

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

MARCELY LUÍSA CONTE

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO
MODULAR TRIDIMENSIONAL DA FÁBRICA AO CANTEIRO DE UM
EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR NO MUNICÍPIO
DE FLORIANÓPOLIS**

FLORIANÓPOLIS, 2025.

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA
CATARINA – CÂMPUS FLORIANÓPOLIS
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

MARCELY LUÍSA CONTE

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO
MODULAR TRIDIMENSIONAL DA FÁBRICA AO CANTEIRO DE UM
EMPREENHIMENTO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR NO MUNICÍPIO
DE FLORIANÓPOLIS**

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

Orientadora:
Profa. Dra. Luciana da Rosa Espíndola

FLORIANÓPOLIS, 2025.

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Conte, Marceley Luísa

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO
MODULAR TRIDIMENSIONAL DA FÁBRICA AO CANTEIRO DE UM EMPREENDIMENTO
RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE FLORIANÓPOLIS**

/ Marceley Luísa Conte; orientação de

Luciana da Rosa Espíndola. - Florianópolis, SC, 2026.

175 p.

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

Inclui Referências.

1. Estudo de Caso. 2. Construção modular. 3. Módulo
tridimensional. 4. Industrialização. 5. Processo de
produção. I. Espíndola, Luciana da Rosa. II. Instituto
Federal de Santa Catarina. III. ESTUDO DE CASO: ANÁLISE
DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO MODULAR TRIDIMENSIONAL
DA FÁBRICA AO CANTEIRO DE UM EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL

**ESTUDO DE CASO: ANÁLISE DO PROCESSO DE CONSTRUÇÃO
MODULAR TRIDIMENSIONAL DA FÁBRICA AO CANTEIRO DE UM
EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL MULTIFAMILIAR NO MUNICÍPIO
DE FLORIANÓPOLIS**

MARCELY LUÍSA CONTE

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

Florianópolis, 15 de dezembro, 2025.

Banca Examinadora:

Profa. Luciana da Rosa Espíndola, Dra.

Profa. Andrea Murillo Betioli, Dra.
Instituto Federal de Santa Catarina

Prof. Sérgio Parizotto Filho, Mestre.
Instituto Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho à minha família, que sempre esteve comigo, mesmo à distância. Encontrei em vocês o apoio que me fez seguir em frente e a razão pela qual pude chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho marca mais do que o encerramento de uma etapa acadêmica: representa a soma de esforço, superação e crescimento pessoal ao longo de uma caminhada desafiadora e transformadora.

Agradeço primeiramente a Deus, pela força que sustentou meus dias e pela luz que guiou cada passo desta trajetória.

À minha mãe, Andréia, registro meu mais profundo agradecimento. Sua coragem, determinação e amor incondicional são os pilares que me formam e me fortalecem. À minha irmã, Driely, cuja postura, maturidade e dedicação admiro sem medida, e ao Mateus, por formarem um núcleo familiar que sempre me acolheu com carinho e segurança. Às minhas sobrinhas, Isabelly, Alice e Ísis, deixo um agradecimento carregado de amor: vocês iluminam meus dias, me lembram do que realmente importa e ocupam um espaço único no meu coração.

Aos meus avós maternos, Loeci e Arlindo, agradeço por representarem minhas raízes, meu lar e minhas memórias mais afetivos. Desde pequena, recebi cuidado, afeto e ensinamento — e levo comigo tudo o que aprendi ao lado de vocês.

À Leila, minha companheira de vida, manifesto minha gratidão pelo amor, pela paz e pelo apoio constante. Sua presença me deu força nos momentos mais difíceis e tornou esta jornada mais leve, mais bonita e muito mais possível.

À minha Biz Branca, por me conduzir com segurança em toda essa jornada.

Aos amigos que encontrei nesta nova cidade, e aos que seguem comigo desde outras fases da vida, agradeço pela convivência, pela parceria e por tornarem o caminho menos pesado e mais feliz.

Às empresas GND e VISIA, agradeço pela oportunidade e pela confiança.

Ao IFSC, pelas experiências que ampliaram minha visão e fortaleceram minha formação. À minha orientadora, professora Luciana, deixo registrado meu reconhecimento pela orientação atenta, pela competência e pelo cuidado durante todo o processo. Aos membros da banca, professores Andrea e Sérgio, agradeço pelas contribuições valiosas e pela dedicação na avaliação deste trabalho.

Por fim, agradeço a mim mesma — pela disciplina, pela persistência e pela coragem de continuar mesmo quando o caminho parecia difícil. Esta conquista é fruto de um esforço coletivo, construído por todas as pessoas que, de forma direta ou indireta, fizeram parte desta jornada.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma análise detalhada do processo de construção modular tridimensional aplicado em um empreendimento residencial multifamiliar localizado em Florianópolis/SC, buscando compreender como se articulam, na prática, as etapas de produção em fábrica, logística de transporte e execução em canteiro. O objetivo central consiste em caracterizar o percurso completo dos módulos 3D, desde sua fabricação até sua instalação final na obra, identificando práticas executivas, potencialidades e dificuldades percebidas pelos profissionais envolvidos. A pesquisa adota abordagem qualitativa, de natureza exploratório-descritiva, fundamentada em observações diretas realizadas na fábrica e no canteiro, análise de documentos técnicos e entrevistas com equipes das três frentes do processo — produção fabril, transporte e execução no canteiro. Inicialmente, o estudo descreve a organização da fábrica, a sequência produtiva dos subsistemas estruturais, os procedimentos de execução e inspeção empregados pela empresa responsável pelos módulos. Em seguida, são analisadas as etapas logísticas, incluindo o transporte de longa distância, o armazenamento intermediário e as operações de içamento e posicionamento dos módulos no canteiro. Na etapa executiva, são detalhados o recebimento das unidades, o alinhamento e fixação sobre a fundação, as conexões estruturais e de instalações, bem como os processos de fechamento e finalização. Constatou-se que, segundo as empresas estudadas, o sistema construtivo modular é associado à redução de prazos, maior previsibilidade e elevado controle de qualidade, aspectos decorrentes da padronização fabril e da simultaneidade entre produção e obra. Também, evidenciam desafios importantes, como a necessidade de elevada coordenação entre projeto, fábrica e canteiro, limitações logísticas relacionadas às dimensões dos módulos, dependência de mão de obra especializada e ajustes pontuais após a montagem. Conclui-se que a construção modular apresenta grande potencial para aprimorar a produtividade e a organização da construção civil brasileira, desde que apoiada por planejamento integrado e documentação técnica consistente, contribuindo para a difusão de práticas alinhadas à industrialização da construção no país.

Palavras-chave: Estudo de Caso. Construção modular. Módulo tridimensional. Industrialização. Processo de produção.

ABSTRACT

This work presents a detailed analysis of the three-dimensional modular construction process applied to a multifamily residential development located in Florianópolis, Santa Catarina, Brazil, aiming to understand how, in practice, the stages of factory production, transport logistics, and on-site execution are articulated. The main objective is to characterize the complete pathway of the 3D modules, from their manufacturing to their final installation on site, identifying executive practices, potentialities, and difficulties perceived by the professionals involved. The research adopts a qualitative approach of an exploratory-descriptive nature, based on direct observations carried out in the factory and on the construction site, analysis of technical documents, and interviews with teams from the three stages of the process — factory production, transportation, and on-site execution. Initially, the study describes the factory organization, the production sequence of the structural subsystems, and the execution and inspection procedures adopted by the company responsible for the modules. Subsequently, the logistical stages are analyzed, including long-distance transportation, intermediate storage, and the hoisting and positioning operations of the modules on site. In the execution stage, the receipt of the units, their alignment and fixation onto the foundation, the structural and building services connections, as well as the enclosure and finishing processes are detailed. It was found that, according to the companies studied, the modular construction system is associated with reduced construction timeframes, greater predictability, and a high level of quality control, resulting from factory standardization and the simultaneity between production and on-site activities. Significant challenges were also identified, such as the need for a high level of coordination among design, factory, and construction site, logistical constraints related to module dimensions, reliance on specialized labor, and specific adjustments required after assembly. It is concluded that modular construction presents great potential to enhance productivity and organization within the Brazilian construction industry, as long as it is supported by integrated planning and consistent technical documentation, contributing to the dissemination of practices aligned with the industrialization of construction in the country.

Keywords: Case study. Modular construction. Three-dimensional module. Industrialization. Production process.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura metálica do módulo 3D da empresa Visia	23
Figura 2 – Diagrama do processo construtivo com sistema modular <i>off-site</i> segundo Lins (2023)	26
Figura 3 – Edifício Level – construção modular de oito pavimentos em Santa Catarina.....	31
Figura 4 – Fluxo de trabalho da metodologia aplicada	32
Figura 5 – Ilustração gráfica do empreendimento Passeio do Mar	33
Figura 6 – Setorização dos blocos do empreendimento Passeio do Mar	34
Figura 7 – Estágio da obra Passeio do Mar no momento da pesquisa: (a) fachada do empreendimento; (b) vista superior do empreendimento	34
Figura 8 – Dimensões dos módulos do empreendimento Passeio do Mar	44
Figura 9 – Identificação dos elementos estruturais do módulo: a) estrutura externa do módulo; (b) subestruturas do módulo	45
Figura 10 – Representação dos perfis da estrutura do sistema de piso dos módulos	45
Figura 11 – Perfil transversal do sistema de piso: (a) corte; (b) perspectiva	46
Figura 12 – Projeto do reforço do perfil transversal do sistema de piso	46
Figura 13 – Execução do reforço do perfil transversal do sistema de piso.....	47
Figura 14 – Perfil longitudinal do sistema de piso: (a) corte; (b) perspectiva ...	47
Figura 15 – Projeto do reforço padrão das extremidades dos perfis longitudinais do sistema de piso.....	48
Figura 16 – Seção da viga I4” do sistema de piso.....	48
Figura 17 – Senóides: Conectores entre as vigas I4” e a malha de aço	48
Figura 18 – Projeto da malha de aço CA-50	49
Figura 19 – Subsistema de piso (estrutura metálica + laje de concreto)	50
Figura 20 – Representação esquemática do piso do módulo	50
Figura 21 – Perfil dos pilares do módulo: (a) corte; (b) perspectiva	51
Figura 22 – Componentes do sistema de cobertura	51
Figura 23 – Projeto perfil transversal do sistema de cobertura: (a) corte; (b) perspectiva	52
Figura 24 – Perfil longitudinal do sistema de piso: (a) corte; (b) perspectiva ...	52
Figura 25 – Projeto perfil UDC do sistema de cobertura: (a) corte; (b) perspectiva	53
Figura 26 – Representação esquemática da cobertura	53
Figura 27 – <i>Layout</i> da fábrica e organização dos setores produtivos.....	54

Figura 28 – Recepção (1) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)	55
Figura 29 – Almoxarifado (2a) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)	55
Figura 30 – Almoxarifado (2b) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)	56
Figura 31 – Serralheria (3) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)	56
Figura 32 – Central do concreto (4a) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)	57
Figura 33 – Produção do concreto destinado a concretagem dos pisos dos módulos: (a) Silos e dutos de alimentação dos materiais secos; (b) misturador industrial - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA).....	57
Figura 34 – Elementos concretados (4b) e controle de qualidade (4c) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)	57
Figura 35 – Setor de montagem (5) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)	58
Figura 36 – Acabamento dos módulos (8) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)	59
Figura 37 – Produção de elementos em GRC (6). Formas para moldagem: (a) placas; (b) painéis - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)	59
Figura 38 – Placas de GRC finalizadas e armazenadas	60
Figura 39 – Armazenamento temporário dos módulos finalizados	60
Figura 40 – Perfis longitudinais: (a) chapa de reforço; (b) soldagem da chapa de reforço no perfil longitudinal do piso	61
Figura 41 – Perfis transversais: (a) execução do reforço central; (b) execução do reforço de extremidade no perfil transversal de piso.....	61
Figura 42 – Locação e travamento dos perfis longitudinais no gabarito: (a) locação; (b) travamento.....	62
Figura 43 – Nivelamento dos perfis transversais	62
Figura 44 – Conferência das medidas: (a) sentido longitudinal e transversal; (b) encaixe dos perfis para solda definitiva.....	63
Figura 45 – Projeto do recorte e encaixe da viga I no perfil longitudinal	63
Figura 46 – Alças de movimentação nas vigas I4”	64
Figura 47 – Malha de aço CA-50.....	65
Figura 48 – Preparação das formas para recebimento da estrutura metálica do sistema de piso.....	65
Figura 49 – Estrutura metálica do sistema de piso posicionada na forma	66
Figura 50 – Travamento da estrutura	66
Figura 51 – Ensaio de <i>slump flow</i> : (a) preenchimento do cone; (b) levantamento do cone para o espalhamento; (c) diâmetro final de espalhamento obtido.....	67
Figura 52 – Concretagem do piso.....	67

Figura 53 – Nivelamento e planicidade do concreto na superfície do piso: (a) espalhamento inicial do concreto; (b) superfície nivelada e finalizada.....	68
Figura 54 – Corpos de prova	68
Figura 55 – Processo de saque da laje do sistema de piso: (a) gancho de fixação nas alças soldadas às vigas I4”; (b) saque do sistema de piso da forma; (c) empilhamento dos pisos em estoque	69
Figura 56 – Montagem do quadro estrutural: (a) encaixe e travamento dos perfis; (b) soldagem dos encaixes	70
Figura 57 – Conferência dimensional e marcação dos pontos de solda	70
Figura 58 – Soldagem definitiva dos perfis estruturais	71
Figura 59 – Montagem dos perfis UDC: (a) posicionamento; (b) nivelamento; (c) conferência dos perfis UDC	71
Figura 60 – Corte das placas de OSB para passagem dos pilares	72
Figura 61 – Fechamento interno da cobertura: (a) colocação das placas OSB; (b) estrutura pronta com a fixação da placa OSB	72
Figura 62 – Giro e posicionamento da cobertura para execução da face superior.....	73
Figura 63 – Aplicação da lã de vidro no sistema de cobertura	73
Figura 64 – Alças de içamento fixadas na estrutura da cobertura	74
Figura 65 – Processo de prumo e fixação dos pilares: (a) colocação do pilar no encontro dos perfis transversal e longitudinal; (b) dispositivo para auxílio de prumo; (c) fixação do pilar no prumo para posterior solda	74
Figura 66 – Posicionamento e fixação do pilar na estrutura do módulo.....	75
Figura 67 – Posicionamento do sistema de cobertura sobre os pilares	75
Figura 68 – Composição estrutural final do módulo	76
Figura 69 – Sistema de proteção com plástico <i>stretch</i> e lona para transporte de módulos	77
Figura 70 – Movimentação interna dos módulos com ponte rolante: (a) deslocamento do módulo pela ponte rolante; (b) módulo aguardando remoção para armazenamento	77
Figura 71 – Processo de armazenamento dos módulos finalizados: (a) movimentação e transporte dos módulos; (b) armazenamento final.....	78
Figura 72 – Fluxograma das etapas logísticas de transporte dos módulos	78
Figura 73 – Movimentação do armazenamento da VISIA para o caminhão que irá fazer deslocamento até o terreno: (a) elevação e alinhamento do módulo; (b) módulo fixado no caminhão para transporte	79
Figura 74 – Içamento dos módulos: (a) início do processo; (b) deslocamento em suspensão; (c) posicionamento final no terreno	80

