempo e a mão de obra envolvida.

De acordo com a análise de Lamounier et al. (2021), a construção modular na vedação interna destaca-se por proporcionar uma montagem simplificada e ágil dos módulos, reduzindo o desperdício de materiais e aumentando a eficiência durante o processo construtivo. Essa tecnologia não apenas agrega agilidade à execução da obra, mas também permite maior controle de qualidade, uma vez que os módulos são fabricados em condições controladas em ambiente fabril.

A integração das instalações elétricas e hidráulicas nas paredes modulares, como proposto pela SmartPods, ilustra a versatilidade e a adaptabilidade da construção modular na vedação interna. Essa integração industrializada das instalações, em conformidade com as normas de desempenho das edificações, demonstra a capacidade do sistema modular em atender às exigências técnicas e de qualidade requeridas em projetos de construção contemporâneos.

Em síntese, a aplicação da construção modular na vedação interna proporciona uma alternativa eficiente, precisa e adaptável para a execução de paredes, divisórias e sistemas de isolamento

em edifícios. A modularidade não apenas simplifica o processo construtivo, mas também oferece maior controle de qualidade, sustentabilidade e eficiência na gestão de recursos, reforçando seu papel como uma inovação relevante no contexto da construção civil.

Mombach (2024) explora as conexões entre sustentabilidade e industrialização na construção civil, afirmando que a Construção Modular se destaca como uma das principais fontes de inovação e crescimento no setor, tanto no Brasil quanto globalmente. Esse método se alinha aos princípios sustentáveis, visando melhorar a produtividade, garantir a qualidade do produto final e otimizar o uso de recursos. Além disso, Mombach destaca que a adoção de técnicas modulares combinadas com a industrialização trará vantagens imediatas para a sociedade. Engenheiros poderão controlar melhor os materiais utilizados, resultando em edificações com acabamento de maior qualidade, contribuindo para o avanço do setor sem comprometer a estética do produto final.

A tecnologia da construção modular aplicada à vedação vertical interna representa um avanço significativo, exigindo uma abordagem inovadora que reflete a natureza radical da mudança no processo construtivo. Como observado por Cardoso (2016), esse tipo de inovação não se limita a melhorias incrementais, mas envolve uma transformação estrutural no modo como os componentes são projetados, fabricados e integrados. A construção modular, ao integrar componentes pré-fabricados e sistemas, como no caso, de vedação interna de forma coordenada, se insere em um sistema de produto complexo que demanda uma gestão eficaz e uma visão sistêmica do processo de produção. A colaboração entre fabricantes, projetistas e construtoras é crucial para resolver as interfaces entre os elementos modulares e garantir uma implementação eficiente no canteiro de obras. Fica evidente que a construção modular tem o potencial de revolucionar a forma como as vedações internas são abordadas, promovendo uma construção mais ágil e com maior controle de qualidade, desde o planejamento até a execução final.

2.4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS APLICADAS AO SISTEMA MODULAR

A integração eficiente das instalações elétricas e hidráulicas em sistemas modulares é fundamental para assegurar a funcionalidade e a eficiência dos edifícios. Neste contexto, é essencial considerar como essas instalações são adaptadas para se encaixar nos módulos pré-

fabricados, buscando otimizar o processo construtivo e garantir a conformidade com normas técnicas e regulatórias.

Na contemporaneidade da construção civil, a demanda por métodos mais eficientes, econômicos e sustentáveis tem impulsionado a adoção de abordagens inovadoras nas instalações prediais. A aplicação de sistemas modulares tem se destacado como uma resposta a esses desafios, oferecendo soluções pré-fabricadas e padronizadas para instalações elétricas, hidráulicas e outras (Paixão, Pereira e Pinheiro, 2021).

Athanazio e Gonçalves Filho (2023) afirmam que a integração de sistemas modulares com as instalações prediais visam não apenas acelerar o processo construtivo, mas também melhorar a qualidade, precisão e eficiência das obras. A pré-fabricação em ambientes controlados permite uma montagem mais rápida e precisa no local da obra, reduzindo os custos de mão-de-obra e minimizando os riscos de erros durante o processo construtivo.

Díaz Rodríguez et al. (2017) têm destacado a relevância dessas abordagens na otimização dos processos construtivos. A integração de sistemas modulares envolve, além das instalações elétricas e hidráulicas, climatização entre outros.

Explorando a aplicação de instalações modulares na construção civil, analisando seus benefícios, desafios e oportunidades, pode-se discutir as vantagens da integração desses sistemas, bem como as estratégias para superar os obstáculos relacionados à logística, coordenação e compatibilização entre os diferentes componentes da construção. A compreensão dessas tendências e práticas emergentes na construção civil é essencial para acompanhar as demandas do mercado e garantir a competitividade das empresas do setor. (Honorato, 2022).

2.4.1 Instalações Elétricas

Nos últimos anos, os sistemas elétricos modulares têm emergido como um método construtivo inovador e eficiente na construção civil contemporânea, conforme evidenciado por estudos recentes. Paixão, Pereira e Pinheiro (2021) enfatizam que esses sistemas, também conhecidos como chicotes elétricos, consistem em conjuntos pré-fabricados de componentes elétricos, como eletrodutos, caixas de parede e teto, cabos certificados e quadros de disjuntores. Esses conjuntos são montados e testados em fábrica, proporcionando uma instalação mais rápida e minimizando os riscos de erros durante o processo. A customização dos kits elétricos de acordo com as necessidades específicas do projeto também contribui para a eficiência na instalação.

Essa padronização resulta em maior consistência e qualidade dos produtos, reduzindo o risco de falhas e retrabalho durante a instalação. A eliminação de desperdícios de materiais e a redução da necessidade de mão de obra especializada também geram economia de custos significativa para as construtoras.

Athanazio e Gonçalves Filho (2023) acrescentam que a integração entre a indústria e a obra apresenta desafios significativos. Uma comunicação eficaz entre as equipes de produção e instalação é essencial para garantir que os chicotes elétricos atendam às especificações do projeto e sejam instalados corretamente no local da obra. A necessidade de transporte dos chicotes elétricos do local de produção até o canteiro de obras pode aumentar os custos logísticos e o risco de danos durante o transporte. Além disso, a dependência de fornecedores externos para a produção dos chicotes elétricos pode criar vulnerabilidades no cronograma da obra, especialmente se houver atrasos na entrega ou problemas de qualidade com os componentes fornecidos. Gerenciar esses desafios requer uma colaboração estreita entre os diferentes atores da cadeia de suprimentos e investimentos contínuos em tecnologias e práticas de gestão inovadoras.

Considerando a tendência crescente de modularidade na construção civil, é pertinente vincular os sistemas elétricos modulares à vedação interna modular. A integração desses sistemas pode oferecer uma abordagem holística e eficiente para a construção de edificações, permitindo uma instalação coordenada e padronizada de todos os componentes, desde as estruturas de vedação interna até os sistemas elétricos. Essa tecnologia não apenas otimiza o processo construtivo, mas também maximiza a eficiência operacional e reduz os custos globais da construção.

Os sistemas elétricos modulares representam uma alternativa viável e eficiente aos métodos tradicionais de instalação elétrica na construção civil, e sua integração com outros sistemas modulares, como a vedação interna, promete melhorar ainda mais a eficiência e a qualidade das edificações. No entanto, os desafios de integração entre a indústria e a obra exigem uma abordagem colaborativa e inovadora para garantir o sucesso do projeto. O futuro da construção civil dependerá da capacidade das empresas de otimizar essa interação e aproveitar plenamente as vantagens oferecidas pela modularidade e pré-fabricação de componentes.

2.4.2 Instalações Hidráulicas

Os sistemas hidráulicos modulares, como os kits de chicote hidráulico, consistem em componentes pré-fabricados, fabricados em ambientes controlados, como destacado por Díaz

Rodríguez et al. (2017). Esses kits são compostos por conjuntos de tubos, conexões, válvulas e acessórios prontos para instalação, o que resulta em uma montagem rápida e eficiente no canteiro de obras.

Uma das principais vantagens dos sistemas hidráulicos modulares é a rapidez na execução, destacada por Díaz Rodríguez et al. (2017) e Honorato (2022). A produção em ambiente controlado e a montagem ágil no local da obra contribuem para a redução significativa do tempo total de construção e minimizam a necessidade de mão-de-obra. Os sistemas também oferecem maior padronização, precisão nas medidas e facilidade de manutenção, características que promovem um controle de qualidade mais rigoroso e reduzem erros durante o processo construtivo, conforme enfatizado pelos autores.

É importante ressaltar que a integração dos sistemas hidráulicos modulares com outros componentes da construção modular, como a vedação interna modular, também apresenta desafios e oportunidades. A coordenação e compatibilização entre os diferentes sistemas são essenciais para garantir a eficiência e funcionalidade do projeto como um todo. Nesse sentido, a utilização de sistemas hidráulicos modulares pode oferecer vantagens adicionais, como uma melhor integração com os demais componentes da construção modular e uma maior facilidade de montagem e manutenção em conjunto (DI RUZZA, 2021).

Os sistemas hidráulicos modulares representam uma alternativa promissora na construção civil, oferecendo eficiência, padronização e facilidade de manutenção. No entanto, é fundamental considerar os desafios de integração e realizar uma análise cuidadosa das necessidades específicas de cada projeto antes de optar por esse sistema construtivo (PIETROBON, 2000).