Figura 75 – Sistema construtivo modular: identificação dos elementos construtivos (A–F)	81
Figura 76 – Apartamento modelo: identificação dos elementos de fechamento (A, B, D e E)	82
Figura 77 – Laje de cobertura: detalhe construtivo (A).....	82
Figura 78 – Laje entre unidades: detalhe construtivo (B).....	83
Figura 79 – Laje entre o subsolo e o primeiro pavimento: detalhe construtivo (C).....	85
Figura 80 – Parede externa: detalhe construtivo (D).....	86
Figura 81 – Paginação das placas na fachada da obra.....	87
Figura 82 – Fixação das placas de GRC por encaixe macho-fêmea e presilhas	88
Figura 83 – Instalação das cantoneiras metálicas	88
Figura 84 – Sequência de modulação das paredes externas: (a) modelo de montagem da estrutura; (b) fixação dos montantes da parede; (c) estrutura de armação da porta com guia	89
Figura 85 – Detalhamento técnico da parede externa conforme modulação estrutural: (a) vista frontal do painel com distribuição dos montantes; (b) vista isométrica com representação das guias e reforços; (c) tabela de identificação dos elementos estruturais do painel	90
Figura 86 – Paredes internas: detalhe construtivo (E).....	91
Figura 87 – Parede entre unidades: detalhe construtivo (F)	92
Figura 88 – Fluxograma do processo de execução, desde a preparação do terreno até a finalização dos módulos	94
Figura 89 – Etapa 1: Terreno e preparação da área de implantação	95
Figura 90 – Etapa 2: Execução das fundações.....	95
Figura 91 – Etapa 3: Posicionamento e montagem dos módulos estruturais ...	96
Figura 92 – Etapa 4: Obra concluída com fechamentos e acabamentos externos	96
Figura 93 – Preparação e nivelamento do terreno	97
Figura 94 – Vista geral das fundações da edificação: caixaria	98
Figura 95 – Vista geral das fundações da edificação: (a) concretagem; (b) nivelamento	98
Figura 96 – Vista geral das fundações da edificação: desforma	99
Figura 97 – Recebimento dos módulos no canteiro: (a) movimentação dos módulos; (b) posicionamento dos módulos no canteiro de obras	100
Figura 98 – Instalação dos módulos na estrutura: (a) posicionamento inicial; (b) e (c) montagem dos módulos no primeiro pavimento	101

Figura 99 – Sequência de montagem do primeiro e do segundo pavimento...	102
Figura 100 – Integração dos módulos entre si: (a) preenchimento da junta superior com solda; (b) preenchimento com espuma expansiva.	103
Figura 101 – Aplicação da manta aluminizada autoadesiva.....	103
Figura 102 – Estrutura metálica instalada sobre a manta como suporte do fechamento.....	104
Figura 103 – Fixação do painel de OSB para resistência mecânica e suporte de acabamento.....	104
Figura 104 – Camada final de TPO completando o fechamento do forro externo.....	105
Figura 105 – Vedação das extremidades externas com silicone.....	106
Figura 106 – Processo de solda interna do módulo.....	106
Figura 107 – Tratamento das juntas entre módulos: (a) pintura da solda; (b) junta finalizada após pintura; (c) aplicação de espuma expansiva para vedação; (d) junta finalizada com a espuma após secagem	107
Figura 108 – Procedimento nas juntas de piso entre módulos: (a) aplicação do selante mastique; (b) aplicação do graute.....	108
Figura 109 – Sequência de montagem da estrutura das paredes externas: (a) fixação das guias; (b) colocação dos montantes; (c) montagem das paredes; (d) estrutura finalizada.....	109
Figura 110 – Aplicação da placa OSB nas paredes externas do módulo: (a) instalação das placas OSB; (b) finalização da primeira camada externa com OSB.....	109
Figura 111 – Aplicação da membrana nas paredes externas do módulo.....	110
Figura 112 – Aplicação da placa cimentícia nas paredes externas do módulo: (a) vista aproximada; (b) vista geral.....	110
Figura 113 – Tratamento das juntas entre placas em fachada externa.....	111
Figura 114 – Placas de GRC armazenadas.....	112
Figura 115 – Primeira etapa de instalação dos painéis GRC: (a) marcação dos pontos de fixação utilizando uma presilha sobre a placa cimentícia; (b) realização da marcação final com o uso da parafusadeira.....	112
Figura 116 – Segunda etapa de instalação dos painéis GRC: (a) aplicação de selante PU nos pontos marcados para vedação; (b) fixação das presilhas de inox na placa cimentícia, são fixadas 4 presilhas por placa.....	112
Figura 117 – Terceira etapa de instalação dos painéis GRC: (a) aplicação de PU no verso da placa GRC antes do encaixe; (b) instalação da placa seguinte com encaixe macho-fêmea e travamento nos clips.....	113
Figura 118 – Fachada completa com acabamento de GRC nas paredes externas do módulo.....	113

Figura 119 – Detalhamento das camadas do fechamento externo do módulo	114
Figura 120 – Aplicação da chapa ST na primeira etapa do forro: (a) início da aplicação; (b) aplicação finalizada	115
Figura 121 – Aplicação de selante corta-fogo nas juntas de placas ST: (a) início da aplicação; (b) aplicação finalizada	116
Figura 122 – Fixação da chapa RF sobre a camada base do forro	116
Figura 123 – Tratamento das juntas das chapas de gesso RF	117
Figura 124 – Aplicação de pintura intumescente no forro	117
Figura 125 – Execução do forro complementar: (a) marcação com laser nas extremidades; (b) fixação da estrutura metálica com perfis F530	118
Figura 126 – Plaqueamento e tratamento das juntas das placas ST no forro do módulo	118
Figura 127 – Marcação das paredes internas	119
Figura 128 – Estrutura metálica das paredes internas	119
Figura 129 – Primeiro chapeamento com placa OSB	120
Figura 130 – Primeiro chapeamento com placa OSB nas paredes da sacada	120
Figura 131 – Instalações elétricas: (a) inserção de eletrodutos no forro; (b) inserção de tomadas nas paredes	121
Figura 132 – Processo de instalação dos ralos: (a) furação no piso do módulo; (b) inserção das tubulações; (c) inserção de espuma expansiva para os vazios; (d) chumbamento das tubulações	122
Figura 133 – Tubulações hidrossanitárias: (a) quadro manifold; (b) distribuição dos ramais	123
Figura 134 – Instalação hidráulica no shaft do banheiro	123
Figura 135 – Instalação de gás: (a) tubulação do gás sendo instalada pelo piso; (b) gás fixado e finalizado no piso; (c) gás fixado e finalizado na parede interna	124
Figura 136 – Instalações do sistema de ar-condicionado: (a) ar-condicionado instalado na suíte; (b) ar-condicionado instalado no quarto	124
Figura 137 – Estruturação dos shafts	125
Figura 138 – Aplicação de lã de vidro nas paredes internas: (a) e (b) inserção de lã de vidro na sala; (c), (d) e (e) inserção de lã de vidro na suíte e quartos	126
Figura 139 – Aplicação da segunda camada de OSB	126
Figura 140 – Fechamento final com placas ST	127
Figura 141 – Fechamento final com placas RU em áreas molhadas: (a) cozinha e área de serviço; (b) banheiros	127
Figura 142 – Tratamento das juntas das placas ST e RU	128

Figura 143 – Execução da impermeabilização nas áreas molhadas com emulsão acrílica aplicada a frio, à base de cimento (MAI): (a) cozinha; (b) e (c) banheiros.....	129
Figura 144 – Aplicação do sistema de impermeabilização nas sacadas: (a) primer; (b) manta asfáltica tipo PP aplicada a quente; (c) proteção mecânica.....	130
Figura 145 – Execução do barroteamento: (a) inserção dos ripados de madeira; (b) regularização da sacada	131
Figura 146 – Instalação da estrutura metálica e posicionamento da churrasqueira pré-moldada.....	131
Figura 147 – Fechamento da churrasqueira com placas <i>drywall</i> : (a) inserção da placa OSB; (b) inserção da placa RF e utilização de selante corta-fogo	132
Figura 148 – Execução do deck e forro ripado na sacada.....	133
Figura 149 – Instalação do granito e dos acabamentos refratários da churrasqueira	133
Figura 150 – Primeira etapa: aplicação do fundo preparador	134
Figura 151 – Segunda etapa: emassamento das paredes	134
Figura 152 – Terceira etapa: pintura final dos forros e paredes	135
Figura 153 – Instalação das esquadrias de alumínio: (a) janelas; (b) porta janelas.....	135
Figura 154 – Aplicação de manta acústica.....	136
Figura 155 – Aplicação de revestimentos cerâmicos nos pisos: (a) inserção e colagem dos revestimentos; (b) sala finalizada com os revestimentos.....	137
Figura 156 – Aplicação de revestimentos cerâmicos nas paredes.....	137
Figura 157 – Aplicação de rejunte nos revestimentos cerâmicos: (a) piso; (b) parede	138
Figura 158 – Instalação do piso de madeira nos quartos: (a) primeira etapa de colagem das régua de madeira; (b) ambiente finalizado.....	138
Figura 159 – Montagem das portas internas e instalação dos rodapés	139
Figura 160 – Instalação da porta de entrada: (a) lado interno; (b) lado externo (hall de acesso)	139
Figura 161 – Instalação dos metais: (a) acabamento monocomando; (b) kit bacia com caixa acoplada	140
Figura 162 – Instalação do guarda-corpo em alumínio: (a) instalação dos guarda-corpos da sacada frontal; (b) instalação dos guarda-corpos da sacada posterior	140
Figura 163 – Vista geral da obra	141

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Constituição de sistemas construtivos modulares	24
Quadro 2 – Classificação dos níveis de industrialização na construção	25
Quadro 3 – Etapas do processo de construção modular segundo Baú (2021)	28
Quadro 4 – Organização e Execução da Produção Modular em Fábrica	36
Quadro 5 – Logística e Transporte dos módulos	38
Quadro 6 – Execução modular no canteiro de obras	39
Quadro 7 – Análise dos potenciais e desafios na fábrica, logística e canteiro de obras	41
Quadro 8 – Traço CAD padrão para laje do sistema de piso	50
Quadro 9 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo A	83
Quadro 10 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo B	84
Quadro 11 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo C	85
Quadro 12 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo D	86
Quadro 13 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo E	91
Quadro 14 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo F	93
Quadro 15 – Camadas do Sistema de Fechamento Externo	114
Quadro 16 – Comparativo geral entre percepções dos entrevistados	147

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABC	Aliança Brasileira da Construção Modular
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AET	Autorização Especial de Trânsito
CA-50	Aço com resistência característica de 500 MPa
CAD	Concreto de Alto Desempenho
CBCA	Centro Brasileiro da Construção em Aço
CIGAM	Sistema Integrado de Gestão Empresarial (<i>software</i>)
CPV-ARI	Cimento Portland de Alta Resistência Inicial
GRC	<i>Glass Fiber Reinforced Concrete</i>
LP	<i>Louisiana Pacific</i>
MPa	Megapascal
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
OSB	<i>Oriented Strand Board</i>
PEX	<i>Cross-linked Polyethylen</i>
PU	Poliuretano
RF	Resistente ao Fogo
RS	Rio Grande do Sul
RU	Resistente à umidade
ST	<i>Standard</i>
TPO	<i>Thermoplastic Polyolefin</i>
UDC	<i>Decking Channel</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	20
1.1	Justificativa	21
1.2	Definição do Problema	22
1.3	Objetivo Geral.....	22
1.4	Objetivos Específicos	22
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	23
2.1	Construção Modular Tridimensional.....	23
2.2	Nível de industrialização dos sistemas construtivos modulares	25
2.3	Processo de produção da construção modular 3D: da fábrica ao canteiro	25
2.4	Aspectos positivos das construções modulares	28
2.5	Desafios das construções modulares.....	29
2.6	Panorama da construção modular no Brasil e em Santa Catarina.....	30
3	METODOLOGIA	32
3.1	Estudo de caso – Residencial Passeio do Mar.....	33
3.2	Atividades da pesquisa	35
4	RESULTADOS	44
4.1	Módulo tridimensional do empreendimento residencial Passeio do Mar	44
4.1.1	Dimensões dos módulos tridimensionais	44
4.1.2	Subsistema de piso.....	45
4.1.3	Pilares	51
4.1.4	Subsistema de cobertura	51
4.2	Produção dos módulos 3D em fábrica	54
4.2.1	Estrutura fabril e organização produtiva.....	54
4.2.2	Processo produtivo dos módulos para o Passeio do Mar	60
4.2.2.1	<i>Piso</i>	61
4.2.2.2	<i>Cobertura</i>	69
4.2.2.3	<i>Montagem do piso, pilares e cobertura</i>	74
4.2.2.4	<i>Movimentação e armazenamento interno dos módulos na fábrica</i>	77
4.3	Logística e transporte dos módulos	78
4.3.1	Transporte da fábrica ao terreno de armazenamento intermediário	79
4.3.2	Armazenamento temporário.....	79
4.3.3	Transporte do armazenamento temporário ao canteiro de obras	80
4.4	Execução dos Módulos no Canteiro de Obras	80
4.4.1	Sistema construtivo Modular do Passeio do Mar	81
4.4.2	Execução do empreendimento Passeio do Mar.....	93
4.4.2.1	<i>Etapas de Execução no Canteiro de Obras</i>	93
4.4.2.2	<i>Serviços preliminares</i>	96
4.4.2.3	<i>Recebimento, Instalação e Fixação dos Módulos</i>	99
4.4.2.4	<i>Vedações, Instalações e Acabamentos Finais</i>	108
4.5	Análise dos potenciais e desafios da implementação do sistema modular	141
4.5.1	Fábrica	142
4.5.2	Logística e transporte.....	143
4.5.3	Canteiro de obras.....	144

4.5.4	Vivência e experiência da autora no sistema construtivo modular	146
4.6	Análise e discussão dos resultados	147
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	150
5.1	Sugestões para trabalhos futuros	150
	REFERÊNCIAS	152
	ANEXOS	157
	ANEXO A – Planta arquitetônica do Apartamento Modelo	158
	ANEXO B – Nomenclatura e disposição dos módulos	159
	ANEXO C – Modulação estrutural das paredes internas do módulo	160
	ANEXO D – Projeto de elétrica	161
	ANEXO E – Projeto de telecomunicação	162
	ANEXO F – Projeto hidráulico	163
	ANEXO G – Projeto sanitário	164
	ANEXO H – Projeto de infraestrutura do gás	165
	ANEXO I – Projeto de climatização	166
	ANEXO J – Projeto de impermeabilização	167
	ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo	168
	ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)	169
	ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)	170
	ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)	171
	ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)	172
	ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)	173
	ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)	174
	ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Conclusão)	175

1 INTRODUÇÃO

A indústria da construção civil enfrenta limitações associadas aos métodos construtivos convencionais, como baixa produtividade, elevado desperdício e escassez de mão de obra qualificada. No contexto brasileiro, esses desafios se refletem na dificuldade de controle de prazos, custos e qualidade das obras (Campos, 2024). Nesse cenário, os sistemas construtivos industrializados surgem como uma alternativa para racionalizar a produção e aumentar a previsibilidade do processo construtivo (Enredes, 2023).

A construção modular tridimensional (3D) é definida como um sistema industrializado baseado na produção de módulos volumétricos em ambiente controlado, os quais são posteriormente transportados e montados no local da obra (Guimarães; Santos, 2022). Esses módulos são projetados com elevado grau de padronização, integrando elementos estruturais, instalações e acabamentos, o que permite um processo construtivo mais eficiente e organizado (Freitas, 2014).

Esse sistema permite a execução simultânea entre fábrica e canteiro, reduzindo a duração do cronograma total da obra (Schiehl; Lockstein, 2022). Além da rapidez na execução, a construção modular oferece benefícios como redução de resíduos, maior controle de qualidade e minimização de impactos no entorno da obra (Smith, 2010). Outro diferencial é a flexibilidade do sistema, que possibilita a combinação de módulos, adaptando-se a diferentes soluções arquitetônicas e escalas de empreendimento (Lawson *et al.*, 2005).

No Brasil, embora existam iniciativas recentes, o setor da construção civil ainda enfrenta restrições significativas para a adoção em larga escala de práticas industrializadas (Monteiro; Paliari, 2024, Campos, 2024). Barreiras culturais e técnicas dificultam a mudança de paradigma no processo produtivo (Carvalho, 2020). A escassez de mão de obra qualificada e os altos custos iniciais associados ao desenvolvimento industrializado também impactam a disseminação da construção modular no país (Silveira, 2021). A falta de regulamentação, as desvantagens fiscais, a dificuldade em obter financiamento e a ausência de incentivos governamentais no setor também são barreiras significativas apontadas (Silveira, 2023).

Para ampliar o entendimento sobre a construção modular, este trabalho apresenta uma análise de um estudo de caso de um edifício residencial multifamiliar situado em Florianópolis, Santa Catarina. Esta pesquisa descreve em detalhes o sistema construtivo modular utilizado e as etapas de produção desde a fábrica até o canteiro de obras. Além disso, são expostos os principais desafios enfrentados e as potencialidades identificadas ao longo do processo.

1.1 Justificativa

Desde os anos 2000, observa-se um crescimento gradual das construções modulares 3D no Brasil (Horta, 2021, Fernandes, 2022). Esse avanço está diretamente relacionado à busca por sistemas industrializados capazes de mitigar limitações dos métodos construtivos convencionais, especialmente diante da crescente escassez e do aumento dos custos da mão de obra, bem como das dificuldades de controle de prazo, custo e qualidade nas obras (Senário, 2022).

Entretanto, observa-se uma carência de pesquisas que documentem de forma detalhada e categorizada os processos produtivos das construções modulares, desde a fábrica até o canteiro. Dentre os poucos trabalhos com este foco, destaca-se o elaborado por Baú (2021) que descreve o processo executivo modular de três empresas brasileiras.

Tais análises devem ocorrer periodicamente, pois a descrição atualizada dos sistemas e das práticas construtivas podem embasar tomadas de decisões para melhorias e novas possibilidades do setor. Reforça-se que a consolidação da construção modular depende não apenas da tecnologia, mas também da troca de experiências reais que impulsionem a inovação (Smith, 2010).

Diante desse contexto, este trabalho selecionou o Residencial Passeio do Mar, situado em Florianópolis, como estudo de caso, por se tratar de um empreendimento pioneiro na adoção da construção modular 3D multifamiliar e multipavimentos no Brasil. Esse empreendimento foi produzido por empresas já consolidadas no setor nacional de construção modular, o que reforça sua relevância para a análise. Também, a autora teve a oportunidade de acompanhar presencialmente a execução da obra durante seu período de estágio no canteiro, o que permitiu uma observação detalhada de todo o processo.

1.2 Definição do Problema

Como ocorreu o processo de construção modular tridimensional, desde a fabricação dos módulos até a montagem no canteiro de obras, em um empreendimento residencial multifamiliar de alto padrão localizado em Florianópolis, Santa Catarina?

1.3 Objetivo Geral

Analisar o processo de construção modular 3D de um residencial multifamiliar no município de Florianópolis, incluindo as fases de produção fabril, transporte e montagem e execução em canteiro de obra.

1.4 Objetivos Específicos

Para atingir o objetivo geral desta pesquisa, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

- a) caracterizar o processo de produção em ambiente fabril dos módulos 3D desenvolvidos para o estudo de caso;
- b) apresentar a logística e o transporte dos módulos 3D desde a fábrica até o canteiro;
- c) caracterizar as atividades executivas no canteiro de obras, detalhando o recebimento dos módulos 3D, sua implantação, montagem, conexões e acabamentos;
- d) identificar percepções profissionais positivas e negativas sobre o processo desta produção modular.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta revisão abrange conceitos sobre a constituição da construção modular tridimensional, seus principais métodos de produção e pontos positivos e negativos levantados por referências.

2.1 Construção Modular Tridimensional

Na construção modular, o módulo é a unidade elementar e padronizada que compõe o sistema construtivo. Essa unidade é projetada com parâmetros técnicos e geométricos bem definidos, permitindo sua fabricação em ambiente industrializado e posterior movimentação, instalação e finalização no canteiro de obras (Bastos, 2015, Freitas, 2014, Guimarães; Santos, 2022).

Conforme Lawson, Ogden e Goodier (2014), os módulos podem ser tridimensionais, também chamados de volumétricos, e são compostos por diversos sistemas integrados, como estrutura, instalações prediais e acabamentos. A organização interna desses elementos é orientada por uma lógica sistêmica, que favorece o projeto, a produção e a montagem.

A Figura 1 ilustra a estrutura metálica de um módulo 3D utilizado pela empresa brasileira Visia, que fundamenta o estudo de caso deste trabalho. Segundo a Visia (2023), essa estrutura representa a base inicial do módulo, a qual, posteriormente, recebe componentes de fechamentos e instalações para completar o sistema modular.

Figura 1 – Estrutura metálica do módulo 3D da empresa Visia



Fonte: Visia (2024).

Os módulos devem ser concebidos de forma a assegurar plena compatibilidade entre si, tanto do ponto de vista físico quanto técnico. Isso envolve o alinhamento entre sistemas estruturais, instalações elétricas e hidráulicas, bem como acabamentos e interfaces de conexão. Essa integração é fundamental para que o conjunto de módulos opere como um sistema coeso e funcional. Assim, o módulo deixa de ser apenas um elemento isolado e passa a desempenhar papel estratégico na construção de edificações eficientes, escaláveis e alinhadas aos princípios da industrialização e sustentabilidade (Bastos, 2015).

Segundo Gibb (1999, *apud* Baú, 2021) a estrutura organizacional de sistemas construtivos modulares compreende seis categorias de componentes principais: subestrutura, estrutura, envelope, serviços, trabalho interno e *facilities* (Quadro 1).

Quadro 1 – Constituição de sistemas construtivos modulares

COMPONENTE	DESCRIÇÃO
Subestrutura	Compreende as fundações e demais atividades executadas abaixo do nível do solo.
Estrutura	Refere-se ao sistema estrutural principal que sustenta a edificação.
Envelope	Inclui as paredes externas e a cobertura, responsáveis por formar o contorno externo do edifício.
Serviços	Abrange os sistemas elétricos, hidráulicos, mecânicos e demais instalações técnicas do edifício.
Trabalho interno	Engloba elementos como divisórias internas, forros, pisos e acabamentos.
<i>Facilities</i>	Conjunto de espaços e equipamentos disponibilizados para uso direto dos ocupantes, como sanitários, cozinhas, elevadores e salas técnicas.

Fonte: Adaptado de Gibb (1999, *apud* Baú, 2021).

Essa lógica é compatível com a abordagem modular apresentada por Richard (2017), ao demonstrar que os elementos construtivos industrializados podem ser diretamente associados a esses componentes. Segundo o autor, os painéis estruturais e de vedação integram os sistemas de estrutura, envelope e trabalho interno; as instalações elétricas e hidráulicas previamente embutidas correspondem

aos serviços; e os ambientes completos, como banheiros e cozinhas, representam as *facilities*, que podem ser parcialmente ou totalmente finalizadas ainda na fábrica.

2.2 Nível de industrialização dos sistemas construtivos modulares

Os sistemas industrializados podem ser categorizados de acordo com o nível de pré-fabricação de seus elementos e componentes. O Quadro 2 apresenta uma classificação de industrialização em quatro níveis, adaptada por Bastos (2015) com base em Lawson *et al.* (2014).

Quadro 2 – Classificação dos níveis de industrialização na construção

NÍVEL	COMPONENTES	DESCRIÇÃO DA TECNOLOGIA
0	Materiais	Materiais básicos de construção de uso intensivo in loco, como concreto armado e alvenarias.
1	Componentes	Elementos pré-fabricados, usados como parte da construção in loco, como treliças ou pilares de concreto pré-fabricadas.
2	Sistemas Estruturais Planos	Combinação de componentes (nível 1) em 2 dimensões: sistemas estruturais planos, como frames ou painéis.
3	Sistemas Volumétricos	Unidades totalmente modular, com alto grau de pré-fabricação, resultantes da combinação entre componentes e sistemas planos, gerando os módulos ou criando partes maiores das edificações.
4	Sistemas construtivos completos	Edificação feita inteiramente de forma modular e pré-fabricada.

Fonte: Lawson *et al.* (2014) adaptado por Bastos (2015).

Conforme esta classificação, a construção modular 3D, em geral, se enquadra no nível 3, caracterizado por sistemas volumétricos que combinam componentes e elementos planos em fábrica formando grandes partes da edificação, que podem ser finalizadas no canteiro, ou no nível 4, com um sistema construtivo modular completo e finalizado em fábrica.

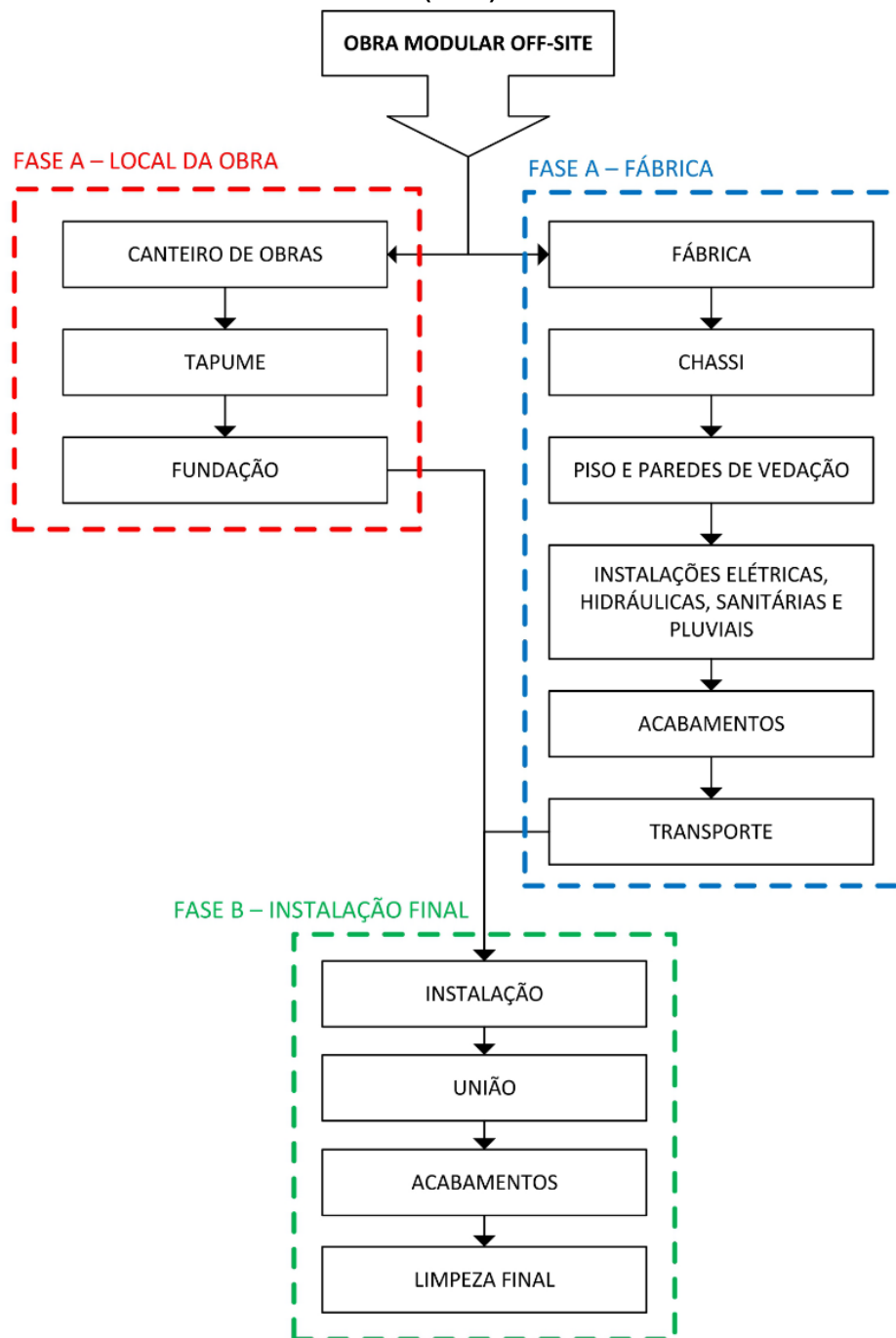
2.3 Processo de produção da construção modular 3D: da fábrica ao canteiro

Conforme o nível de pré-fabricação adotado, a construção modular 3D permite diferentes estratégias de produção. A lógica da construção *off-site* (fora do canteiro), conforme destacado por Goodier e Gibb (2007), combina a fabricação

industrializada de componentes com a montagem modular. Sua eficiência está diretamente relacionada à integração entre as etapas de projeto, produção e instalação, garantindo elevado desempenho, qualidade e produtividade no processo.

Lins (2023) apresenta o processo produtivo da construção modular dividindo-o em duas fases principais: Fase A e Fase B, como apresenta a Figura 2.

Figura 2 – Diagrama do processo construtivo com sistema modular *off-site* segundo Lins (2023)



Fonte: Lins (2023).

A Fase A compreende atividades realizadas em paralelo na fábrica e no local da obra. Na fábrica, ocorre a produção dos módulos, com a montagem do chassi (estrutura metálica) e execução do piso e das paredes de vedação. Dependendo do nível de industrialização adotado, essa etapa pode contemplar a execução das instalações elétricas, hidráulicas e sanitárias, além de alguns acabamentos. No entanto, observa-se que, em determinados casos, parte dessas instalações e dos acabamentos pode ser finalizada diretamente no canteiro, após a instalação dos módulos (Lins, 2023).

Simultaneamente, no local da obra, são executados serviços preliminares, como a implantação do canteiro, instalação de tapumes, execução das fundações e da infraestrutura necessária para a posterior instalação dos módulos (Lins, 2023).

No final da Fase A, ocorre o transporte dos módulos até o local da obra (Lins, 2023). De acordo com Smith (2010), essa etapa demanda um rigoroso planejamento logístico, considerando fatores como as dimensões dos módulos, as condições das vias, a necessidade de escolta para cargas especiais e a definição das rotas. Goodier e Gibb (2007) reforçam que a eficiência no transporte exerce influência direta sobre a viabilidade econômica e sobre o cronograma do empreendimento, uma vez que eventuais atrasos ou avarias podem comprometer a qualidade final da edificação. Para mitigar esses riscos, são adotadas estratégias, como reforços estruturais temporários, proteção contra intempéries e sistemas de amarração.

A Fase B, Instalação Final, inicia com a chegada dos módulos no canteiro, onde são posicionados sobre as fundações, unidos e ajustados conforme as conexões elétricas, hidráulicas e estruturais (Lins, 2023). Na sequência, são executados os acabamentos nas junções e, por fim, procede-se à limpeza final da edificação. Goodier e Gibb (2007) ressaltam que, além da limpeza, devem ser realizados inspeções e testes finais que asseguram o pleno funcionamento da edificação antes da entrega.

Detalhando os métodos de produção da construção modular no contexto brasileiro, Baú (2021) apresenta as principais etapas observadas em três empresas, desde o projeto até a instalação final, conforme apresentado no Quadro 3.

Quadro 3 – Etapas do processo de construção modular segundo Baú (2021)

ETAPAS	DESCRIÇÃO
Projeto	Essa etapa é reservada à análise de viabilidade da construção modular e à elaboração dos projetos arquitetônicos e civis.
Permissões	Depois de elaborados os projetos, são requisitadas as permissões para a construção, como: ART; alvará de construção; ligação de água e luz, etc. Após a produção, também são solicitadas as permissões para transporte.
Plano e agendamento de atividades	Nessa etapa é feito o planejamento da construção modular, tanto da obra civil no canteiro quanto da produção dos módulos.
Desenvolvimento de engenharia	Se refere ao desenvolvimento de soluções construtivas, em termos de produto e processo, para adaptação e melhoria do sistema construtivo modular.
Produção de módulos	Etapa reservada à produção dos módulos em ambiente fabril.
Instalações preliminares de canteiro de obras	Enquanto os módulos são produzidos em fábrica, o canteiro é preparado para execução de atividades corriqueiras do canteiro de obras, como é o caso dos serviços preliminares.
Fundações	Execução da fundação dos módulos.
Gerenciamento de entrega	Etapa reservada ao planejamento da entrega de módulos. Por alguns dos itens serem volumétricos, ocupando grande espaço do canteiro de obras, precisam chegar na obra em ordem de montagem.
Transporte	Transporte dos módulos produzidos, da fábrica para o canteiro. Pode ser rodoviário e feito por caminhões adequados ou hidroviário.
Içamento	A etapa de içamento é responsável pela retirada dos módulos dos caminhões e posicionamento no canteiro de obras, através do uso de guindastes e caminhões <i>munck</i> .
Montagem	A montagem envolve as atividades de fixação dos módulos com a fundação e também entre módulos.
Instalação	Corresponde às atividades de conexão das instalações (elétricas, hidrossanitárias, etc.) dos módulos entre si e com outros elementos do canteiro de obras, além de atividades de finalização não executadas em fábrica, como vedações e acabamentos finais.

Fonte: Adaptado de Baú (2021).

Por fim, conforme destacado por Goodier e Gibb (2007), a eficiência da construção *off-site* (fora do canteiro) está diretamente relacionada à integração entre as etapas de projeto, produção e instalação, garantindo elevado desempenho, qualidade e produtividade no processo construtivo.

2.4 Aspectos positivos das construções modulares

Conforme observado anteriormente, um dos principais diferenciais do sistema modular é a possibilidade de realizar a fabricação dos componentes em

fábrica enquanto as etapas iniciais da obra, como escavação e fundação, avançam no canteiro. Essa estratégia reduz o tempo total do projeto ao permitir que diferentes frentes trabalhem de forma coordenada. Segundo Smith (2010), essa execução integrada acelera significativamente o cronograma, além de aumentar a previsibilidade e a eficiência no planejamento.