O sistema de vedações verticais internas modulares em drywall, além de versátil ao atender necessidades arquitetônicas, apresentando um bom desempenho produtivo, ao substituir materiais mais caros, e de difícil manutenção como principal exemplo a alvenaria convencional, apresenta versatilidade na manutenção mais simples das redes hidráulicas e instalações elétricas (BRITO et Al, 2024).

3. ESTUDO DE CASO

3.1 INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE CASO

O estudo analisou o produto Smart Wall, um sistema de vedações verticais internas modulares composto por uma estrutura leve feita com perfis de aço galvanizado, incorporando as

instalações prediais, como cabos, quadros de distribuição e tomadas, bem como componentes hidráulicos, como tubulações para alimentação de água fria e quente, esgoto, além de instalações de gás, entre outros componentes.

A análise detalha a integração da Smart Wall em uma obra da construtora Trisul. O projeto Side Barra Funda, desenvolvido pela construtora, foi utilizado como estudo da aplicação da tecnologia Smart Wall, explorando os detalhes da obra, e observando suas vantagens e possíveis dificuldades, especialmente em relação à logística, armazenamento e aplicação do sistema modular em um empreendimento de médio padrão.

Localizado em São Paulo, o Side Barra Funda compreende um terreno de 6.195,94 m², dividido entre quatro torres residenciais. A torre A possui 19 pavimentos tipo mais térreo, enquanto as torres B, C e D têm 20 pavimentos tipo mais térreo. O empreendimento oferece uma variedade de apartamentos, desde unidades de 41,48 m² até 74,55 m², totalizando 594 unidades.

O processo construtivo adotado no empreendimento foi o de parede de concreto moldada in loco, com a utilização de formas de madeira e plataforma trepante. Esse sistema, que depende integralmente do uso de guias, contribui significativamente para a eficiência logística no canteiro de obras. As guias facilitam as movimentações e descargas de material, otimizando o fluxo de trabalho e garantindo que os processos sejam realizados de forma ágil e contínua,

A Trisul, responsável pela concepção e execução do projeto, é uma construtora renomada no mercado de médio e alto padrão, conhecida por integrar construção, incorporação e vendas. Com um portfólio que abrange aproximadamente 200 empreendimentos em São Paulo e no Distrito Federal, totalizando mais de 2,5 milhões de m² construídos, a Trisul é reconhecida pela qualidade e inovação em seus projetos.

A Smart Wall é um produto da Smart Pods, que faz parte do Grupo Ambar. O Grupo Ambar é uma holding composta por empresas voltadas para a construção civil, e a Smart Pods oferece soluções modulares industrializadas 3D e 2D para vedações verticais internas.

3.2 A EMPRESA

3.2.1 Grupo Ambar

O grupo Ambar é composto por três empresas: Polar, especializada na produção de componentes elétricos, hidráulicos e climáticos; Autodoc, desenvolvedora de plataformas digitais de gestão para a construção civil; e Smart Pods, que oferece soluções modulares industrializadas. Atualmente, Ambar possui duas fábricas no estado de São Paulo, uma em São Carlos e outra na capital, além do escritório da Autodoc, também localizado na capital.

3.2.2 Grupo Merc

A história do Grupo Merc começou em 1985, ex-funcionários do Grupo Ford adquiriram a loja Novo Cruzeiro Materiais para Construção Ltda, fundada em 1967 na Vila Ré, São Paulo. Focando no mercado de hidráulica, a empresa tornou-se a quarta maior distribuidora de louças Deca no Brasil em 1990. Em 1994, ganhou sede própria e, após a cisão da sociedade em 2002, a distribuidora foi transferida para a Barra Funda. Em 2007, a empresa mudou para o bairro da Lapa de Baixo, situado em São Paulo, e passou a se chamar Merc Comércio de Materiais para Construção, e em 2012, foi criada a Merc Kits Soluções Hidráulicas Prediais, passando a produzir kits hidráulicos, além da revenda de componentes. Em 2013, com a aquisição da Plastfran Conexões Especiais, nasceu o Grupo Merc, destacando-se como uma das maiores distribuidoras de componentes hidráulicos do país, recebendo vários prêmios de inovação.

3.2.3 Smart Pods

Em 2020, a Merc Kits revisou sua estratégia, ampliou seu portfólio e parque fabril. Aproveitando sua posição como uma das principais distribuidoras de componentes e kits hidráulicos, a Merc Kits, em parceria com os componentes elétricos da Polar e sob a gestão do Grupo Ambar, criou a marca Smart Pods Construções Off-Site. Focada em construção modular 3D e 2D para vedações verticais internas, a Smart Pods introduziu o produto Smart Wall.

A Smart Pods se dedica a fornecer componentes pré-montados na indústria, com o objetivo de aumentar a eficiência produtiva e reduzir a necessidade de mão de obra. Entre os produtos oferecidos estão chicotes elétricos e hidráulicos, além dos módulos pré-fabricados de vedações verticais internas com instalações prediais integradas (Smart Wall). A empresa fornece todos os componentes elétricos e hidráulicos necessários, junto aos painéis estruturados, enquanto empreiteiros parceiros realizam montagem dos módulos.

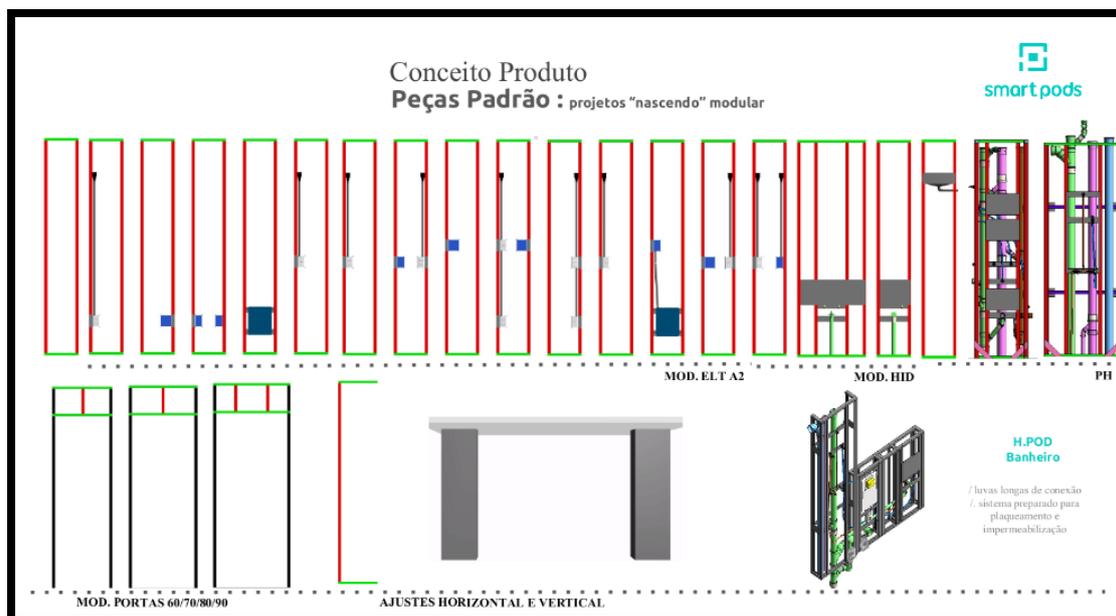
3.3 O PRODUTO: SMART WALL

A Smart Wall é uma vedação vertical composta por módulos estruturados em perfis galvanizados, formando guias e montantes com 40 cm de largura, contendo os componentes de instalações prediais pré-fixados conforme o projeto. Podemos definir a Smart Wall como módulos de perfis galvanizados com as instalações integradas. Mesmo quando o projeto não é originalmente modular, como na maioria dos casos, a Smart Pods colabora com a construtora para desenvolver as adaptações necessárias, permitindo o uso da modulação disponível em seu catálogo.

Os ajustes são principalmente necessários nos posicionamentos das caixinhas elétricas, pontos de dreno, esgoto e passantes hidráulicos, pois as vedações verticais dos projetos geralmente não têm comprimentos que se alinham perfeitamente aos módulos de 40 cm. Para resolver essas variações, utilizam-se elementos complementares, garantindo que as adaptações sejam feitas.

Na Figura 1, algumas opções do catálogo da Smart Pods são apresentadas. Os módulos de vedação são ilustrados com montantes representados por linhas vermelhas e guias por linhas verdes. Os componentes elétricos, como caixinhas e quadros, são mostrados em azul, enquanto os conduítes são em preto. Para os módulos 2D, as chapas de fixação e reforço são representadas em cinza, com a tubulação de esgoto em verde e o dreno de ar-condicionado também em cinza. Os módulos volumétricos 3D são shafts pré-fabricados, com prumadas indicadas por verde, rosa e azul. O catálogo inclui ainda módulos para portas com bandeiras pré-executadas e módulos de ajustes horizontais e verticais.

Figura 1 - Módulos Smart Wall



Fonte: Smart Pods

As estruturas modulares com guias e montantes em perfis galvanizados oferecem diversas facilidades que beneficiam significativamente o processo de produção. Uma das principais vantagens é a rapidez na montagem. A padronização dos componentes permite uma instalação mais ágil e eficiente em comparação aos métodos tradicionais de vedação vertical interna.

As instalações da Smart Wall passam por uma série de testes para evitar retrabalhos nas instalações prediais. O primeiro teste é realizado na fábrica, logo após a montagem do kit elétrico, mas antes de sua instalação na vedação. Em seguida, ainda na fábrica, ocorre um segundo teste após a instalação do kit elétrico nos módulos de vedação. O terceiro e último teste é feito após a instalação dos módulos de vedação na obra, garantindo a qualidade e funcionalidade das instalações.