Na fábrica, os módulos são produzidos em ambiente controlado e sem interferências climáticas, por meio de processos industriais padronizados que possibilitam melhores níveis de qualidade, precisão, eficiência e maior previsibilidade dos custos. O ambiente fabril também pode propiciar uma linha de produção com etapas simultâneas, otimizando o tempo de produção (Smith, 2010, Freitas, 2014, Silveira, 2021, Guimarães; Santos, 2022).

Além da agilidade, o sistema oferece ganhos relevantes em sustentabilidade. A produção em ambiente fabril permite o uso racional de materiais e reduz significativamente os desperdícios, contribuindo também para a diminuição de resíduos, poluição sonora e degradação do solo nos entornos da obra (Smith, 2010). Esse controle ambiental, aliado à padronização e ao rigor dos processos produtivos, favorece o desempenho energético das edificações e torna o sistema modular uma alternativa mais sustentável (Bertram *et al.*, 2019).

2.5 Desafios das construções modulares

Embora a construção modular se destaque pela agilidade e eficiência, sua adoção exige uma análise cuidadosa e detalhada antes da implementação. O desempenho das construções modulares está diretamente associado à necessidade de decisões projetuais antecipadas e à elevada coordenação entre os agentes envolvidos. A correta articulação entre as fases de projeto, fabricação e montagem assegura que os módulos sejam entregues com precisão e qualidade ao local definitivo, contribuindo para a confiabilidade do sistema e o bom desempenho do empreendimento (Smith, 2010).

A produção dos módulos fora do canteiro também impõe requisitos específicos para garantir a viabilidade de todo o processo — desde a fabricação até a montagem no local da obra. Por exemplo, o tamanho das unidades modulares deve ser compatível com as dimensões permitidas pela fábrica, as limitações do transporte

rodoviário e as condições do terreno onde será realizada a instalação. Portanto, o sucesso do método depende da adequada integração entre esses aspectos logísticos e operacionais (Balaguer *et al.*, 2002).

Outro desafio para viabilizar a construção modular são os elevados investimentos e esforços iniciais, como o acompanhamento detalhado do desempenho dos materiais inovadores ao longo do tempo, o que pode dificultar sua viabilidade em projetos com orçamentos limitados ou sem escala suficiente para diluir os custos fixos fabris e logísticos (Kamali; Hewage, 2016, Jiang *et al.*, 2018).

2.6 Panorama da construção modular no Brasil e em Santa Catarina

Para consolidar estratégias para o setor, em 2019, foi iniciada a Aliança Brasileira para a Construção Modular (ABC Modular), que reúne 39 empresas, incluindo fábricas, fornecedores, projetistas e clientes. A ABC Modular trabalha em rede com universidades brasileiras e internacionais, sendo apoiada por um conselho formado por especialistas na área. Além disso, a Aliança mantém parcerias com o Consejo de Construcción Industrializada (CCI), do Chile, e com o Modular Building Institute (MBI), dos Estados Unidos, fortalecendo o intercâmbio de conhecimento e práticas inovadoras no campo da construção modular (ABC Modular, 2024).

Mesmo diante de seu potencial, a adoção da construção modular ainda é restringida por entraves significativos no país. Conforme a ABC Modular (2024), a construção brasileira apresenta índices de produtividade muito inferiores ao padrão internacional e convive com entraves como a tributação desfavorável, a falta de políticas públicas específicas e a formação profissional ainda voltada a métodos tradicionais. A superação desses desafios demanda transformação tecnológica, integração da cadeia produtiva e estímulo à inovação.

Ainda assim, o país já conta com experiências bem-sucedidas que ilustram os benefícios dessa abordagem. Segundo Horta (2021), em 2020, foram mapeadas 39 empresas de construção modular tridimensional no país, localizadas principalmente nas regiões sul e sudeste. A pesquisa de Fernandes (2022) também apontou 33 *startups* de construção modular fundadas entre os anos de 2003 e 2021.

No cenário regional, o estado de Santa Catarina tem se destacado como um dos principais polos brasileiros da construção modular, impulsionado por empresas que adotam práticas fabris estruturadas e processos industrializados. Florianópolis, Joinville e Blumenau são exemplos que reúnem condições favoráveis para a consolidação dessa tecnologia, como polos tecnológicos, universidades e ecossistemas de inovação que estimulam o surgimento de *startups* e empresas especializadas. Essa convergência de fatores contribui diretamente para o amadurecimento e a expansão do sistema no estado (Campos, 2024).

Apesar dos avanços observados, a escassez de mão de obra qualificada e as limitações estruturais do mercado regional são desafios persistentes. Dessa forma, o fortalecimento da construção modular no estado ainda depende de investimentos em qualificação e estruturação do setor (Campos, 2024).

Em meio aos desafios, um caso que se tornou popularmente emblemático em Santa Catarina é o Edifício Level (Figura 3), localizado em Tubarão. Este é considerado o primeiro edifício de oito pavimentos do Brasil executado integralmente com módulos metálicos 3D produzidos fora do canteiro. O edifício, produzido por uma empresa catarinense, tornou-se referência nacional em inovação construtiva (Fernandes, 2022). Ainda que a construção modular represente uma parcela pequena do mercado, seu avanço em Santa Catarina evidencia a busca por soluções construtivas mais eficientes e tecnologicamente avançadas (Campos, 2024).

Figura 3 – Edifício Level – construção modular de oito pavimentos em Santa Catarina

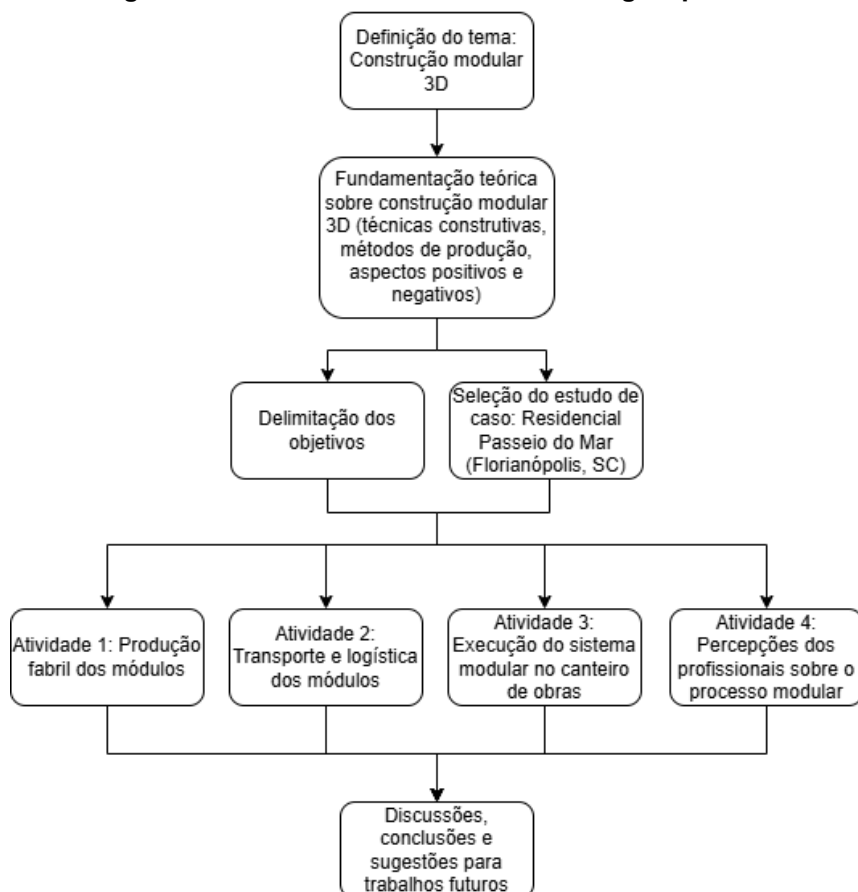


Fonte: Brasil ao Cubo ([s.d.]).

3 METODOLOGIA

Este trabalho adota uma abordagem qualitativa, com delineamento exploratório-descritivo, visando compreender o processo de construção modular 3D a partir da análise de um estudo de caso no contexto brasileiro. Conforme apresentado na Figura 4, o procedimento metodológico iniciou-se com a definição do tema — construção modular 3D — e com o desenvolvimento da fundamentação teórica. Em seguida, foram estabelecidos os objetivos da pesquisa e selecionado um estudo de caso localizado em Florianópolis, Santa Catarina, para possibilitar sua aplicação prática. A partir dos objetivos específicos, estruturaram-se quatro atividades que orientaram a investigação. Para a coleta dos dados necessários a essas etapas, foram realizadas visitas técnicas à fábrica e ao canteiro de obras do estudo de caso, entrevistas semiestruturadas com profissionais envolvidos e coleta documental junto às empresas participantes. Por fim, os dados obtidos foram organizados, interpretados e analisados, subsidiando a conclusão da pesquisa.

Figura 4 – Fluxo de trabalho da metodologia aplicada



Fonte: Elaboração própria (2025).

3.1 Estudo de caso – Residencial Passeio do Mar

Como estudo de caso, foi selecionado o empreendimento residencial de alto padrão Passeio do Mar, localizado no bairro Cacupé, no município de Florianópolis, Santa Catarina (Figura 5).

Figura 5 – Ilustração gráfica do empreendimento Passeio do Mar



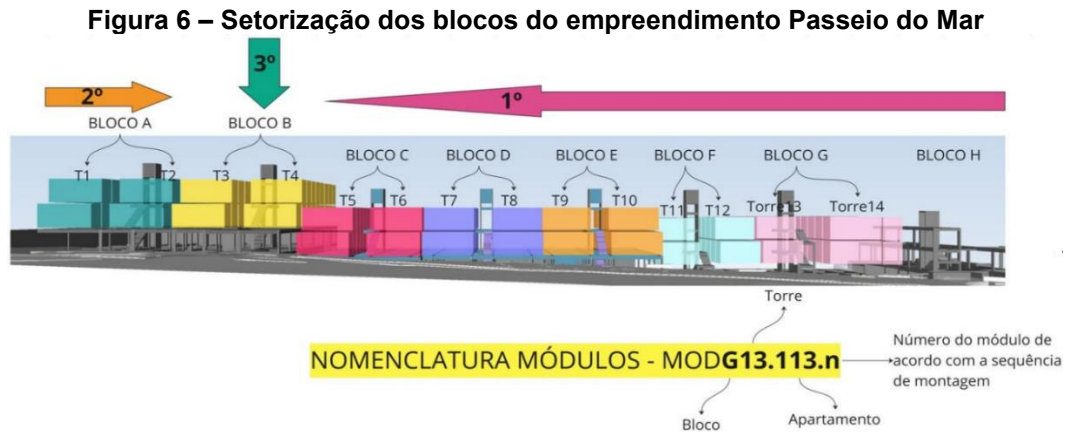
Fonte: Passeio do Mar (2025).

Conforme já justificado, a escolha deste empreendimento ocorreu pela sua relevância no cenário da construção civil nacional, visto que se trata de um dos primeiros empreendimentos multifamiliares de alto padrão executados integralmente em construção modular tridimensional. Além disso, a atuação profissional da autora no acompanhamento da obra possibilitou acesso direto às etapas produtivas, aos agentes envolvidos e aos processos executivos, enriquecendo a análise técnica aqui apresentada.

O empreendimento possui uma área total aproximada de 11.963,01 m² e é constituído por 30 apartamentos, distribuídos em blocos estruturados por módulos tridimensionais. As unidades variam de 117 m² a 231 m², oferecendo de 2 a 4 suítes e dois ou três dormitórios, conforme o projeto de cada unidade.

A edificação é organizada com um subsolo destinado às garagens, executado em concreto armado, e dois pavimentos superiores que abrigam os apartamentos modulares. Conforme apresentado na Figura 6, o empreendimento é setorizado em oito blocos (A ao H), sendo que os módulos tridimensionais estão distribuídos entre os blocos A ao G, totalizando 209 módulos. A Figura 6 também evidencia a sequência de montagem dos módulos no canteiro, indicada por cores:

rosa (1ª etapa), laranja (2ª etapa) e verde (3ª etapa), conforme a ordem de chegada e instalação dos módulos provenientes da fábrica.

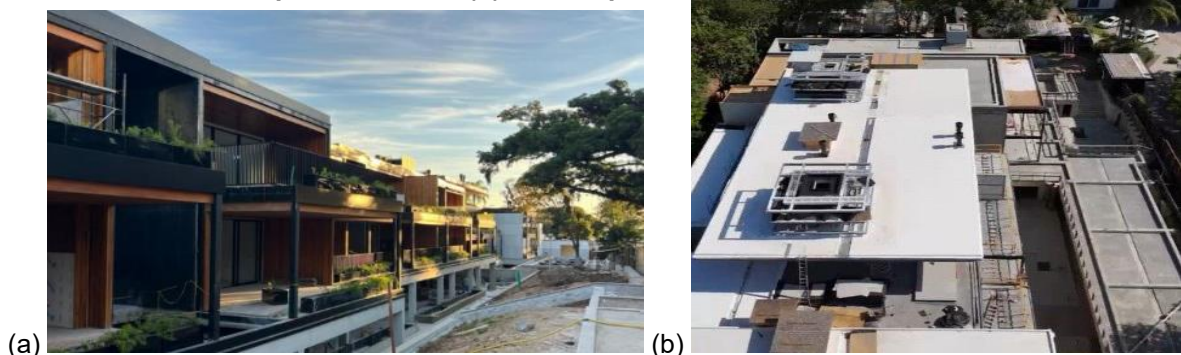


Fonte: Arquivo da empresa GND (2025).

Cada módulo foi produzido em ambiente fabril, sendo posteriormente transportado e instalado no terreno localizado no bairro Cacupé, em Florianópolis. A produção em fábrica teve início no começo de 2023, enquanto as atividades no canteiro de obras começaram em 01/05/2023. No momento da pesquisa, a execução da obra encontra-se com aproximadamente 85% de avanço, conforme evidenciado na Figura 7.

De modo geral, algumas unidades habitacionais já estão finalizadas, enquanto outras se encontram em fases de acabamento. As áreas comuns estão com os trabalhos de forro e pintura das garagens em fase final, além do desenvolvimento da área de vivência, revestimentos das piscinas e instalação dos gradis frontais da obra, entre outros detalhes de finalização.

Figura 7 – Estágio da obra Passeio do Mar no momento da pesquisa: (a) fachada do empreendimento; (b) vista superior do empreendimento



Fonte: Elaboração própria (2025).

A fabricação dos módulos do residencial Passeio do Mar foi realizada pela empresa Visia, sediada em Ivoti, no Rio Grande do Sul, especializada na produção industrializada de sistemas modulares voltados aos setores de habitação, saúde, educação, sistema prisional e infraestrutura, com histórico consolidado na área desde meados dos anos 2000.

A implantação do módulo no canteiro e a finalização do sistema construtivo do empreendimento foi executada pela empresa GND Incorporadora, com escritório em Florianópolis, Santa Catarina, e sede em Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

Para a análise do processo executivo no canteiro, este estudo adotou como referência uma unidade selecionada como “Apartamento Modelo”. A escolha permitiu observar, de forma representativa, as etapas de execução e os aspectos construtivos característicos do sistema modular 3D. A planta arquitetônica da unidade utilizada como Apartamento Modelo encontra-se apresentada no ANEXO A – Planta arquitetônica do Apartamento Modelo.

3.2 Atividades da pesquisa

Para analisar os processos da construção modular aplicados no Residencial Passeio do Mar, foram estruturadas quatro atividades principais, correspondentes às etapas industrial, logística, executiva e de percepção técnica dos agentes envolvidos.

Na Atividade 1, foram analisados os processos produtivos desenvolvidos na fábrica, abrangendo a organização dos setores, as etapas de fabricação dos subsistemas estruturais de piso, pilares e cobertura, a montagem final dos módulos, além dos procedimentos de inspeção, armazenamento e transporte interno, conforme apresentado no Quadro 4. Para a etapa industrial, conduziu-se uma visita técnica à fábrica da empresa Visia, localizada em Ivoti, Rio Grande do Sul, onde foi possível observar diretamente os setores produtivos, os fluxos de materiais, as técnicas de fabricação e os procedimentos de inspeção descritos nos resultados deste trabalho.

Quadro 4 – Organização e Execução da Produção Modular em Fábrica

(continua)

ATIVIDADE 1: DETALHAMENTO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO FABRIL DO MÓDULO TRIDIMENSIONAL DO EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL PASSEIO DO MAR			
Variáveis principais	Variáveis secundárias	Método de pesquisa	Resultados
Composição geral do módulo tridimensional	- Composição geral de piso, pilares e cobertura.	Observação direta na fábrica, registros fotográficos e análise de projetos executivos e documentos técnicos.	Item 4.1.1
Composição do subsistema de piso	- Composição: perfis, reforços, conectores e laje de concreto.	Observação direta na fábrica, registros fotográficos, análise de projetos executivos e documentos técnicos.	Item 4.1.2
Composição dos pilares	- Composição: perfis, ligações e reforços estruturais.	Entrevistas com responsáveis pela serralheria e inspeção em campo.	Item 4.1.3
Composição do subsistema de cobertura	- Composição: perfis; elementos de reforço; camadas de fechamento.	Observação direta na fábrica, registros fotográficos e consulta aos projetos e documentos técnicos disponibilizados pela empresa.	Item 4.1.4
Estrutura fabril, organização produtiva	- Identificação e disposição dos setores produtivos e de apoio; - Lógica de produção modular, desde a preparação das peças metálicas até o acabamento e expedição dos módulos.	Observação direta em fábrica, registros fotográficos e consulta aos projetos, plantas de layout e documentos técnicos disponibilizados pela empresa.	Item 4.2.1
Processo produtivo dos módulos: Piso	- Preparação dos perfis metálicos; - Montagem da estrutura metálica; - Instalação dos conectores, malha de aço e dos elementos necessários ao reforço do sistema; - Preparação das formas, posicionamento da estrutura metálica e concretagem e cura do piso.	Observação direta em fábrica, registros fotográficos, acompanhamento das equipes de soldagem e concretagem e consulta aos documentos e projetos fornecidos pela empresa.	Item 4.2.2.1

Quadro 4 – Organização e Execução da Produção Modular em Fábrica

(conclusão)

ATIVIDADE 1: DETALHAMENTO DO PROCESSO DE PRODUÇÃO FABRIL DO MÓDULO TRIDIMENSIONAL DO EMPREENDIMENTO RESIDENCIAL PASSEIO DO MAR			
Variáveis principais	Variáveis secundárias	Método de pesquisa	Resultados
Processo produtivo dos módulos: Cobertura	<ul style="list-style-type: none"> - Posicionamento dos perfis estruturais principais; - Execução das soldagens preliminares e definitivas; - Montagem dos perfis complementares; - Fechamento interno da cobertura; - Fechamento externo e fixação dos elementos finais. 	Observação direta em fábrica, registros fotográficos, acompanhamento das etapas de montagem e soldagem, além de consulta aos documentos construtivos disponibilizados pela empresa.	Item 4.2.2.2
Processo produtivo dos módulos: Montagem do piso, pilares e cobertura	<ul style="list-style-type: none"> - Posicionamento do painel de piso na linha de montagem; - Colocação dos pilares; - União entre piso e pilares; - Posicionamento da cobertura sobre os pilares; - Pré-fixação, conferência dimensional do módulo e execução da soldagem final entre piso, pilares e cobertura; - Acabamento das juntas soldadas, limpeza e preparação do módulo para embalagem e liberação. 	Observação direta em fábrica, registros fotográficos, acompanhamento das operações de montagem e consulta aos documentos operacionais utilizados na linha de produção.	Item 4.2.2.3
Processo produtivo dos módulos: Movimentação e armazenamento interno dos módulos na fábrica	<ul style="list-style-type: none"> - Movimentação interna dos módulos; - Deslocamento dos módulos até as áreas de expedição/armazenamento; - Posicionamento e acomodação dos módulos durante o período de estoque; - Práticas de manuseio para segurança e integridade estrutural. 	Observação direta em fábrica, registros fotográficos e acompanhamento das rotinas operacionais.	Item 4.2.2.4

Fonte: Elaboração própria (2025).

Na Atividade 2, estabeleceu-se como objeto de análise os processos logísticos relacionados ao deslocamento dos módulos, incluindo transporte de longa distância, armazenamento intermediário e movimentação até o canteiro, conforme apresentado no Quadro 5.

Para a etapa logística, foram realizadas conversas presenciais com o responsável da área na GND Incorporadora, a fim de compreender os métodos adotados para armazenamento temporário, preparação para transporte, deslocamento dos módulos e coordenação das operações de descarga.

Quadro 5 – Logística e Transporte dos módulos

ATIVIDADE 2: ANÁLISE DA LOGÍSTICA E TRANSPORTE DOS MÓDULOS			
Variáveis principais	Variáveis secundárias	Método de pesquisa	Resultados
Transporte da fábrica ao terreno de armazenamento intermediário	<ul style="list-style-type: none"> - Processo de carregamento dos módulos na fábrica e preparação para viagem; - Identificação dos veículos de transporte utilizados; - Trajeto da fábrica ao ponto de armazenamento temporário. 	Informações obtidas a partir de documentos fornecidos pela empresa, registros internos do processo logístico e análise de imagens que registram as etapas de carregamento e transporte.	Item 4.3.1
Armazenamento temporário	<ul style="list-style-type: none"> - Acomodação dos módulos no terreno de armazenamento intermediário; - Movimentações após a descarga inicial; 	Informações obtidas por meio de registros fotográficos, documentos da empresa responsável pelo armazenamento e dados fornecidos pela equipe de logística da obra.	Item 4.3.2
Transporte do armazenamento temporário ao canteiro de obras	<ul style="list-style-type: none"> - Deslocamento dos módulos do terreno de armazenamento até o canteiro; - Identificação dos veículos utilizados para o transporte final; - Processo de içamento e posicionamento dos módulos no canteiro. 	Dados obtidos por meio de registros da equipe de obra, documentos fornecidos pela construtora responsável pela logística e análise de imagens das etapas de transporte e instalação.	Item 4.3.3

Fonte: Elaboração própria (2025).

Na Atividade 3, foram analisadas as operações realizadas no canteiro relativas ao recebimento, posicionamento e fixação dos módulos, bem como às integrações entre unidades e aos serviços de acabamento e liberação, conforme apresentado no Quadro 6.

No canteiro de obras, os dados foram obtidos tanto por observação participante — decorrente da atuação profissional da autora na obra — quanto por visitas adicionais realizadas fora do horário de expediente, possibilitando registrar com maior detalhamento as etapas de implantação, interconexões e finalização dos módulos.

Quadro 6 – Execução modular no canteiro de obras

(continua)

ATIVIDADE 3: DETALHAMENTO DO PROCESSO DE EXECUÇÃO NO CANTEIRO			
Variáveis principais	Variáveis secundárias	Método de pesquisa	Resultados
Composição do Sistema Construtivo Modular Passeio do Mar	<ul style="list-style-type: none"> - Fechamentos que compõem o envelope dos módulos e suas subdivisões: Fechamento (A): Laje de Cobertura; Fechamento (B): Laje entre Unidades; Fechamento (C): Laje entre Subsolo e primeiro pavimento; Fechamento (D): Paredes Externas – <i>Steel Frame</i>; Fechamento (E): Paredes Internas – <i>Dywall</i>; Fechamento (F): Parede entre Unidades. 	Observação com base na documentação técnica disponibilizada, imagens fornecidas pela empresa e análise dos projetos aplicados no estudo de caso.	Item 4.4.1
Execução do empreendimento Passeio do Mar: Etapas de execução no Canteiro de Obras	<ul style="list-style-type: none"> - Sequência executiva desde a preparação do terreno até a montagem final dos módulos; - Processos construtivos específicos do sistema modular aplicados no canteiro; 	Informações obtidas a partir de documentação técnica do empreendimento.	Item 4.4.2.1
Execução do empreendimento Passeio do Mar: Serviços preliminares	<ul style="list-style-type: none"> - Estudos técnicos prévios, como sondagens e levantamentos topográficos; - Etapas preparatórias realizadas antes da chegada dos módulos ao canteiro; - Execução das fundações e preparação da base estrutural que receberá os módulos; 	Informações obtidas por meio de documentos técnicos fornecidos pela empresa, análise das figuras e registros fotográficos, além da observação direta da autora.	Item 4.4.2.2
Execução do empreendimento Passeio do Mar: Recebimento, Instalação e Fixação dos Módulos	<ul style="list-style-type: none"> - Processo de recebimento individualizado dos módulos; - Operações de movimentação, estocagem e içamento dos módulos; - Sequência executiva de montagem no primeiro e no segundo pavimento, contemplando diferenciações metodológicas entre eles; - Alinhamento da fachada; - Procedimentos de unificação estrutural; - Etapas de acabamento e verificação do controle de qualidade durante a consolidação da superestrutura. 	Observação direta das atividades realizadas no canteiro de obras. Foram registradas as etapas por meio de anotações e análise visual detalhada, além de registro fotográficos.	Item 4.3.3

Quadro 6 – Execução Modular no Canteiro de Obras (continuação)

(conclusão)

ATIVIDADE 3: DETALHAMENTO DO PROCESSO DE EXECUÇÃO NO CANTEIRO			
Variáveis principais	Variáveis secundárias	Método de pesquisa	Resultados
Execução do empreendimento Passeio do Mar: Vedações, Instalações e Acabamentos Finais	<ul style="list-style-type: none"> - Execução de vedações externas, incluindo o detalhamento da montagem da estrutura metálica e a instalação das camadas que compõem o sistema; - Execução de vedação do forro, incluindo a instalação das camadas em placas e a montagem do forro complementar; - Execução de vedações internas, abrangendo o detalhamento das marcações, a instalação de guias e montantes e a execução dos reforços; - Execução do primeiro chapeamento, das passagens e fixações de instalações elétricas, hidráulicas, telecom, gás e ar-condicionado; - Aplicação da lâ de vidro e segundo chapeamento; - Execução do tratamento de juntas e acabamento final; - Compatibilização das redes com as estruturas de <i>drywall</i>; - Aplicação de impermeabilização em áreas molhadas e, manta aquecida e proteção mecânica nas sacadas; - Execução de acabamentos da sacada; - Execução dos acabamentos de pintura, instalação de esquadrias, revestimentos em paredes e pisos, instalação de portas, rodapés e metais. 	<p>Informações obtidas por meio de observações diretas em obra, acompanhando todas as etapas de montagem das vedações, instalações e acabamentos, por meio de registros fotográficos, análise dos projetos executivos e consulta em documentos fornecidos pela empresa.</p>	Item 4.4.2.4

Fonte: Elaboração própria (2025).

Na Atividade 4, analisaram-se os potenciais e desafios associados à implementação do sistema construtivo modular. Para isso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas presenciais com profissionais envolvidos nas diferentes etapas do processo, conforme apresentado Quadro 7.

As entrevistas foram conduzidas a partir de um roteiro prévio de perguntas abertas, permitindo flexibilidade para aprofundamento de temas relevantes conforme a experiência de cada participante. Esse formato possibilitou a coleta de percepções técnicas e operacionais sobre o sistema modular.

Participaram das entrevistas três profissionais, sendo um por etapa analisada: fabricação dos módulos, logística e transporte, e canteiro de obras. Os entrevistados possuem formações compatíveis com suas áreas de atuação e experiência profissional nas respectivas etapas, contribuindo com a identificação de pontos positivos, pontos negativos e sugestões relacionadas ao sistema modular.

Quadro 7 – Análise dos potenciais e desafios na fábrica, logística e canteiro de obras

(continua)

ATIVIDADE 4: ANÁLISE DOS POTENCIAIS E DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MODULAR			
Variáveis principais	Variáveis secundárias	Método de pesquisa	Resultados
Fábrica	<ul style="list-style-type: none"> - Como o ambiente controlado da fábrica contribui para o cumprimento de prazos e a qualidade dos módulos? - De que forma são realizados o controle tecnológico e a rastreabilidade dos insumos e componentes? - Como a padronização e a sequência do processo produtivo influenciam tempo e custos? - Quais impactos as oscilações de demanda de obras geram no fluxo produtivo da fábrica? - De que maneira essas variações afetam a estabilidade da mão de obra e a curva de aprendizado? - Como os custos fixos da estrutura fabril impactam a operação em períodos de baixa produção? - Quais dificuldades surgem quando ocorrem alterações tardias de projeto? - Como a limitação de flexibilidade produtiva afeta a possibilidade de customização dos módulos? - Que estratégias podem tornar o layout e o processo produtivo mais flexíveis? - Como a capacitação contínua das equipes pode reduzir retrabalhos e aumentar a eficiência? 	<p>Informações obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas com profissionais responsáveis pelo setor fabril, visando identificar percepções técnicas sobre o processo de produção modular.</p>	Item 4.5.1

Quadro 7 – Análise dos potenciais e desafios na fábrica, logística e canteiro de obras

(continua)

ATIVIDADE 4: ANÁLISE DOS POTENCIAIS E DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MODULAR			
Variáveis principais	Variáveis secundárias	Método de pesquisa	Resultados
Logística e transporte	<ul style="list-style-type: none"> - Como o planejamento operacional contribui para a previsibilidade e o rastreamento do transporte dos módulos? - De que forma a sincronia entre a produção dos módulos e a preparação do terreno influencia o prazo total da obra? - Quais dificuldades a infraestrutura rodoviária impõe ao transporte dos módulos? - Qual o impacto dos custos de transporte, licenças e uso de guindastes na viabilidade do sistema? - Quais são os principais riscos de avarias nos módulos durante o transporte? - Que estratégias podem ser adotadas para otimizar o transporte e reduzir custos logísticos? 	<p>Informações obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas com profissionais envolvidos na logística e transporte, visando identificar percepções técnicas sobre o sistema modular.</p>	Item 4.5.2
Canteiro de obras	<ul style="list-style-type: none"> - Como a simultaneidade entre produção dos módulos e montagem em canteiro influencia o início da superestrutura? - De que forma o controle dimensional e estrutural dos módulos contribui para a qualidade da montagem? - Como a redução de mão de obra e de escoramentos impacta a produtividade no canteiro? - De que maneira a diminuição do uso de madeira e da geração de resíduos contribui para a sustentabilidade da obra? - Quais problemas relacionados à estanqueidade dos módulos foram identificados durante a montagem? - Quais dificuldades ocorreram na integração entre os núcleos de concreto moldados in loco e a estrutura modular metálica? - Como a limitação de experiência dos projetistas em construção modular impactou o detalhamento e a execução da obra? - De que forma conflitos entre furações, juntas e acabamentos afetaram o desempenho da edificação? - Que medidas podem ser adotadas para reduzir retrabalhos e melhorar a compatibilização e a vedação dos módulos no canteiro? 	<p>Informações obtidas por meio de entrevistas semiestruturadas com profissionais atuantes no canteiro de obras, visando identificar percepções técnicas sobre o processo de montagem modular.</p>	Item 4.5.1

Quadro 7 – Análise dos potenciais e desafios na fábrica, logística e canteiro de obras

(conclusão)

ATIVIDADE 4: ANÁLISE DOS POTENCIAIS E DESAFIOS DA IMPLEMENTAÇÃO DO SISTEMA MODULAR			
Variáveis principais	Variáveis secundárias	Método de pesquisa	Resultados
Vivência e experiência da autora no sistema construtivo modular	<ul style="list-style-type: none"> - De que forma as decisões tomadas na fábrica influenciam a qualidade final dos módulos e a execução no canteiro de obras? - Como a padronização produtiva contribui para a previsibilidade do sistema modular e, ao mesmo tempo, limita sua flexibilidade? - Qual é o papel da logística na integração entre fábrica e canteiro e como fatores externos impactam seu desempenho? - Quais desafios de compatibilização, interfaces e estanqueidade se manifestam com maior intensidade no canteiro de obras? - Como o alinhamento entre projeto, produção, logística e montagem condiciona o desempenho global do sistema construtivo modular? 	As informações foram obtidas a partir da experiência prática da autora no canteiro de obras, complementada pelas entrevistas semiestruturadas realizadas com profissionais das três etapas do sistema modular.	Item 4.5.4

Fonte: Elaboração própria (2025).