Esse método de testagem visa não apenas garantir a qualidade final das entregas, mas também reduzir ao máximo qualquer desperdício, uma preocupação particularmente importante quando comparada a práticas convencionais, como a instalação de tubos de PVC rígido e enfição passada após a execução da infraestrutura elétrica do pavimento, com o objetivo de assegurar a precisão e a eficiência do sistema. Com relação aos cortes dos cabos, são feitos de forma industrial e precisa, cortando na medida necessária para aplicação in loco e aproveitando ao máximo a bobina de cabos, minimizando assim, erros e retrabalhos que são comuns, e otimizando os recursos e reduzindo os custos associados ao desperdício de materiais e tempo.

3.3.1 Sistema Modular

No sistema convencional de Drywall, a estrutura da vedação é feita com guias e montantes, entregues em pacotes com peças de 3m, e montadas na obra, onde inicialmente são instaladas as guias e posteriormente aos montantes, realizando os cortes dos perfis na obra. Em contraste, na Smart Wall, os módulos em guias e montantes são pré-fabricados e montados na fábrica, sendo instalados em uma única etapa no pavimento. Esse método construtivo difere substancialmente do método convencional, proporcionando maior eficiência na montagem das vedações e instalações. Assim como no sistema de Drywall convencional, o fechamento dos módulos é feito com gesso acartonado com acabamento em fita e massa nas juntas.

As peças são produzidas em ambientes controlados, garantindo uma maior consistência na padronização e no cumprimento das especificações de medidas e encaixes. Este controle minimiza erros e retrabalhos no canteiro de obras, uma vez que os elementos de vedação chegam prontos para fixação nas lajes. A montagem dos módulos é feita na fábrica da Smart Pods, e os fornecedores de perfis galvanizados garantem os requisitos de conformidade assegurados pelas normas estabelecidas. Na Figura 2, é possível ver a estrutura em perfis de aço galvanizado leve do sistema Smart Wall aplicada.

Figura 2 - Estrutura em perfis de aço galvanizado leve do sistema Smart Wall aplicada



Fonte: Autor

O sistema modular da Smart Wall utiliza módulos em perfis galvanizados, as guias, que são perfis horizontais fixados na laje inferior e superior, e montantes, que são perfis verticais encaixados nas guias, com uma diferença na fixação superior, onde é utilizado o sistema telescópico. A fixação telescópica vertical dos guias e montantes nos módulos da Smart Wall é um processo essencial para garantir estabilidade e precisão. Os montantes, fornecidos com 2 metros de altura, possuem um sistema de encaixe na parte superior que permite a extensão telescópica até alcançar a altura da laje superior. A fixação da guia superior é então realizada utilizando pinos de aço, que asseguram uma ancoragem firme e segura na laje superior, contribuindo para a robustez e integridade do sistema modular. A Figura 3 mostra esse sistema em aplicação.

Figura 3 - Fixação do sistema de telescopagem dos módulos em execução



Fonte: Pastor 2023

Reconhecendo que há pequenas variações nas construções, como as diferenças nas alturas resultantes das concretagens de laje, que dificultam a interação com a precisão da indústria, utiliza-se um sistema telescópico nos painéis para a fixação vertical. Esse sistema ajustável permite acomodar as variações de altura e garantir o alinhamento adequado dos módulos. Em relação as medidas da largura da vedação, aquelas que não se ajustam perfeitamente às medidas dos módulos, são feitos complementos utilizando guias e montantes de forma convencional, garantindo a continuidade e a integridade da vedação.

Os módulos da Smart Wall são configurados em formatos 2D e 3D para atender diversas necessidades na vedação vertical interna. Os módulos 2D são utilizados para a construção de divisórias com ou sem instalações embutidas, tanto elétricas quanto hidráulicas, permitindo uma montagem rápida e eficiente. Em contrapartida, os módulos 3D, como os shafts hidráulicos

pré-fabricados, fornecem soluções completas para a integração de sistemas hidráulicos e elétricos, simplificando a instalação e a manutenção. Essa modularidade não apenas agiliza o processo construtivo, mas também garante alta precisão e qualidade na execução.

3.3.2 Hidráulica

O kit hidráulico é um conjunto pré-fabricado de tubulações e conexões utilizado para distribuir água em sistemas hidráulicos dentro de uma construção. Feito com tubos flexíveis de PEX (polietileno reticulado), o kit hidráulico simplifica a instalação ao permitir que múltiplos pontos de água sejam conectados a partir de uma única origem. Equipado com válvulas, registros e acessórios necessários, é montado em fábrica e fixado de acordo com o projeto específico do edifício, proporcionando eficiência e flexibilidade no momento da instalação. (Figura 4).

Figura 4 - Distribuição aérea do kit hidráulico fixado com abraçadeiras e perfil metálico, identificados

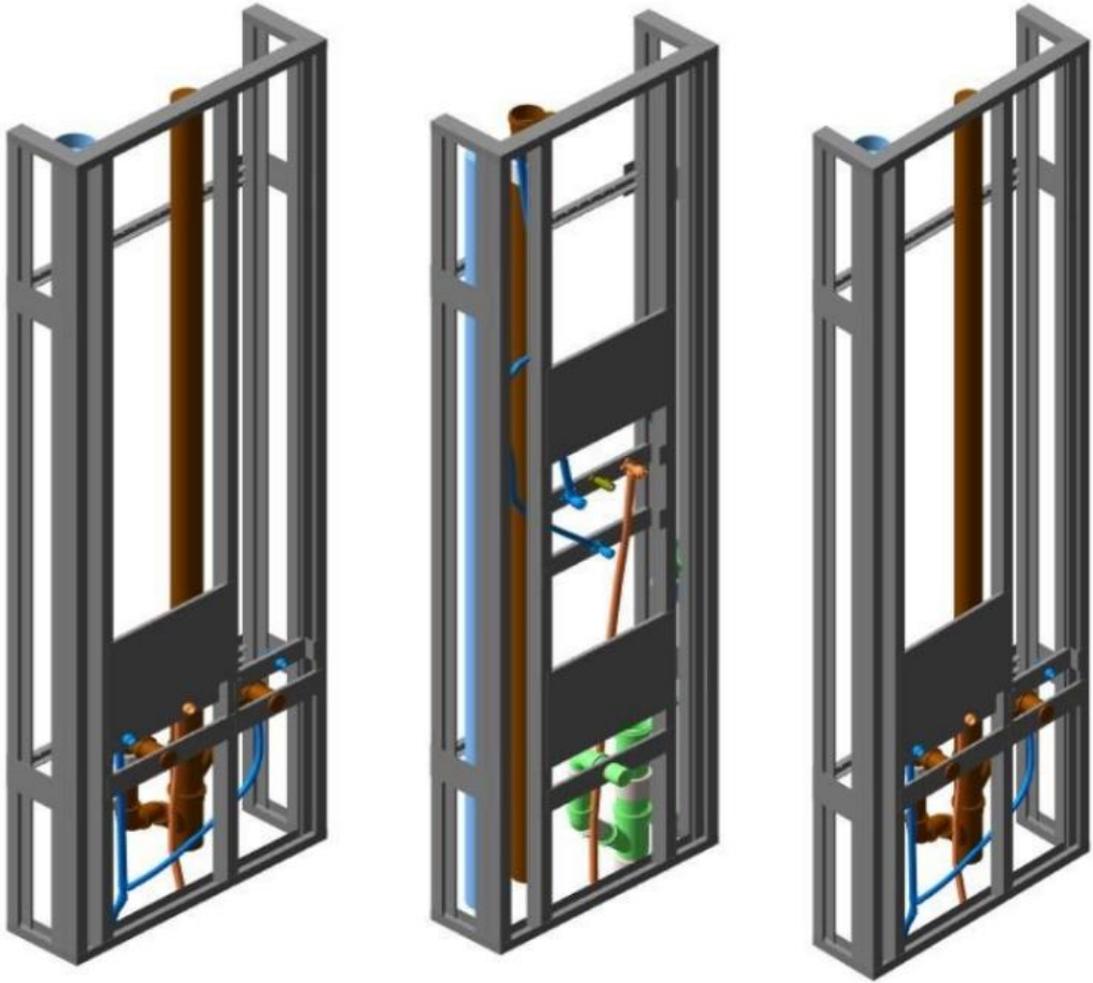


Fonte: Trisul

3.3.2.1 Chassis

Os chassis desempenham um papel essencial na organização e suporte dos sistemas prediais nos projetos. Por exemplo, o chassi de esgoto consiste em estruturas em aço galvanizado projetadas para acomodar e manter as tubulações de esgoto e hidráulica no lugar, como na Figura 5 e na Figura 6, incluindo tubulações de esgoto em PVC e passantes plásticos para a tubulação PEX, além das instalações elétricas.