4 RESULTADOS

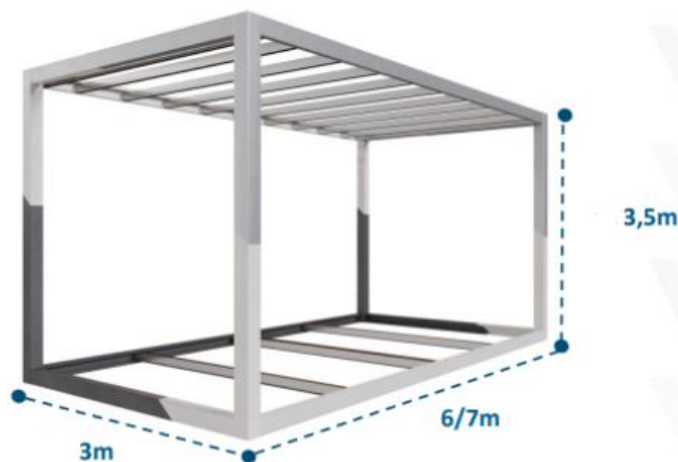
Esta seção apresenta os principais resultados da análise do sistema modular aplicado no empreendimento Passeio do Mar, abrangendo: as características geométricas e estruturais dos módulos 3D; o processo produtivo em fábrica, com seus setores e controles essenciais; os procedimentos de logística e transporte até o canteiro; as etapas de execução e montagem em obra; e a identificação dos principais potenciais e desafios observados no sistema.

4.1 Módulo tridimensional do empreendimento residencial Passeio do Mar

4.1.1 Dimensões dos módulos tridimensionais

Os módulos fabricados pela empresa Visia para o empreendimento Passeio do Mar possuem base de 3 m x 6 m e de 3 m x 7 m, com altura de 3,5 m, conforme mostrado na Figura 8.

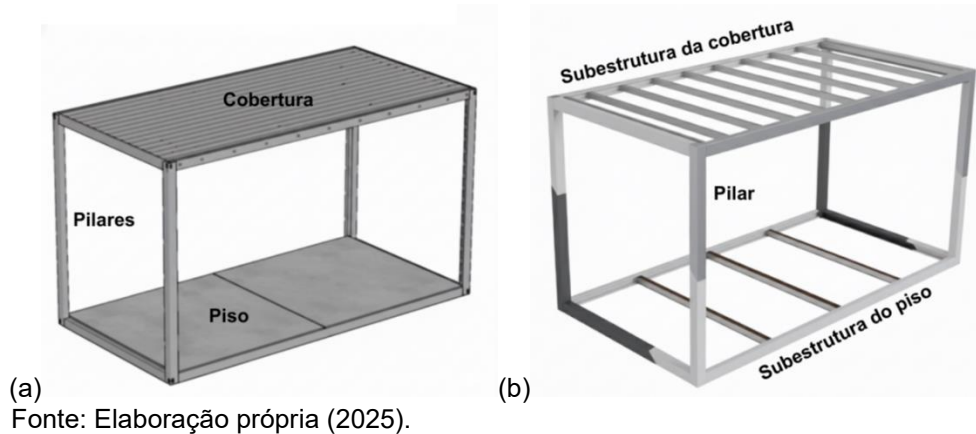
Figura 8 – Dimensões dos módulos do empreendimento Passeio do Mar



Fonte: Adaptado do arquivo da empresa Visia (2025).

O módulo é constituído por um subsistema de piso, quatro pilares e um subsistema de cobertura, conforme ilustrado na Figura 9. Sua estrutura principal é constituída por perfis de aço galvanizado ASTM A36.

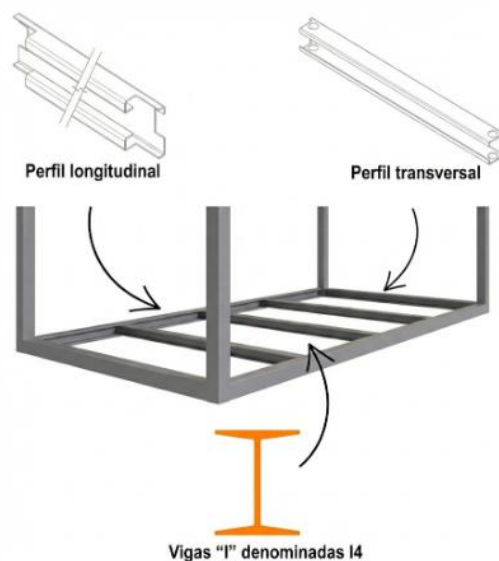
Figura 9 – Identificação dos elementos estruturais do módulo: a) estrutura externa do módulo; (b) subestruturas do módulo



4.1.2 Subsistema de piso

A subestrutura de piso é composta por perfis transversais, perfis longitudinais e vigas em “I”, denominadas I4” (Figura 10). Esses elementos são constituídos em aço estrutural ASTM A36, dobrados a frio e galvanizados a fogo, e soldados entre si, formando uma moldura estrutural rígida. O conjunto trabalha de forma integrada, garantindo estabilidade, resistência e precisão dimensional à estrutura modular, além de fornecer suporte adequado para a posterior etapa de concretagem do piso.

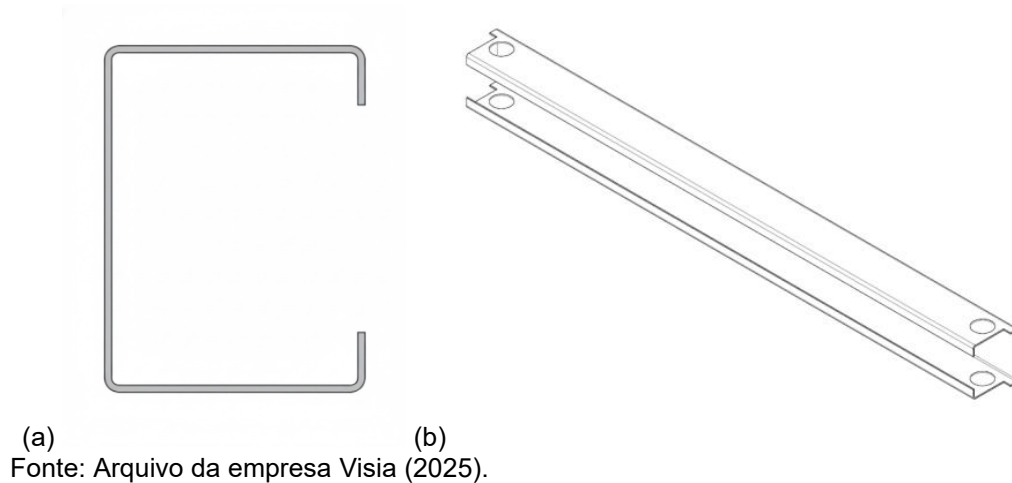
Figura 10 – Representação dos perfis da estrutura do sistema de piso dos módulos



Fonte: Adaptado do arquivo da empresa Visia (2025).

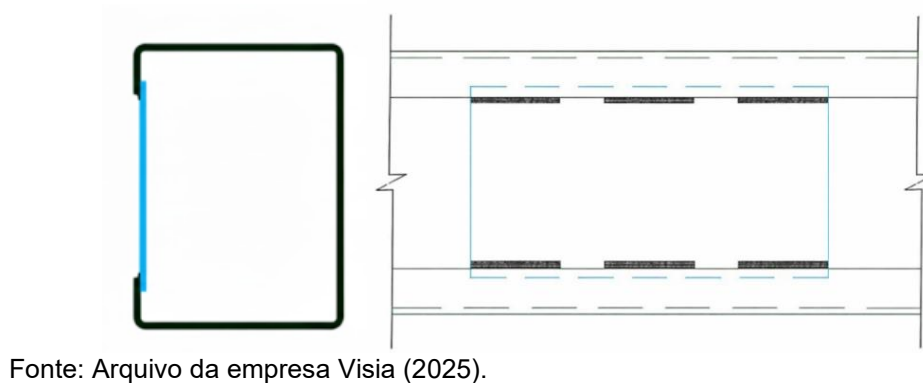
O perfil transversal do piso é fabricado em aço estrutural ASTM A36, dobrado a frio e galvanizado a fogo, conforme apresentado na Figura 11. Esse elemento é soldado aos demais perfis da subestrutura, contribuindo para a rigidez, o alinhamento e o adequado desempenho estrutural do conjunto modular.

Figura 11 – Perfil transversal do sistema de piso: (a) corte; (b) perspectiva



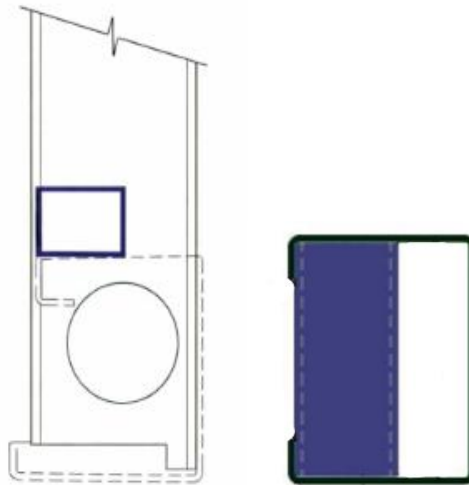
Cada perfil transversal recebe um reforço central com a fixação de uma chapa zincada, conforme o detalhamento técnico apresentado na Figura 12.

Figura 12 – Projeto do reforço do perfil transversal do sistema de piso



Nas extremidades do perfil transversal são fixados reforços de chapas, de acordo com a Figura 13.

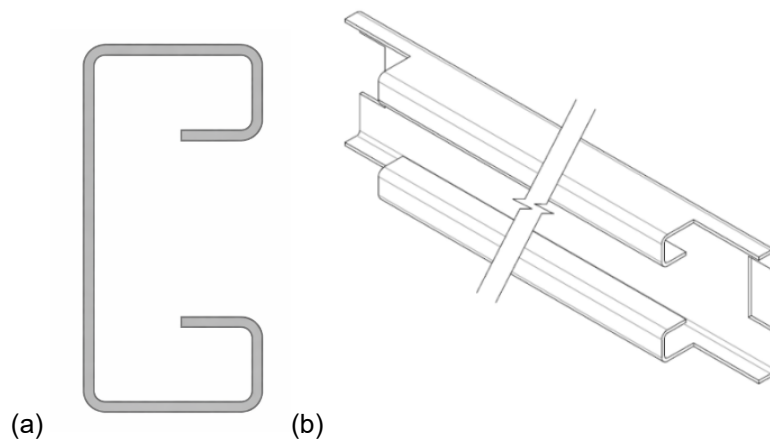
Figura 13 – Execução do reforço do perfil transversal do sistema de piso



Fonte: Arquivo da empresa Visia (2025).

O perfil longitudinal do piso é confeccionado em aço estrutural ASTM A36, dobrado a frio e galvanizado a fogo conforme ilustrado na Figura 14. Esse elemento é soldado aos demais perfis da subestrutura, contribuindo para a rigidez, o alinhamento e o adequado desempenho estrutural do sistema modular.

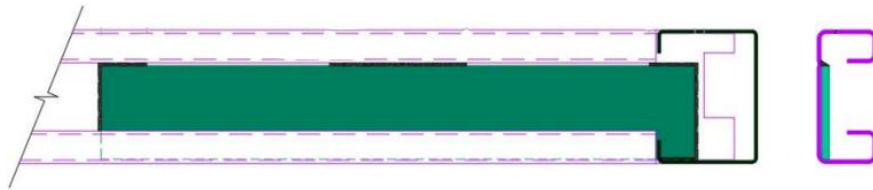
Figura 14 – Perfil longitudinal do sistema de piso: (a) corte; (b) perspectiva



(a) (b)
Fonte: Arquivo da empresa Visia (2025).

Para reforço estrutural, nas extremidades do perfil longitudinal são soldadas barras chatas, conforme Figura 15.

Figura 15 – Projeto do reforço padrão das extremidades dos perfis longitudinais do sistema de piso



Fonte: Arquivo da empresa Visia (2025).

Entre os perfis longitudinais são fixadas vigas I em aço ASTM A36, no qual são revestidas com pintura epóxi (Figura 16).

Figura 16 – Seção da viga I4" do sistema de piso



Fonte: Arquivo da empresa Visia (2025).

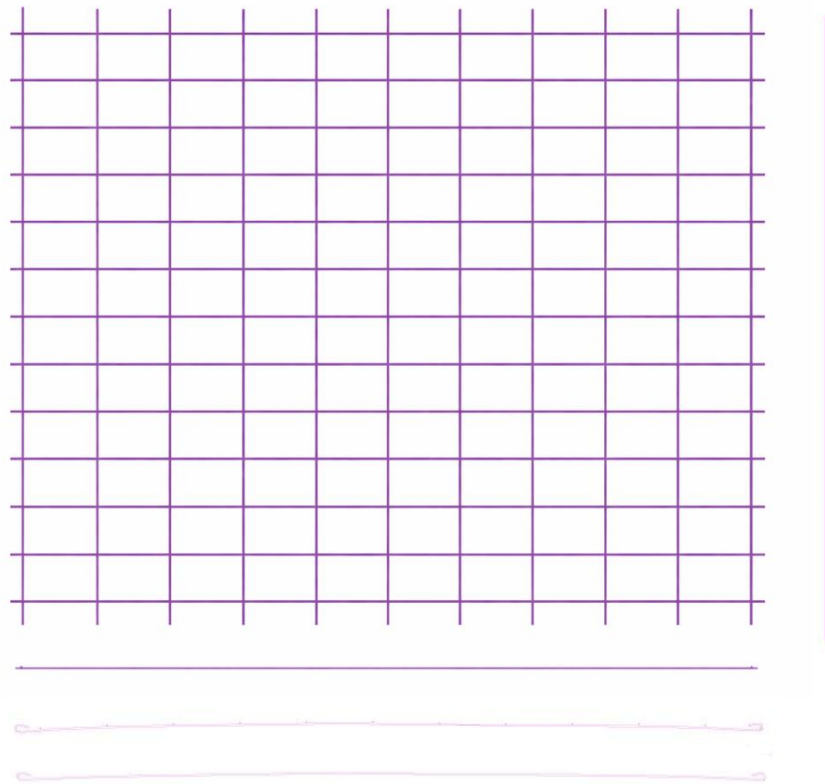
Sobre as vigas I4" são fixados os conectores, denominados senóides para a fixação da malha de aço, conforme apresentado na Figura 17.

Figura 17 – Senóides: Conectores entre as vigas I4" e a malha de aço



Fonte: Arquivo da empresa Visia (2025).

A malha de aço CA-50 (Figura 18), possui diâmetro de 1/4" (6,3 mm) e, é posicionada sobre os conectores senóides conforme o projeto.

Figura 18 – Projeto da malha de aço CA-50

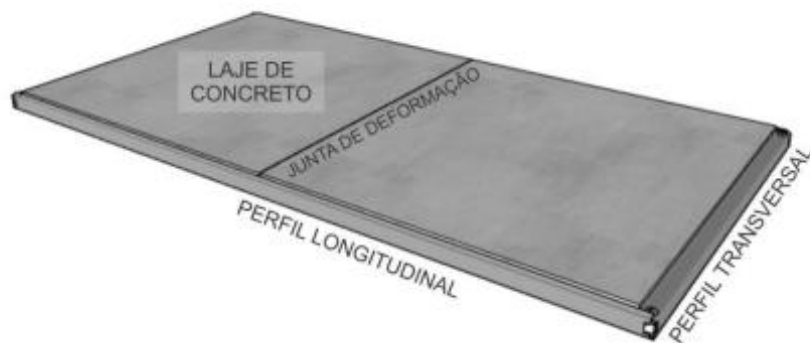
Fonte: Arquivo da empresa Visia (2025).

A estrutura do piso recebe concreto de alto desempenho (CAD) (Quadro 8), com resistência à compressão superior a 50 MPa, moldado sobre a estrutura metálica para conformação da laje e atendimento ao desempenho estrutural do sistema. Esse concreto apresenta elevada resistência mecânica e baixa permeabilidade. Adicionalmente, o material utilizado classifica-se como concreto autoadensável (CAA), uma vez que possui elevada fluidez e capacidade de escoamento, promovendo o adensamento próprio por ação do peso próprio, com completo preenchimento das formas e envolvimento das armaduras, dispensando a aplicação de vibração mecânica. O processo é ilustrado na Figura 19, que apresenta o subsistema de piso composto pela estrutura metálica e pela laje de concreto moldada sobre essa estrutura.

Quadro 8 – Traço CAD padrão para laje do sistema de piso

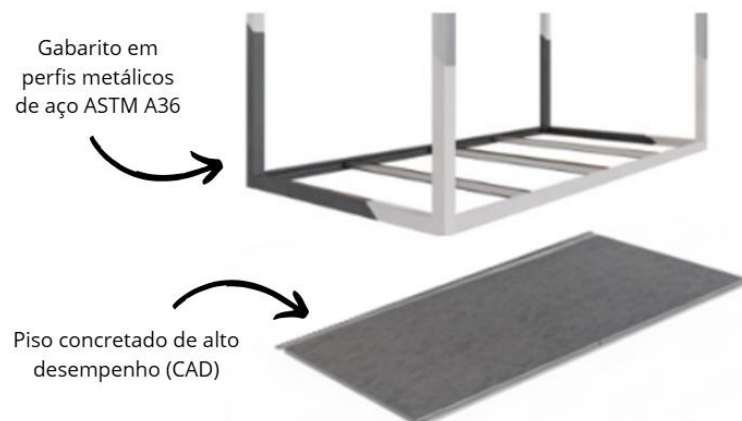
INSUMOS	UNIDADE	1,0 m ³	0,5 m ³	0,25 m ³
Cimento CPV - ARI	kg	438	219	109,5
Sílica Ativa	kg	44	22	11
Areia Média Lavada Branca	kg	754	377	188,5
Areia Quartzosa	kg	74	37	18,5
Brita 0	kg	964	482	241
Água	L	171	85,5	42,75
Power Flow - 4000	L	3,517	1,7585	0,87925

Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 19 – Subsistema de piso (estrutura metálica + laje de concreto)

Fonte: Elaboração própria (2025).

Com isso, finaliza-se o sistema de piso do módulo, conforme ilustrado na Figura 20, que apresenta a representação esquemática da composição do piso.

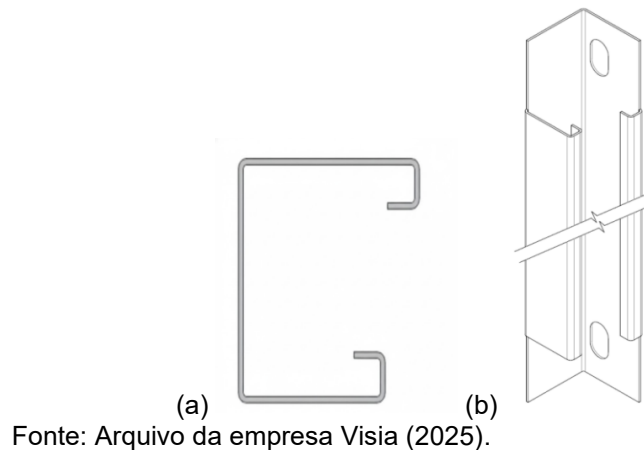
Figura 20 – Representação esquemática do piso do módulo

Fonte: Elaboração própria (2025).

4.1.3 Pilares

Na Figura 21, observa-se o perfil dos pilares do módulo, confeccionados em aço estrutural ASTM A36, dobrados a frio e galvanizados a fogo. Esses elementos integram o sistema estrutural do módulo, contribuindo para a estabilidade, o alinhamento e a resistência global da edificação modular.

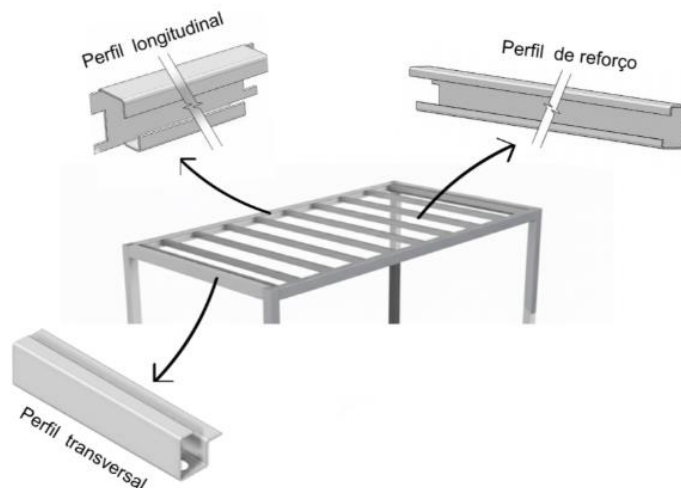
Figura 21 – Perfil dos pilares do módulo: (a) corte; (b) perspectiva



4.1.4 Subsistema de cobertura

A subestrutura de cobertura é composta por perfis longitudinais e transversais perimetrais, com perfis intermediários de reforço, conforme consta na Figura 22.

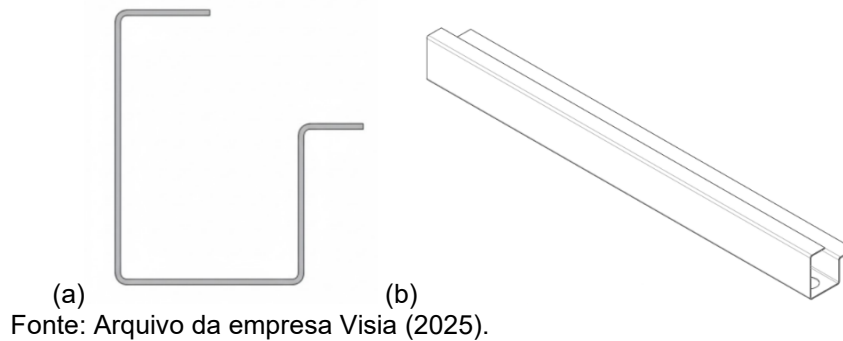
Figura 22 – Componentes do sistema de cobertura



Fonte: Elaboração própria (2025).

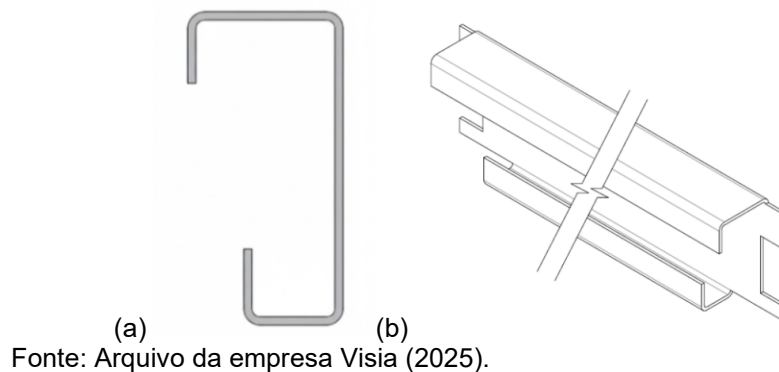
Os perfis transversais do sistema de cobertura são fabricados em aço estrutural ASTM A36, dobrados a frio e galvanizados a fogo, conforme mostrado na Figura 23. Esses elementos integram a estrutura da cobertura, contribuindo para a rigidez, o alinhamento e o adequado desempenho estrutural do sistema modular.

Figura 23 – Projeto perfil transversal do sistema de cobertura: (a) corte; (b) perspectiva



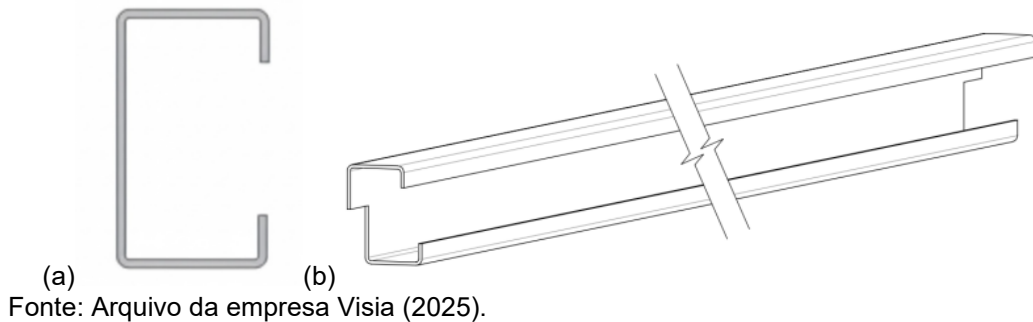
Os perfis longitudinais da cobertura são confeccionados em aço estrutural ASTM A36, dobrados a frio e galvanizados a fogo, conforme ilustrado na Figura 24. Esses elementos compõem a estrutura da cobertura, contribuindo para a rigidez, o alinhamento e o adequado desempenho estrutural do sistema modular.

Figura 24 – Perfil longitudinal do sistema de piso: (a) corte; (b) perspectiva



O perfil de reforço UDC é fabricado em chapa dobrada zincada Z100NL conforme ABNT NBR 7008 (Figura 25). Cada módulo utiliza 11 unidades desse perfil para a composição do sistema de cobertura.

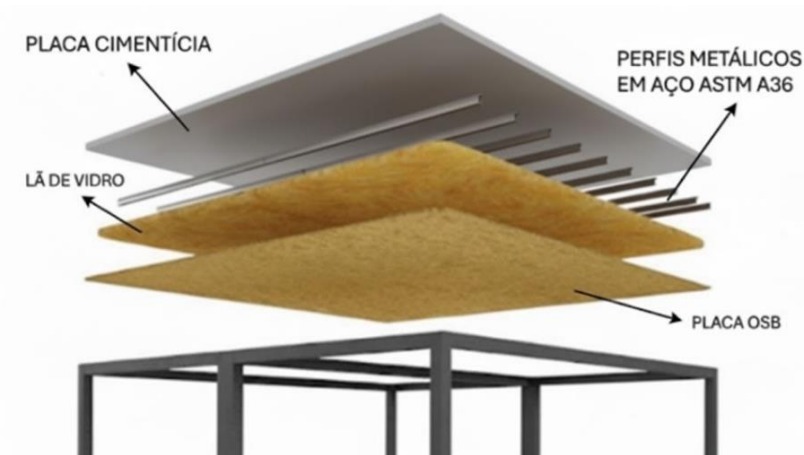
Figura 25 – Projeto perfil UDC do sistema de cobertura: (a) corte; (b) perspectiva



Na face inferior da subestrutura de cobertura são aplicadas chapas de *Oriented Strand Board* (OSB) LP APA PLUS, com 11,1 mm de espessura. No núcleo, entre os perfis de reforço, são colocadas lã de vidro ISOVER ISOESTE Saint Gobain, com 75 mm de espessura, com a função de contribuir para o desempenho termoacústico da cobertura. Na face superior, são fixadas placas cimentícias com espessura de 6 mm, dimensões de 1,20 m × 2,40 m, conforme ilustrado na Figura 26, compondo a seção transversal do subsistema de cobertura.

As placas cimentícias são instaladas de forma justaposta sobre a subestrutura metálica, respeitando o alinhamento dos perfis estruturais, os quais definem o distanciamento entre os pontos de apoio. O tratamento das juntas entre as placas é realizado por meio de selantes, com o objetivo de garantir a continuidade da superfície, bem como o adequado desempenho quanto à estanqueidade e durabilidade do sistema, seguindo recomendações técnicas usuais dos fabricantes e boas práticas construtivas.

Figura 26 – Representação esquemática da cobertura



Fonte: Adaptado do arquivo da empresa Visia (2025).

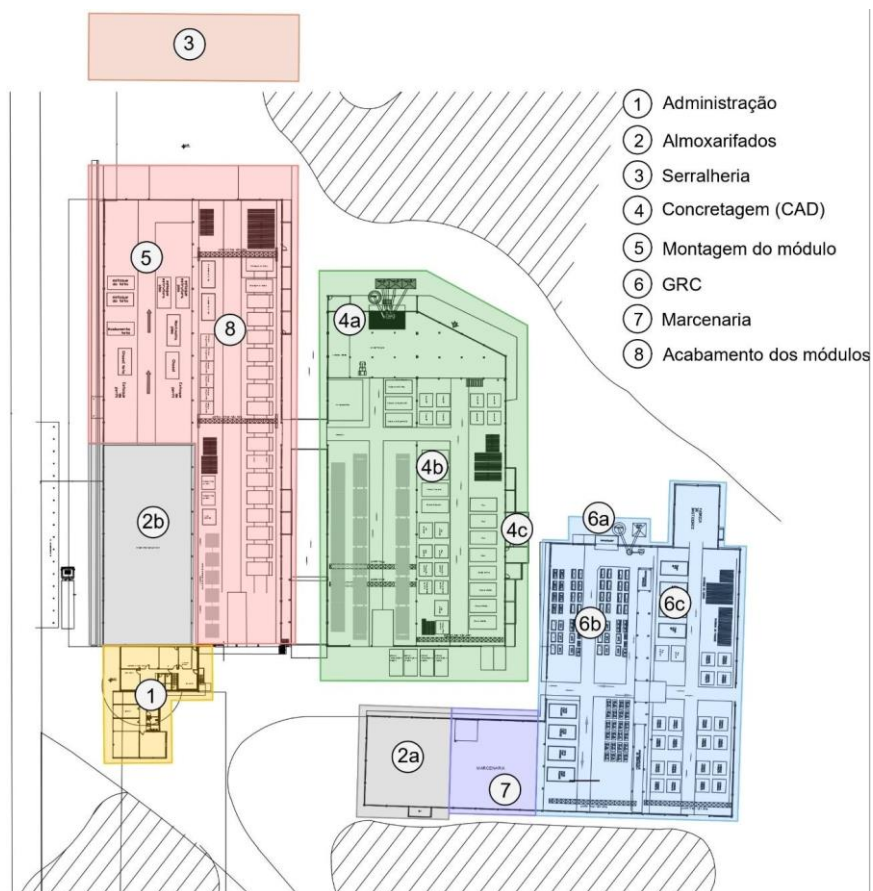
4.2 Produção dos módulos 3D em fábrica

A fábrica é organizada para garantir um fluxo contínuo de produção, com setores dispostos de forma sequencial. Nesse arranjo, o processo envolve corte e soldagem metálica, montagem em gabaritos, concretagem dos painéis, execução das instalações, acabamentos, controle dimensional, inspeções e expedição dos módulos.

4.2.1 Estrutura fabril e organização produtiva

O arranjo da fábrica foi definido de forma a organizar as etapas produtivas e integrar os diferentes setores envolvidos no processo. Conforme ilustra a Figura 27, os principais setores da fábrica são: (1) administração, (2) almoxarifados, (3) serralheria, (4) concretagem (CAD), (5) montagem do módulo, (6) execução de GRC, (7) marcenaria e (8) acabamento dos módulos.

Figura 27 – Layout da fábrica e organização dos setores produtivos



Fonte: Elaboração própria (2025).

Nas áreas administrativas e de apoio da fábrica estão a recepção, a sala da direção, as salas de reunião e o setor de projetos. Esses ambientes concentram as atividades de gestão, coordenação e controle técnico, buscando a interlocução entre os setores de engenharia, planejamento e produção (Figura 28).

Figura 28 – Recepção (1) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Os almoxarifados, por sua vez, são responsáveis pelo armazenamento, controle e distribuição de insumos, ferramentas e materiais utilizados nas diversas fases do processo produtivo, assegurando a organização e o fluxo contínuo de suprimentos. Este estoque de matérias-primas e itens de montagem é organizado em duas áreas. Uma área é destinada a insumos básicos, como concreto, perfis metálicos, parafusos, hidrofugantes, lixas, entre outros itens (Figura 29).

Figura 29 – Almoxarifado (2a) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)



Fonte: Elaboração própria (2025).

E a outra área, Figura 30, é voltada ao abastecimento da linha de montagem com tubulações, materiais elétricos, acabamentos, chapas de gesso e lâ de vidro.

Figura 30 – Almoxarifado (2b) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)



Fonte: Elaboração própria (2025).

O controle de estoque é realizado por meio do sistema de gestão com o *software* CIGAM, integrando compras, consumo e necessidade de reposição, garantindo a disponibilidade de materiais conforme o ritmo de produção.

Na serralheria (Figura 31), são executadas as subestruturas de piso e de cobertura sobre os respectivos gabaritos de solda. Essa etapa é de fundamental importância para assegurar a precisão dimensional e a padronização das peças, características essenciais à construção modular.

Figura 31 – Serralheria (3) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)



Fonte: Elaboração própria (2025).