Figura 5 - Shaft Hidráulico



Fonte: Pastor, 2023

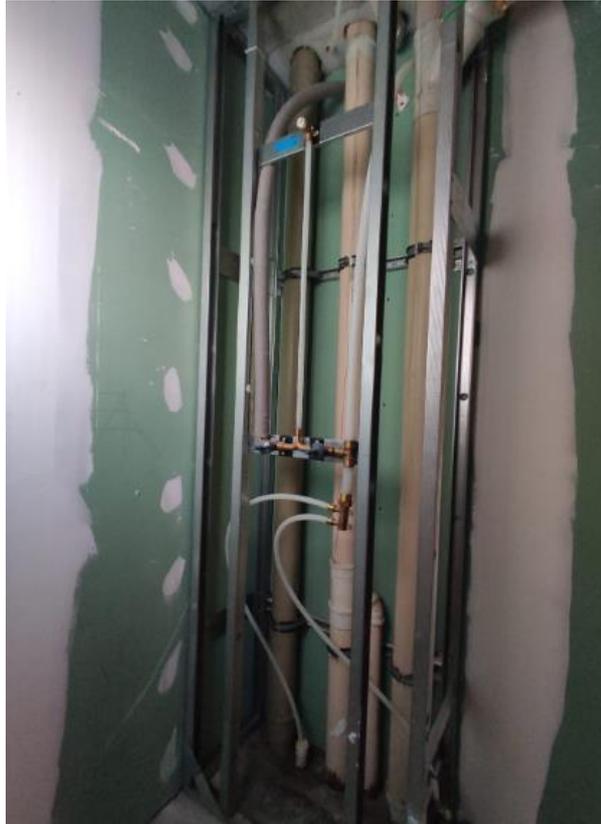
Figura 6 - Shaft com chassi de esgoto com estrutura em aço galvanizado leve, pré-fabricada



Fonte: Autor

Por sua vez, o chassi de chuveiro, Figura 7, é concebido para abrigar os registros e o ponto de instalação do chuveiro. Feito também com estruturas leves em aço galvanizada pré-fabricadas, além de suportes específicos, os próprios registros e um ponto de alimentação do chuveiro. Ambos os chassis são cruciais para garantir as instalações embutidas dos shafts Smart Wall, proporcionando uma base robusta e organizada para a distribuição de água e esgoto, além das demais utilidades.

Figura 7 - Shaft com chassi de chuveiro com estrutura e pontos de instalação



Fonte: Autor

O processo de instalação dos kits em PEX fixados na laje superior, também fornecidos pela Smart Pods, é bastante simplificado, sendo apenas fixados com abraçadeiras e perfilados, facilitando a execução pelos profissionais envolvidos.

Para cada apartamento, os kits são enviados em pacotes individuais contendo todos os componentes hidráulicos, devidamente identificadas com o código do local de instalação para evitar erros durante o processo. No entreforço do apartamento inferior, os kits em PEX são passados e fixados nos locais determinados para alimentação dos pontos hidráulicos, enquanto no apartamento superior é feita a instalação dos chassis de esgoto e chuveiro, e as devidas conexões entre os sistemas.

A utilização dos kits hidráulicos oferece uma série de benefícios tangíveis, desde a otimização da produtividade até a redução dos custos sistêmicos e do desperdício de materiais. Ao eliminar os cortes e conexões feitos in loco, esses kits aumentam significativamente a eficiência e a rapidez da instalação, tornando-a mais padronizada e menos suscetível a erros. Além disso, a simplificação do processo de instalação reduz a dependência de mão de obra altamente especializada, tornando-o mais acessível e econômico para os empreendimentos.

A instalação dos kits hidráulicos nos módulos de vedação vertical interna representa uma maneira eficaz de integrar os sistemas hidráulicos nos projetos modulares. Ao empregar tubulações de PEX, simplifica-se o processo, reduzindo o tempo necessário e minimizando potenciais erros.

Há necessidade de precisão rigorosa das dimensões durante a fase de projeto e montagem. Qualquer erro de medição ou instalação pode resultar em incompatibilidades difíceis de corrigir, especialmente se detectadas apenas no canteiro de obras.

Para a distribuição interna de água do apartamento com o PEX, é empregado o kit manifold, também conhecido como módulo distribuidor, Figura 8. Este componente se conecta a outros sistemas, servindo como o ponto de terminação para o sistema PEX e permitindo a passagem e distribuição das tubulações hidráulicas. Funcionando de maneira análoga a uma caixa de disjuntores no sistema elétrico, o uso do módulo distribuidor reduz a quantidade de conexões exigidas no sistema hidráulico e facilita as atividades de manutenção.

Figura 8 - Kit manifold (módulo distribuidor) para sistema PEX



Fonte: Autor

A distribuição de alimentação do pavimento por meio de kits hidráulicos a partir do shaft central também contribui para a organização e eficiência do sistema, garantindo uma conexão fluida entre os diferentes componentes. Além disso, alguns elementos essenciais, como os pentes para o shaft central ou HGI (hidráulica, gás e incêndio), são entregues pré-montados pela Smart Pods conforme o projeto, agilizando ainda mais a montagem e garantindo uma instalação precisa e eficiente.

Na Figura 9, observa-se o shaft central situado no hall do pavimento, que serve como ponto de distribuição de água para os apartamentos. É possível notar as prumadas de esgoto e água pluvial, além dos pentes pré-fabricados para a instalação posterior dos hidrômetros.

Figura 9 - Distribuição de alimentação do pavimento com pentes pré-montados para shaft central (HGI)



Fonte: Autor

Entretanto, mesmo com as vantagens oferecidas pelos kits hidráulicos, alguns desafios podem surgir durante o processo de instalação. A correta fixação das prumadas hidráulicas nos shafts pré-fabricados depende da precisão na execução dos pontos de passantes conforme o projeto. É essencial que a gestão da obra mantenha um controle rigoroso para assegurar que todas as prumadas e passantes concretados na laje estejam na posição exata prevista no projeto. Qualquer desvio pode resultar em problemas de alinhamento quando os shafts forem instalados. Portanto, a precisão na execução e a conformidade com o projeto são fundamentais para garantir o bom funcionamento do sistema e evitar complicações durante a construção.

3.3.3 Elétrica

O chicote elétrico é composto por conjuntos pré-montados que abrangem todo o sistema elétrico, desde os cabos até os quadros de distribuição. A Figura 10 ilustra o chicote elétrico pré-montado, instalado e testado.

Figura 10 - Chicote elétrico pré-montado instalado e testado



Fonte: Autor

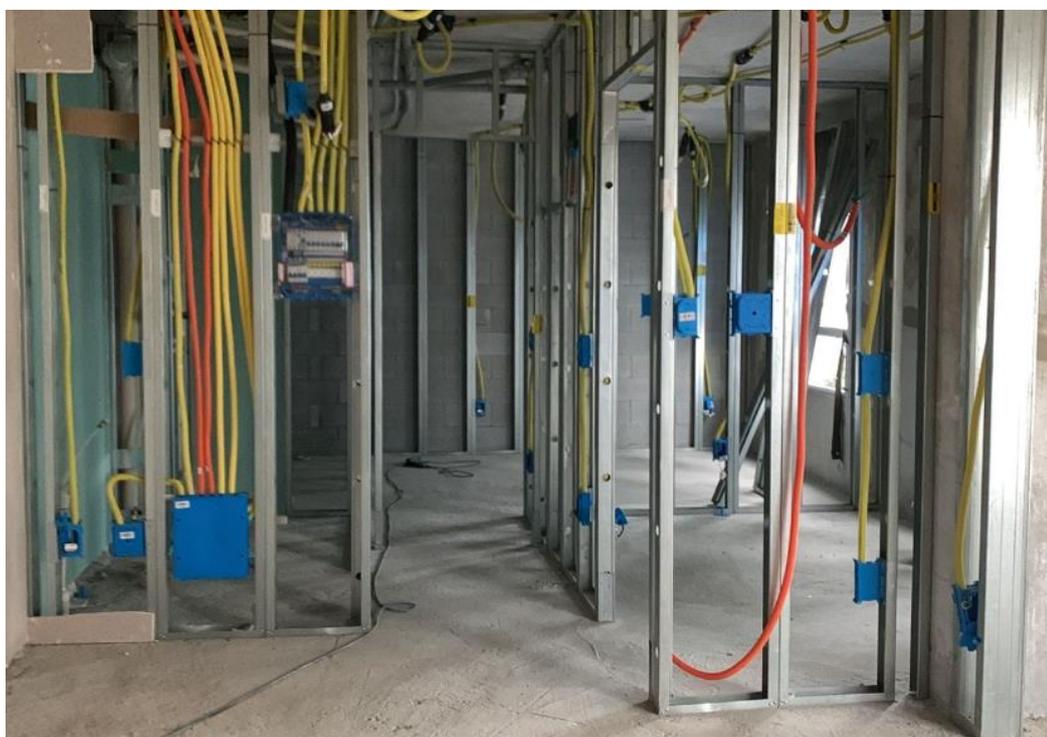
No processo convencional de instalação elétrica, cada unidade habitacional requer uma variedade de materiais e ferramentas, desde eletrodutos de diferentes tamanhos até rolos de fios em várias cores e bitolas, além de caixas elétricas. Um eletricitista qualificado é encarregado de conduzir várias etapas, incluindo a passagem da tubulação seca, a inserção dos cabos nos eletrodutos e as conexões, tornando o procedimento demorado e complexo. Adicionalmente, o corte manual dos fios frequentemente resulta em sobras que acabam como resíduos na obra.

Por outro lado, o chicote elétrico oferece uma abordagem mais produtiva com redução de etapas. Os cabos são cortados na fábrica e inseridos nos eletrodutos com as conexões e módulos conectados, reduzindo assim diversas etapas de instalação in loco. Ao utilizar o chicote, todas essas fases, desde a distribuição e passagem de guias a enfição e montagem de quadros, são

realizadas em um único momento, eliminando a necessidade de profissionais especializados, como um montador e um ajudante, exigindo a presença de um eletricista apenas para a ligação e teste dos quadros de distribuição de circuitos, além disso, o produto garante uma significativa redução no tempo de instalação. Os chicotes são fixados com finca pinos na laje superior.

A instalação dos sistemas elétricos nos módulos de vedação vertical interna 2D oferece uma série de vantagens significativas. A pré-fixação das caixinhas elétricas, na cor azul (Figura 11), e dos conduítes, amarelos e laranjas para identificação de sistemas de interfonos, antenas e alimentação elétrica, nos módulos, simplifica consideravelmente o processo, eliminando a necessidade de medição e marcação no canteiro de obras.

Figura 11 - Instalação dos módulos de vedação vertical interna 2D com chicotes elétricos pré-fixados



Fonte: Autor

A utilização de chicotes elétricos pré-montados na fábrica agiliza a instalação, reduzindo o tempo necessário para passar as fiações e conectar os circuitos elétricos. O sistema de conexão (Figura 12) tem a propriedade de evitar falhas na montagem, eliminando erros de ligação, aumentando a confiabilidade e a segurança do sistema elétrico.

Figura 12 – Sistema de encaixe de conexão elétricas



Fonte: Autor

No entanto, alguns desafios podem surgir durante a instalação, como a variação da espessura da laje, que pode influenciar no alinhamento das caixinhas elétricas e exigir ajustes adicionais para garantir uma instalação precisa e alinhada.

Os chicotes elétricos são submetidos a uma série de testes para assegurar a ausência de retrabalho devido a falhas elétricas. O primeiro teste ocorre após a montagem do chicote elétrico, o segundo após a integração do chicote no módulo, e o terceiro após a instalação dos módulos na obra.

Na Figura 13, os módulos apresentam caixinhas e quadros elétricos em azul, ligados a conduítes identificados por cores para simplificar o processo de montagem. Os conduítes laranja correspondem ao sistema de interfone, os azuis ao sistema de antena e os amarelos à alimentação elétrica. Conexões rápidas são utilizadas para ligar os chicotes elétricos da laje superior aos dos módulos, enquanto reforços de madeira para fixação de pias e bancadas são fornecidos e instalados após a montagem dos módulos.

Figura 13 - "SMART WALL" - Integração industrializada de instalações elétricas e hidráulicas em paredes modulares de drywall



Fonte: Autor

3.3.4 Acabamento

O sistema Smart Wall emprega placas de gesso acartonado para fechamento e acabamento dos módulos, sendo responsabilidade de terceiros realizar o plaqueamento.

Após a montagem da estrutura, e das instalações, as placas de gesso acartonado são fixadas aos perfis. Para obter uma superfície uniforme, as juntas entre as placas de gesso são tratadas com fita de papel e várias camadas de massa para acabamento à base de gesso. Este processo assegura que as junções sejam invisíveis após a pintura ou aplicação de outros revestimentos. A fita de papel microperfurada é usada para cobrir as juntas onde as placas de gesso acartonado se encontram. A fita reforça essas áreas, evitando que as juntas rachem ou se separem com o tempo. A massa é aplicada sobre a fita e nas áreas de fixação para nivelar a superfície e cobrir os parafusos ou pregos usados na instalação das placas. A massa é geralmente aplicada em várias camadas e depois lixada para obter um acabamento liso, pronto para pintura ou aplicação de outros revestimentos.

O acabamento dos módulos é projetado para garantir estética e funcionalidade. Com superfícies lisas e uniformes, os módulos estão prontos para pintura ou qualquer outro revestimento especificado no projeto. A pré-fabricação dos módulos acelera o processo de construção, reduzindo o tempo e os resíduos no canteiro de obras, contribuindo para práticas mais sustentáveis.

Na Figura 14, é possível ver um apartamento construído com o sistema Smart Wall. As guias e montantes modulares foram fixados, e o fechamento foi feito com chapas de gesso acartonado, com acabamento de fita e massa nas juntas. A cerâmica foi instalada diretamente sobre as chapas, e o tanque e a bancada já estão devidamente posicionados.

Figura 14 - Sistema com placas de gesso acartonado e o tratamento das juntas aplicado nas vedações verticais e nos forros



Fonte: Autor

3.4 LOGÍSTICA

A logística desempenha um papel fundamental na implementação e eficiência do sistema Smart Wall. A logística no transporte e recebimento é essencial para a aplicação da Smart Wall. Os módulos são embalados na fábrica e transportados em caminhão truck até o local da obra, adotando-se o sistema Just-in-Time (JIT), uma estratégia de gestão da produção que visa minimizar desperdícios e otimizar a eficiência ao sincronizar a entrega dos módulos no momento certo para aplicação, na quantidade exata, eliminando estoques excessivos e aumentando a produtividade. Isso é crucial, sabendo que os módulos ocupam considerável espaço no canteiro de obras. O JIT busca garantir que cada processo seja suprido com os itens e quantidades corretas, no tempo e lugar certos.

A descarga dos módulos é realizada diretamente do caminhão para o pavimento, preferencialmente utilizando-se guas, sempre atentando-se às quantidades empilhadas para evitar danos durante o transporte. Em situações excepcionais, os módulos podem ser acomodados em cremalheiras, possibilitando movimentação sem o uso de guas.

As figuras incluídas no capítulo ilustram diferentes etapas do processo logístico da Smart Pods. A Figura 15 mostra os módulos sendo recebidos no local da obra em caminhões truck, destacando a importante logística para garantir a integridade destes módulos durante o transporte. A Figura 16 apresenta os módulos de shafts hidráulicos posicionados para movimentação no canteiro de obras, onde são utilizados carrinhos para transporte vertical e horizontal, facilitando o deslocamento dos módulos com segurança e eficiência. Por fim, a Figura 17 retrata os módulos de shafts hidráulicos sendo içados por uma grua até o pavimento de destino, evidenciando o uso de equipamentos adequados para evitar danos e garantir que os módulos sejam instalados no momento e local corretos, conforme o planejamento sequencial da montagem.

Figura 15 - Recebimento dos módulos em caminhão truck



Fonte: Autor

Figura 16 - Preparação e movimentação dos módulos de shafts hidráulicos com carrinhos



Fonte: Pastor, 2023

Figura 17 - Içamento dos módulos de shafts hidráulicos por grua até o pavimento de destino



Fonte: Pastor, 2023

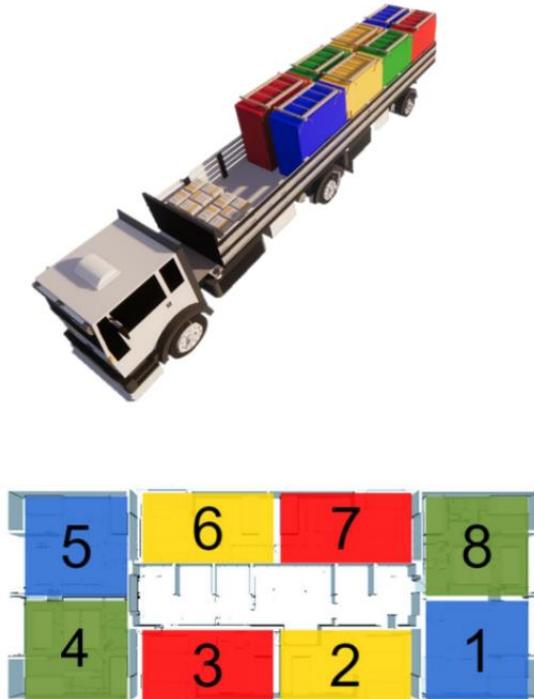
O processo Just-in-Sequence (JIS) é uma metodologia logística que garante que componentes e módulos sejam entregues e montados exatamente na sequência e no momento em que são necessários na linha de produção (HUTTMEIR, 2009). Isso é crucial para a produção de módulos pré-fabricados como os da Smart Wall, onde cada módulo precisa ser instalado em uma ordem específica conforme o caderno de montagem.

A logística de recebimento dos módulos é planejada para otimizar a instalação. Desde o carregamento, a sequência de descarregamento é calculada meticulosamente: os primeiros painéis a serem retirados do caminhão são os últimos a serem instalados, garantindo o fluxo de montagem.

A Figura 18 apresenta uma simulação onde as cores de identificação dos pacotes de módulo no caminhão correspondem diretamente às cores dos módulos Smart Wall posicionados para transporte. Esta estratégia visual permite uma organização eficiente e precisa no carregamento

e descarregamento dos módulos no local da obra, garantindo que cada painel seja entregue e instalado na sequência correta conforme o projeto de montagem.

Figura 18 - Organização por cores dos pacotes de módulos no caminhão e sua posição de armazenamento



Fonte: Pastor, 2023

Cada componente dos módulos é identificado por cor, numeração e pavimento, facilitando o processo de montagem e minimizando erros operacionais (Figura 19). As cores das etiquetas dos módulos correspondem diretamente às identificações nos projetos, proporcionando uma organização visual clara (Figura 20). Esta prática não apenas agiliza a logística de montagem dos módulos, mas também assegura que cada componente seja integrado no local correto e na sequência planejada.

Figura 19 - Projeto com os módulos identificados com as cores das etiquetas entregues



Fonte: Pastor, 2023

Figura 20 - Etiqueta de identificação dos módulos



Fonte: Pastor, 2023

A distribuição dos módulos no local da obra é planejada de acordo com a sequência de montagem, garantindo que os painéis necessários estejam prontamente acessíveis. São implementadas medidas para minimizar o manuseio excessivo e otimizar o fluxo de trabalho, como o uso de paleteiras hidráulicas para a movimentação dos módulos, sempre se atentando à limitação do número de módulos transportados simultaneamente para evitar danos e deformações. O posicionamento dos paletes são projetados para evitar qualquer interferência com as paredes de vedação a serem instaladas, eliminando a necessidade de mover módulos empilhados durante a instalação.

A Figura 21 apresenta uma vista dos módulos de Smart Wall armazenados no próprio pavimento onde serão instalados. Os módulos estão dispostos sobre paletes, juntamente com placas de gesso acartonado que também serão utilizadas para execução das vedações. Esta configuração evidencia a preparação e organização prévia para a instalação dos componentes, garantindo que tanto os módulos quanto as placas de gesso estejam prontamente acessíveis e alinhados com o processo de montagem planejado.

Figura 21 - Armazenamento de módulos Smart Wall sobre placas de gesso acartonado no pavimento destino



Fonte: Autor

A equipe de planejamento da Smart Pods, juntamente com a equipe de obra, programa a fabricação e a entrega dos módulos. Esse planejamento inclui a definição da sequência exata de montagem com base nas especificações do projeto. Durante a produção, os módulos Smart Wall são fabricados e montados em sequência, garantindo que cada módulo esteja pronto para ser integrado no momento certo. A produção sequenciada reduz o tempo de montagem e evita retrabalho.

3.5 VANTAGENS DO SISTEMA SMART WALL

O sistema Smart Wall representa uma solução moderna e eficiente de construção modular aplicados em projetos de vedação vertical interna. A produtividade elevada é um dos principais benefícios, segundo o fabricante, com uma velocidade de montagem 32% superior em relação a outros métodos, e uma redução de 27,5% no tempo total de obra, resultando em uma construção mais rápida e eficiente.

O controle de qualidade é outro ponto forte do sistema, pois a pré-fabricação em ambiente industrial garante uniformidade e minimiza retrabalhos. A tecnologia Plug & Play facilita a conexão dos sistemas, simplificando as instalações e contribuindo para uma obra mais ágil e precisa. No canteiro de obras, o uso de guias, aliado à logística Just-in-Time, melhorou o fluxo de materiais e a organização, maximizando a eficiência e a produtividade.

A sustentabilidade é um elemento central do sistema Smart Wall, que utiliza materiais como gesso acartonado, resultando em menor geração de resíduos e promovendo um ambiente de trabalho mais limpo e seguro. O processo minimiza a necessidade de movimentações excessivas e manuseios, reduzindo o desperdício de materiais e o impacto ambiental. Essa abordagem se alinha com as práticas contemporâneas de construção, que valorizam tanto a eficiência operacional quanto a responsabilidade ambiental e a otimização de recursos.

3.6 DESAFIOS NA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA SMART WALL

No projeto Side Barra Funda, a modelagem em BIM dos pavimentos tipo permitiu um planejamento preciso e ajustes que foram cruciais para o sucesso da obra. A adoção do sistema modular resultou em melhorias significativas na produtividade, reduzindo os prazos de instalação elétrica, hidráulica e de estruturação dos módulos.

A implementação do sistema Smart Wall trouxe diversos benefícios ao projeto. A sincronização entre produção e montagem, utilizando metodologias Just-in-Time (JIT) e Just-in-Sequence (JIS), garantiu que os módulos fossem entregues no momento certo e na sequência adequada para a montagem, reduzindo desperdícios e otimizando a logística. Isso resultou em um aumento da produtividade e minimização do impacto ambiental, pois a redução de resíduos e a eficiência no uso de materiais diminuíram a necessidade de descarte e o consumo de recursos naturais. No entanto, questões logísticas, como atrasos em outras etapas de produção, condições climáticas desfavoráveis e problemas com equipamentos de transporte, ocasionalmente resultavam em acumulação não planejada de módulos e componentes nas áreas designadas para o transbordo, no térreo.

Durante a execução da obra, diversas adversidades impactaram diretamente a eficiência e o cronograma. A escassez de componentes específicos no mercado foi um desafio significativo, causando atrasos na entrega de elementos essenciais. As variações no alinhamento das instalações elétricas e hidráulicas, devido às irregularidades nas lajes, exigiram ajustes contínuos, comprometendo a precisão e a eficiência da montagem. Problemas relacionados à prumada de gás foram outra complicação importante, especialmente devido às restrições de espaço para soldagem, resultando em reprovações nos testes de estanqueidade e impactando diretamente nos prazos de conclusão do serviço. Além disso, questões logísticas e desafios de coordenação no canteiro de obras resultaram em pequenas variações durante a execução dos serviços anteriores à instalação dos módulos, o que não apresenta problemas para as práticas usuais de execução, mas representa um desafio para a aplicação do sistema em questão, exigindo correções adicionais e ampliando a complexidade da gestão do projeto.

A implementação do sistema Smart Wall no Side Barra Funda foi viabilizada pela escala da obra, mostrando-se adaptável às exigências arquitetônicas e estruturais do empreendimento. No entanto, é importante destacar que o custo inicial do sistema é elevado devido ao processo de industrialização envolvido. Mesmo considerando a verba destinada às instalações e vedação interna, o custo do Smart Wall supera os métodos mais convencionais, como alvenaria de vedação e Drywall. Entretanto, esse investimento foi justificado pelas vantagens já mencionadas, como a significativa redução de prazo proporcionada pelo sistema, que compensou o custo inicial elevado, tornando a implementação possível e vantajosa para o projeto. Resultando em um padrão elevado de qualidade nas instalações, com redução significativa no tempo de produção e minimização de resíduos, promovendo eficiência

operacional e sustentabilidade. A introdução do Smart Wall inicialmente trouxe ganhos de prazo, porém as dificuldades enfrentadas durante a aplicação resultaram em atrasos que, ao final da obra, equilibraram os cronogramas planejados. Essas dificuldades incluíram ajustes e definições do processo, visto que se tratava de uma aplicação inovadora, além da adaptação dos processos tradicionais de obra para acomodar a precisão exigida pelos módulos pré-fabricados.

Figura 22 - Projeto Side Barra Funda (Trisul) em Execução



Fonte: Smart Pods

O empreendimento Side Barra Funda da Trisul, com a aplicação da Smart Wall, exemplifica como a inovação na construção civil pode transformar a maneira como os empreendimentos são concebidos e executados. Apesar dos desafios enfrentados, a integração de tecnologias e a coordenação eficiente entre todas as partes envolvidas foram fundamentais para o sucesso da implantação. A experiência adquirida neste empreendimento não apenas fortalece a posição da Trisul como uma líder em inovação, mas também estabelece novos padrões para o setor, promovendo práticas de construção mais eficientes e sustentáveis para o futuro.

3.7 IDENTIFICAÇÃO DE MELHORIAS A SEREM IMPLEMENTADAS

Para aprimorar a aplicação da Smart Wall em futuros empreendimentos, algumas melhorias podem ser implementadas. Primeiramente, investir na capacitação dos montadores para garantir a correta instalação e manutenção do sistema. Além disso, incentivar a utilização da logística

reversa nos materiais recicláveis na produção das paredes pode reduzir o impacto ambiental, como no caso de embalagens de plástico e pedaços de guias e montantes utilizados nos complementos horizontais.

Outra melhoria seria a implementação de um sistema de gestão da logística mais preciso, tanto para as entregas quanto para a coordenação no canteiro de obras, a fim de reduzir os custos associados ao transporte dos componentes e otimizar o fluxo de trabalho. Por exemplo, houve situações em que cargas chegaram fora do horário programado, devido a fatores diversos, como atrasos externos ou internos. Em alguns casos, isso resultou na entrega simultânea de materiais, gerando um acúmulo excessivo para descarga em um único dia. Essa situação forçou a equipe a montar dois turnos de trabalho, com as equipes se revezando para lidar com a grande quantidade de materiais, o que impactou a eficiência e aumentou os custos operacionais.

Por fim, a adoção de tecnologias de monitoramento de entrega de materiais e controle em tempo real pode aumentar a precisão e a eficiência da obra.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

4.1 QUANTO À CONSECUÇÃO DOS OBJETIVOS PROPOSTOS

O estudo de caso realizado no empreendimento Side Barra Funda da Trisul, com a aplicação da Smart Wall, permitiu uma análise abrangente sobre a implementação do sistema modular de vedação vertical interno. O objetivo de investigar os desafios e benefícios da aplicação desse sistema foi alcançado, proporcionando uma compreensão clara das vantagens em termos de rapidez na construção, redução de resíduos e eficiência no controle de qualidade. A metodologia aplicada garantiu que todos os aspectos relevantes fossem abordados, oferecendo uma visão detalhada sobre a eficiência e eficácia do sistema Smart Wall.

4.2 QUANTO AOS RESULTADOS OBTIDOS E LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Os resultados obtidos demonstram que a Smart Wall oferece significativas vantagens em termos de agilidade na execução, limpeza do canteiro de obras e conformidade com padrões de qualidade e precisão. No entanto, algumas limitações foram identificadas, como a necessidade de desenvolver a mão de obra para aplicação, e o custo inicial elevado. Além disso, a análise

não contemplou o ciclo de vida completo dos componentes utilizados, o que pode impactar a avaliação de sustentabilidade do sistema. A falta de dados comparativos com outros sistemas construtivos em um mesmo contexto também é uma limitação que deve ser considerada. De acordo com Cunha (2021), a adoção de sistemas industrializados, como as instalações prediais pré-fabricadas, pode trazer melhorias significativas na produtividade. Embora o custo inicial desses sistemas seja, em média, 42,4% superior ao dos métodos convencionais, a possibilidade de reduzir o tempo de execução da obra em até 40% pode tornar a opção economicamente vantajosa em muitas situações.

4.3 SUGESTÕES DE TEMAS DE PESQUISA A SEREM ESTUDADOS

Com base nas observações e resultados obtidos, várias áreas podem ser exploradas em futuras pesquisas. Uma sugestão é a realização de estudos comparativos entre a Smart Wall e outros sistemas de vedação em diferentes contextos de construção, como empreendimentos comerciais e industriais. Outro tema relevante é a análise do ciclo de vida completo dos componentes utilizados no sistema modular, incluindo a fase de descarte e reciclagem. Além disso, explorar a integração de tecnologias avançadas, como IoT (Internet das Coisas) e inteligência artificial, na gestão e monitoramento de construções modulares, pode-se obter contribuições valiosas para o setor. Estudos sobre a viabilidade econômica da construção em larga escala, considerando diferentes realidades econômicas e regionais, também seriam de grande interesse.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR ISO 9000: Sistemas de gestão da qualidade — Fundamentos e vocabulário. Rio de Janeiro: ABNT, 2015a. 59 p.

ABNT. NBR 14.715-1: Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos executivos para montagem – Parte 1: Requisitos para montagem de paredes e revestimentos. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. NBR 14.715-2: Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Projeto e procedimentos executivos para montagem – Parte 2: Requisitos para montagem de forros. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. NBR 15.217: Perfis de aço formados a frio para sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. NBR 15.758-1: Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Parte 1: Desempenho. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. NBR 15.758-2: Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Parte 2: Requisitos para o sistema de paredes. Rio de Janeiro.

ABNT. NBR 15.758-3: Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall – Parte 3: Requisitos para o sistema de forros. Rio de Janeiro: ABNT.

ABNT. NBR 15.873: Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT.

ALVES, A. G. F. G. S. Desenvolvimento e análise de um sistema modular para a construção de edifícios. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Universidade do Minho, Escola de Engenharia, Portugal, outubro de 2021.

ALVARENGA, Viviane Gonçalves Quintão. Análise de custos: alvenaria estrutural em blocos de concreto x parede de concreto moldada in loco. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil), Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2021.

AMUY, P. V. C. Proposta de conjunto edificado à base de módulos tridimensionais – Estudo de caso. Dissertação (Mestrado em Projeto Integrado na Construção de Edifícios) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, julho de 2022, Portugal.

AQUINO, J. P. R.; MELHADO, Silvio Burrattino. Proposição de diretrizes para utilização de projetos para produção na construção de edifícios–Um estudo de Caso. In: WORKSHOP NACIONAL: GESTÃO DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS. Anais. Porto Alegre: PUC-RGS. 2002.

ATHANAZIO, F. P., & Gonçalves Filho, M. (2023). Gestão do cronograma de uma empresa fabricante e instaladora de chicotes elétricos da construção civil. *Brazilian Journal of Production Engineering*, 9(4), 179-193. <https://doi.org/10.47456/bjpe.v9i4.42541>

BARKOKEBAS, B., BRENNER, B., CSILLAG, D., HIROTA, E., & JOHN, V. Glossário Aliança Construção Modular, 2022.

BARBOSA, Arthur Lincoln Diógenes Guedes. Inovações tecnológicas na construção civil de componentes e elementos para sistemas de vedação vertical interno e externo. Monografia (Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Estrutural e Construção Civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017.

BERTRAM, N.; FUCHS, S.; MISCHKE, J.; PALTER, R.; STRUBE, G.; WOETZEL, J. Modular construction: From projects to products. McKinsey Global Institute. June 2019.

BRITO, E. , ALBUQUERQUE, T., BOMBONATO, F. Apresentando o drywall em paredes, forros e revestimentos. 12º Encontro interinstitucional – Anais do Evento, 2024. <Disponível em: <https://www.fag.edu.br/upload/ecci/anais/55953b6667236.pdf>; Acesso em: agosto/2024>.

CAMPOS, Patricia Farrielo de. Light Steel Framing: uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento. 2014. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAMILLO, Maiara Gizeli Dallazen. Análise da utilização de chapas e placas industrializadas nas vedações verticais internas em construções residenciais na Região Sul do Brasil. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

CARDOSO, D. L. A. Vedações verticais e suas interfaces no sistema construtivo de edificações. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, São Carlos, 2007.

CARDOSO, Silvia Scalzo. Tecnologia construtiva de fachada em chapas delgadas em light steel framing. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação na Construção Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

CARVALHO, Bruno Soares de et al. Planejamento para construções modulares por meio de BIM e prototipagem rápida–PMCON. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, v. 5, p. 1-14, 2017.

CABRAL, V. H. B. (2016). A industrialização na construção civil como forma de controle de qualidade e aumento de produtividade. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil da Escola de Engenharia UFMG, com Ênfase em Tecnologia e Produtividade das Construções. Belo Horizonte: Escola de Engenharia da UFMG.

CHAGAS, Genivaldo Aparecido das; SANTOS, Miguel Henrique Pereira dos; FERREIRA, Yuri Kelvin Silva. O uso do drywall na obra: vantagens na relação tempo e custo. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade Una, Pouso Alegre.

CHALITA, Ana Cristina Catai. Estrutura de um projeto para produção de alvenarias de vedação com enfoque na construtibilidade e aumento de eficiência na produção. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

CNC Construções Industrializadas. Glossário da construção modular: conheça os termos mais usados na área. Disponível em: <https://cmcmódulos.com.br/glossario-da-construcao-modular/>. Acesso em: 17 jan. 2024.

CONDEIXA, K. M. S. P. Comparação entre materiais da construção civil através da avaliação do ciclo de vida: sistema drywall e alvenaria de vedação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

CRASTO, Renata Cristina Moraes de. Arquitetura e Tecnologia em Sistemas Construtivos Industrializados: Light Steel Framing. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) -

Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, 2005.

CUNHA, Guilherme Maciel. Análise comparativa de custos entre uma rede de instalações elétricas e hidrossanitárias pré-fabricadas e o sistema convencional de construção: Um estudo de caso junto à Construtora CCB e ao fornecedor Ambar Tech. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, 2021.

DECHEN, Kelvin (Startup Hunter). Construção Modular no Brasil: veja tudo sobre esse método. 14 fev. 2023. Disponível em: <<https://www.terracotta.ventures/blog/a-construcao-modular-vai-dar-certo-no-brasil>>. Acesso em: 09 nov. 2023.

DELFINO, L. H. Produtização – Smart Wall. In: 19º Seminário Tecnologia de Sistemas Prediais. SindusConSP, 2023. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/veja-as-apresentacoes-feitas-no-19o-seminario-tecnologia-de-sistemas-prediais/>. Acesso em: junho de 2024.

DIAS, Marcelo da Silva; NETO, Paulo Pinheiro Castanheira. Sistema de Estruturas Drywall. In: ENGENHARIA NA PRÁTICA: CONSTRUÇÃO E INOVAÇÃO - VOL.3, p. 164-203.

DÍAZ RODRÍGUEZ, Lady Alexandra; SORGI BOMEDIANO, Karen; FONTANELLA SETEI, Karen; PUCHARELLI FONTANINI, Patricia Stella. Análise do processo construtivo de banheiros prontos - um estudo de caso do mapeamento de fluxo de valor. In: 1º Workshop de Tecnologia de Processos e Sistemas Construtivos TECSIC, 2017, 03 e 04 de agosto de 2017.

DI RUZZA, G., & Cardoso, L. R. (2021). Kits hidráulicos prediais industrializados. In Anais do XIV Simpósio Nacional de Sistemas Prediais (SISPRED 2021) (pp. 157-162). Catalão, GO.

ERBS, A.; NAGALLI A.; MYMRINE, V.; CARVALHO, K. Q. Determinação das propriedades físicas e mecânicas do gesso reciclado proveniente de chapas de gesso acartonado. Cerâmica, n. 61, p. 482-487, 2015. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ce/a/PZD4gVKJgqYpMbzvcm463m/abstract/?lang=pt>. Acesso em: agosto 2024.

FRASSON, Ricardo et al. Aplicação da metodologia Just in Sequence nas etapas de movimentação e estocagem de um produto pré-fabricado de concreto. Revista ESPACIOS| Vol. 36 (Nº 21) Año 2015, 2015.

FREITAS, L.; Conforte, M. Drywall versus Alvenaria: Produtividade em foco. Revista Boletim do Gerenciamento, n. 26, p. 52-60, maio 2021. Disponível em: <http://www.nppg.org.br/revistas/boletimdoGerenciamento>.

GHINATO, Paulo. O just-in-time e as indústrias brasileiras. Revista Produção, São Paulo, v. 5, n. 2, p. 113-121, dez. 1995. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0103-65131995000200004>. Acesso em junho 2024.

GREVEN, H.A., BALDAUF A.S.F., Introdução à coordenação modular da construção no Brasil - Uma abordagem atualizada, Porto Alegre, ANTAC, 2007

GUIMARÃES, Marcio Martins et al. Comparação das características físicas e financeiras entre os sistemas de vedação drywall e alvenaria convencional - estudo de caso. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v.7, n.5, p. 48760-48775, maio 2021.

HONORATO, T.B. (2022). Elementos pré-fabricados e suas vantagens no cronograma físico-financeiro. Research, Society and Development, 11(1), e27811124650. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i1.24650>

HÜTTMEIR, Andreas et al. Trading off between heijunka and just-in-sequence. International journal of production economics, v. 118, n. 2, p. 501-507, 2009.

JORGE, L. P.; RAVACHE, R. L. Construção modular pré-fabricada, o futuro da arquitetura no brasil. Revista Connectionline n.24 - 2021, ISSN 1980-7341. <Disponível em: <https://www.periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/article/view/1633/1764>; Acesso em: agosto/2024>.

JUNQUEIRA, Luiz Eduardo Lollato et al. Aplicação da lean Construction para redução dos custos de produção da casa 1.0®. São Paulo, 2006.

KAMALI, M.; HEWAGE, K.; MILANI, A. S. S. Life cycle sustainability performance assessment framework for residential modular buildings: Aggregated sustainability indices. Building and Environment, v. 138, p. 21-41, 15 jun. 2018.

LABUTO, Leonardo Vinícius. Parede seca – Sistema construtivo de fechamento em estrutura de drywall. Monografia - Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Engenharia, Minas Gerais, 2014.

LAMOUNIER, Aline Marques; FARIA, Sabrina Maria de Jesus; PEREIRA, Wilson Expedito Almeida. Desenvolvimento de construções modulares através do sistema construtivo Light Steel Frame. 2021

LIMA, I. V.; NETO, G. A. N. B.; QUIXABA, G. S.; MELO, G. S. V.; MESQUITA, A. L. A. Melhoria de desempenho acústico de vedação interna de habitação de interesse social usando simulação numérica. Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído; Volume: 21; 2021; ISSN: 1678-8621. <Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212021000400564>; Acesso: agosto/2024>.

LIMA, J. S. Análise comparativa de paredes em drywall e alvenaria convencional. Revista Científica Multidisciplinar RECIMA21, 3(12), ISSN 2675-6218, 2022.

LOTURCO, B. (2023). Materiais plásticos dominam tubulações. Recuperado de <https://pt.scribd.com/document/639923088/MESTRADO-DE-Industrializacao-plastica>

MAIA, Maria Aridenise Maceno. A Prática do Just-in-time na Construção de Edifícios. Revista Tecnologia, v. 16, n. 1, 1995.

MARCONDES, Fábica Cristina Segatto. Sistemas logísticos reversos na indústria da construção civil-estudo da cadeia produtiva de chapas de gesso acartonado. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MARTINS, Cláudio; ROSA, Nuno; SANTOS, Paulo; SILVA, Luís Simões da. Edifícios com estrutura leve em aço enformado a frio (LSF): vantagens e desvantagens do sistema. In: XI Congresso de Construção Metálica e Mista, Coimbra, Portugal, 2017.

MARTINS, José Carlos. Produtividade e sustentabilidade são chaves para uma construção mais forte. AGÊNCIA CBIC, 03 abr. 2023. Artigo publicado no blog da FEICON. Disponível em: <https://cbic.org.br/produktividade-e-sustentabilidade-sao-chaves-para-uma-construcao-mais-forte/>. Acesso em: 24 out. 2024.

MAYOR, W. R. S.; GUIDUGLI, R. R. Sistema construtivo modular. UFMG - Especialização em Construção Civil, 2024. <Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/BUBD-9GBNKN>; Acesso em: agosto/2024>.

MELO, A. B. (2019). Construção Modular na Construção Civil Brasileira: Potencial e Desafios. Editora Técnica.

MENDONÇA, A. S. L., Yshii, Y., & Paletta, F. C. (2012). Construção modular em edifícios residenciais (CMER). In XII Safety, Health and Environment World Congress (SHEWC), July 22 - 25, 2012, São Paulo, Brazil (pp. 179-183).

MOMBACH, H. J. K. Desenvolvimento e aplicação de técnicas modulares: Estudo de caso e perspectivas sustentáveis da indústria da construção. Repositório UFSM – Engenharia Civil, 2024. <Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/31651>; Acesso em: agosto/2024>.

NAHB Research Center, Plastics Pipe Institute, Plastic Pipe and Fittings Association. (2006). Design Guide: Residential PEX Water Supply Plumbing Systems. Prepared by the NAHB Research Center, with support and research from the Partnership for Advancing Technology in Housing (PATH). Copyright © 2006 NAHB Research Center, Inc., Plastics Pipe Institute, Plastic Pipe and Fittings Association.

NUNES, Heloia Palma. Estudo da aplicação do drywall em edificação vertical. Trabalho de Conclusão de Curso - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento Acadêmico de Construção Civil, Campus Campo Mourão, 2015.

OLIVEIRA, Ana Beatriz de Figueiredo. Inserção de sistemas construtivos industrializados de ciclo aberto estruturados em aço no mercado da construção civil residencial brasileira. 2013.

OLIVEIRA, P. S. F. (2022). Construção modular: startup apresenta sistema construtivo inovador e jornada do cliente disruptiva para o mercado imobiliário. *Brazilian Journal of Development*, 8(1), 8305-8325. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n1-558>

OLIVEIRA, E. A.; FAGUNDES, F. Estudo comparativo entre construção modular e construção convencional. *Revista Multidisciplinar do Nordeste Mineiro*, v.07, 2024 - ISSN 2178-6925. <Disponível em: <https://revista.unipacto.com.br/index.php/multidisciplinar/article/view/2602>; Acesso em: agosto/2024>.

PAIXÃO, H.O., Pereira, I.N.A., & Pinheiro, E.C.N.M. (2021). Análise do processo elétrico industrializado de um edifício em Manaus. *Brazilian Journal of Development*, 7(12), 114172-114187. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n12-275>

PALETTA, Francisco Carlos. Construção modular em edifícios residenciais (CMER). XII Safety, Health and Environment World Congress, University of São Paulo, São Paulo, Brasil, 22-25 de julho de 2012.

PASTOR, R. Trisul. Paredes Modulares – Obra Side Barra Funda. In: 19º Seminário Tecnologia de Sistemas Prediais. SindusConSP, 2023. Disponível em: <https://sindusconsp.com.br/veja-as-apresentacoes-feitas-no-19o-seminario-tecnologia-de-sistemas-prediais/>. Acesso em: junho de 2024

PENAZZI, Maria Emilia. Desenvolvimento de sistema construtivo e estrutural modular em aço para edificações para fins didáticos. Tese - Universidade Federal de São Carlos, Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Estruturas e Construção Civil, 2015.

PIETROBON, Victor Emmanuel da Rocha; LADAGA, Francisco José Teixeira Coelho; PIETROBON, Cláudio Emanuel. Industrialização fechada: um breve comparativo entre banheiro convencional e pré-fabricado. 2000.

PIGOZZO, Bruno Nogueira; SERRA, Sheyla Mara Baptista; FERREIRA, Marcelo de Araújo. A industrialização na construção e o estudo de uma rede de empresas em obra de pré-fabricados em concreto armado. XII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil, 2005.

RIBEIRO, Marcellus Serejo; JÚNIOR, Camilo Michalka. A contribuição dos processos industriais de construção para adoção de novas tecnologias na construção civil no Brasil. *Revista Vértices*, v. 5, n. 3, p. 89-108, 2003.

ROMCY, S. e MARIA, N. Desenvolvimento de aplicativo em ambiente BIM, segundo princípios da Coordenação Modular. Scielo Brasil. *Artigos Ambiente. Construtivo*. Jun/2014. <Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212014000200003>; Acesso em: agosto/2024>.

RUPPENTHAL, Janis Elisa et al. Experiências sobre a implementação da filosofia lean em uma obra de condomínio horizontal de interesse social em Santa Maria – RS. *Espacios*, v. 36, n. 16, p. 4, 2015.

SANTOS, Fábio Moreira dos; Amaral, Diego Roger Borba. Métodos construtivos inovadores: Análise dos fatores que limitam ou incentivam a escolha. *Revista Tecnológica da Universidade Santa Úrsula*, 2022.

SECOVI-SP. Pesquisa do Mercado Imobiliário: Junho 2024. São Paulo: Secovi-SP, 2024. Disponível em: <https://secovi.com.br/wp-content/uploads/2024/07/202406-pmi.pdf>. Acesso em: Setembro 2024.

SENGER, E. W., Wajdowicz, C. C., Santos, A. P. L., & Lemos, R. (2018). Análise de custos para a construção de banheiros in loco: estudo de caso. *Revista Técnico-Científica do CREA-PR*, 10(1), 00-00. ISSN 2358-5420.

SILVEIRA, Alice de Almeida. Construção modular off-site no Brasil: desafios e revisão de custos. Projeto de Graduação (Engenharia Civil) - Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, outubro de 2021.

SMARTPODS. Smart Wall: integração industrializada das instalações elétricas e hidráulicas em paredes modulares. Disponível em: <https://www.smartpods.com.br/>. Acesso em: janeiro 2024.

STAIB, G.; DÖRRHÖFER, A.; ROSENTHAL, M. Components and Systems Modular Construction Design Structure New Technologies. München: Edition DETAIL – Institut für internationale Architektur-Dokumentation GmbH & Co. KG; Birkhäuser, Basel; Boston; Berlin, 2008.

SULMONETI, Roberto de Carvalho. Estudo de métodos construtivos industrializados. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, 2018.

TERRADOS-CEPEDA, F. J.; LIZANA, J. Advanced lightweight steel floor towards high sound insulation and fire resistance. *Journal of Constructional Steel Research*, Volume 169, June 2020, 106023.

TERIBELE, A. Arquitetura com Sistema Pré-Fabricado Modular Volumétrico: Modelo Generativo e Diretrizes de Fixação. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.

VIEIRA, André de Souza. Aplicação de kits pré-montados de instalações hidrossanitárias em obra de parede de concreto. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, 2019.

YONG, C. A.; MIRANDA, W. P.; PINHEIRO, E. C. N. M. O uso de divisórias em drywall como solução construtiva para uma obra comercial na cidade de Manaus - AM: estudo de caso. *Revista Brazilian Journal of Development* / 2022. Vol. 8 No. 5. ISSN: 2525-8761. <Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv8n5-616>; Acesso em agosto/2024>.