No setor de concretagem, são realizadas a produção do concreto de alto desempenho (CAD), a concretagem dos painéis de piso e o monitoramento técnico para controle de qualidade do material. Esse processo pode ser observado nas Figura

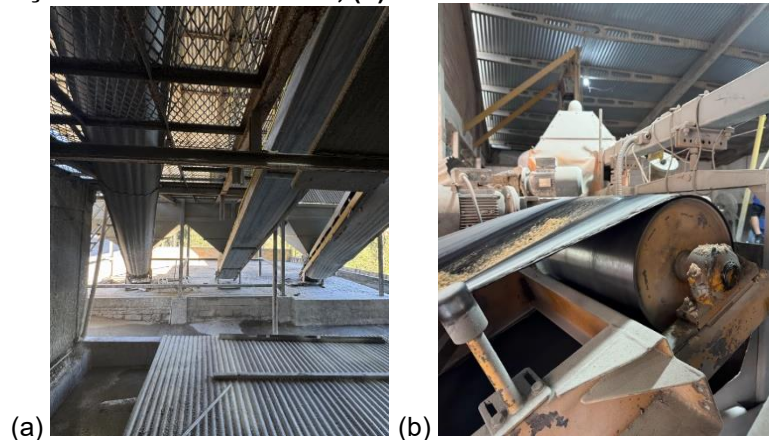
32, Figura 33 e Figura 34, que ilustram, respectivamente, a central de concreto, a produção do material destinado a concretagem dos pisos dos módulos em ambiente fabril e os elementos concretados na unidade da Visia em Ivoti/RS.

Figura 32 – Central do concreto (4a) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)



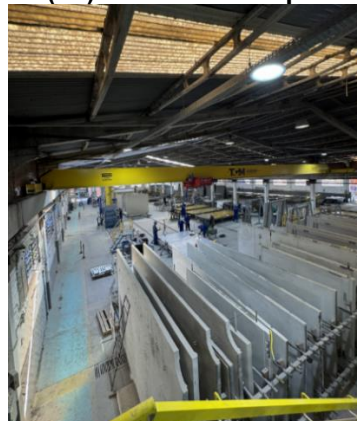
Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 33 – Produção do concreto destinado a concretagem dos pisos dos módulos: (a) Silos e dutos de alimentação dos materiais secos; (b) misturador industrial - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 34 – Elementos concretados (4b) e controle de qualidade (4c) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)



Fonte: Elaboração própria (2025).

No setor de montagem, encontra-se um espaço destinado à junção do painel de piso com os pilares e com o painel de cobertura (Figura 35). Após a montagem, os módulos passam por um processo de inspeção no setor de qualidade, no qual são verificadas a conformidade dimensional, o alinhamento estrutural, a resistência dos elementos, por meio de conferência dos materiais especificados em projeto, registros de produção e controle tecnológico do concreto, além da avaliação do acabamento superficial. Somente após a aprovação técnica os módulos são liberados para a etapa seguinte, assegurando que cada unidade atenda aos padrões de desempenho e qualidade definidos pela empresa.

Figura 35 – Setor de montagem (5) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Já no setor de acabamento dos módulos, concentra-se as etapas posteriores à montagem estrutural, incluindo a execução das instalações e dos acabamentos pré-fabricados, como painéis em GRC e revestimentos internos (pisos e azulejos), conforme a demanda e as especificações de cada empreendimento, bem como a aplicação de uma película plástica elástica de polietileno, sendo o filme *stretch* e o armazenamento temporário dos módulos já concluídos (Figura 36). Essa área funciona como a fase final de preparação dos módulos antes do transporte e montagem em canteiro.

Figura 36 – Acabamento dos módulos (8) - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)

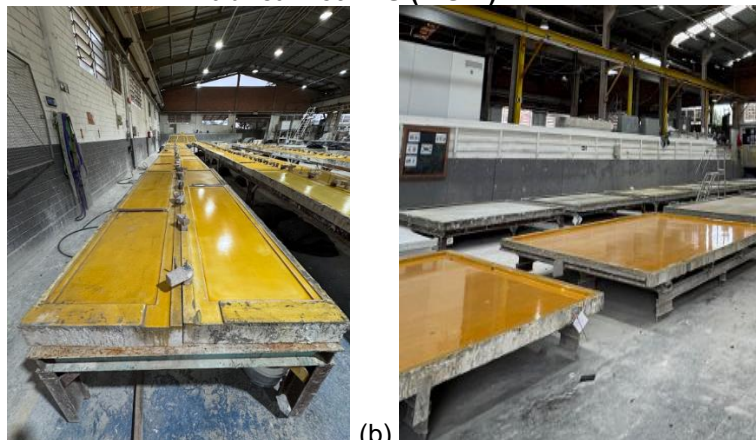


Fonte: Elaboração própria (2025).

A fábrica também possui um setor de produção de concreto reforçado com fibra de vidro, *Glass Fiber Reinforced Concrete* (GRC), destinadas ao revestimento de fachadas. Inicialmente, são confeccionadas as formas utilizadas na moldagem dos elementos em GRC, as quais podem originar placas ou painéis, conforme apresentado na Figura 37. As placas em GRC caracterizam-se como elementos não estruturais, de menor espessura e peso, utilizados exclusivamente como revestimento de fachada, solução adotada no empreendimento Passeio do Mar (Figura 38).

Já os painéis em GRC apresentam maior espessura e rigidez, podendo integrar sistemas modulares mais robustos, como o sistema FastFlex, desenvolvido pela empresa Visia, no qual os painéis atuam como elementos de fechamento com maior desempenho mecânico e integração ao sistema construtivo.

Figura 37 – Produção de elementos em GRC (6). Formas para moldagem: (a) placas; (b) painéis - Fábrica Ivoti/ RS (VISIA)



(a) (b)
Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 38 – Placas de GRC finalizadas e armazenadas



Fonte: Elaboração própria (2025).

Após concluídos, os módulos retornam ao fluxo principal de expedição da fábrica. Dependendo da programação logística, eles podem seguir para armazenamento temporário, em uma área localizada atrás da unidade industrial, onde permanecem apoiados sobre escoras de madeira, nivelados e protegidos por filme, conforme ilustrado na Figura 39. Em algumas situações, porém, os módulos são enviados diretamente da linha de produção para a obra, já recebendo a proteção necessária para o transporte e posterior montagem em canteiro.

Figura 39 – Armazenamento temporário dos módulos finalizados



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.2.2 Processo produtivo dos módulos para o Passeio do Mar

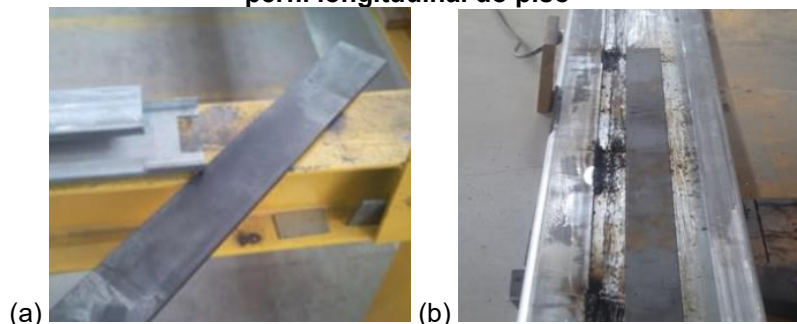
A fabricação dos módulos destinados ao empreendimento compreende a conformação do piso e da cobertura, união estrutural por soldagem, controle

tecnológico do concreto, montagem com pilares, verificações geométricas e os procedimentos de movimentação e armazenamento interno.

4.2.2.1 Piso

Os perfis longitudinais são seleccionados no estoque e posicionados sobre a bancada para soldagem de chapas de reforços estruturais previstos no projeto, conforme ilustra a Figura 40.

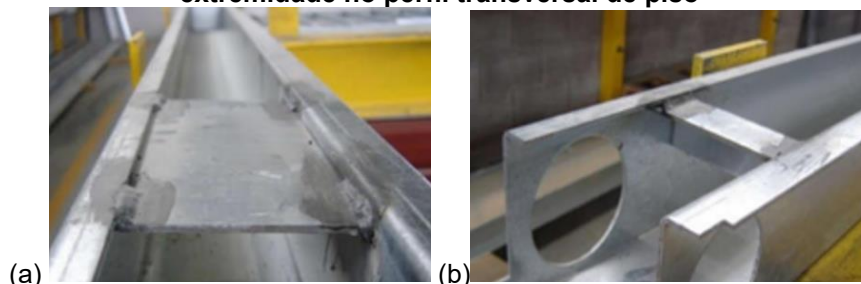
Figura 40 – Perfis longitudinais: (a) chapa de reforço; (b) soldagem da chapa de reforço no perfil longitudinal do piso



Fonte: Elaboração própria (2025).

Também, os perfis transversais (Figura 41) do sistema de piso são seleccionados, posicionados na bancada de trabalho para a soldagem dos reforços estruturais indicados em projeto.

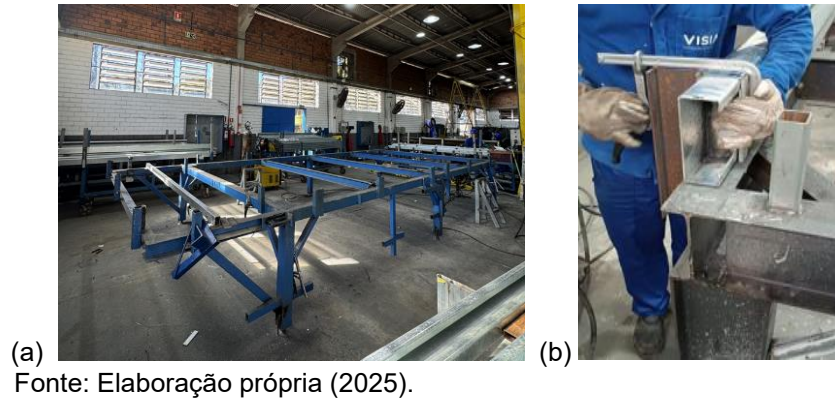
Figura 41 – Perfis transversais: (a) execução do reforço central; (b) execução do reforço de extremidade no perfil transversal de piso



Fonte: Elaboração própria (2025).

Concluída a instalação dos reforços estruturais, os perfis longitudinais são posicionados em gabarito devidamente nivelado e travados com o auxílio de grampos tipo sargento (Figura 42).

Figura 42 – Locação e travamento dos perfis longitudinais no gabarito: (a) locação; (b) travamento



Os perfis transversais também são posicionados no gabarito, com conferência dimensional e nivelamento da estrutura (Figura 43). E, na sequência, os perfis transversais e longitudinais são travados entre si com pontos de solda para garantir sua fixação e evitar deslocamentos durante as etapas subsequentes do processo produtivo do subsistema de piso.

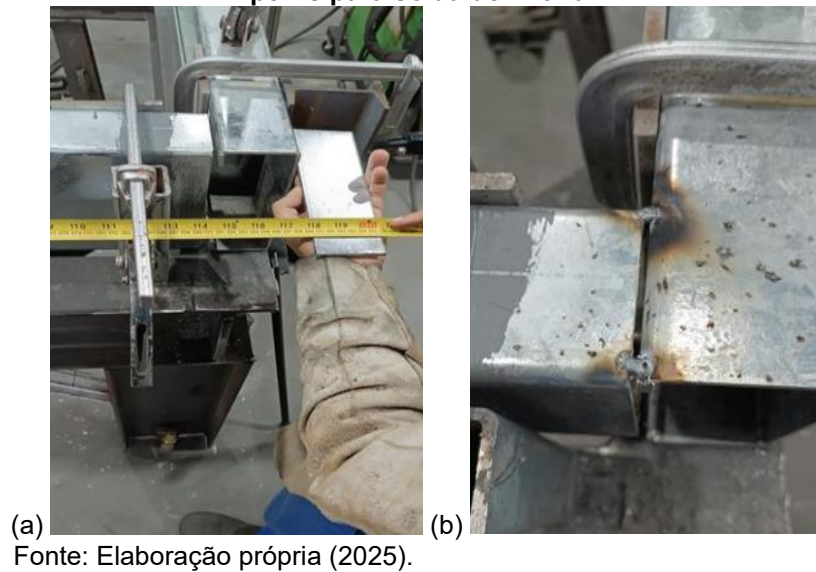
Figura 43 – Nivelamento dos perfis transversais



Fonte: Elaboração própria (2025).

Concluído o travamento inicial, realiza-se a conferência das medidas nos sentidos longitudinal e transversal, assegurando a precisão dimensional e o adequado encaixe entre os perfis (Figura 44).

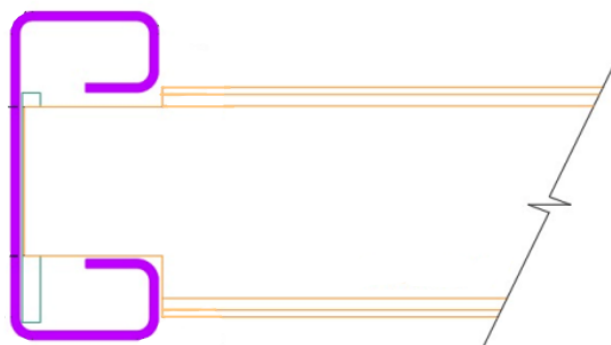
Figura 44 – Conferência das medidas: (a) sentido longitudinal e transversal; (b) encaixe dos perfis para solda definitiva



Posteriormente, executa-se o cordão de solda definitivo, conforme as especificações de projeto, de modo a promover a união final entre os perfis longitudinais e transversais do sistema de piso, utilizando a solda.

Em seguida, são realizados recortes nas extremidades das vigas para a fixação dos quatro perfis tipo I4", conforme o detalhamento técnico apresentado na Figura 45.

Figura 45 – Projeto do recorte e encaixe da viga I no perfil longitudinal



Fonte: Arquivo da empresa Visia (2025).

Com gabaritos inferiores para o alinhamento, os perfis I4" são posicionados transversalmente na estrutura. Na sequência, é realizada a verificação dimensional das distâncias entre os elementos. Concluída a conferência, executa-se a soldagem

nos pontos indicados no projeto, garantindo a continuidade e a integridade das uniões estruturais.

Após o término da soldagem, procede-se à inspeção visual completa de todos os cordões, assegurando que apresentem continuidade, uniformidade e ausência de porosidades ou falhas. Havendo anomalias, estas devem ser corrigidas mediante nova soldagem.

Por fim, realiza-se a limpeza dos cordões de solda com escova de aço apropriada e, em seguida, aplica-se pintura protetiva com tinta de galvanização a frio sobre todas as áreas soldadas, assegurando a proteção anticorrosiva e o acabamento final da estrutura.

Sobre as vigas I4", são posicionados e soldados os conectores senoides, no qual constam na Figura 46, que receberão a malha de aço e duas alças de giro, utilizadas para movimentação dos módulos.

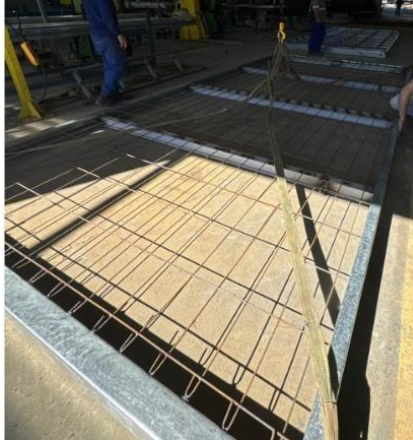
Figura 46 – Alças de movimentação nas vigas I4"



Fonte: Elaboração própria (2025).

A malha de aço é soldada nas vigas I4" centrais, nos perfis transversais e nos conectores senóides (Figura 47).

Figura 47 – Malha de aço CA-50



Fonte: Elaboração própria (2025).

Para a concretagem do piso, as formas são preparadas com desmoldante aplicado com pulverizador e espalhado uniformemente com um pano de algodão (Figura 48). O excesso é removido com rolo de lã em movimentos retos. Este procedimento ocorre de maneira controlada, aguardando o tempo adequado de secagem do desmoldante, entre 10 e 40 minutos.

Figura 48 – Preparação das formas para recebimento da estrutura metálica do sistema de piso



Fonte: Elaboração própria (2025).

Em seguida, as estruturas metálicas do piso são transportadas até o setor de concretagem, utilizando cavaletes ou sob o assoalho de caminhões, e posicionadas nas formas (Figura 49). Nesta etapa, realiza-se a conformação de juntas de dilatação, rebaxos longitudinais e furações conforme o projeto executivo da laje.

Figura 49 – Estrutura metálica do sistema de piso posicionada na forma



Fonte: Elaboração própria (2025).

A vedação entre a forma e a estrutura metálica é feita com selante neutro sem função estrutural seguida do travamento da estrutura com cintas e catracas, conforme Figura 50, assegurando a estabilidade do sistema durante o lançamento do concreto.

Figura 50 – Travamento da estrutura

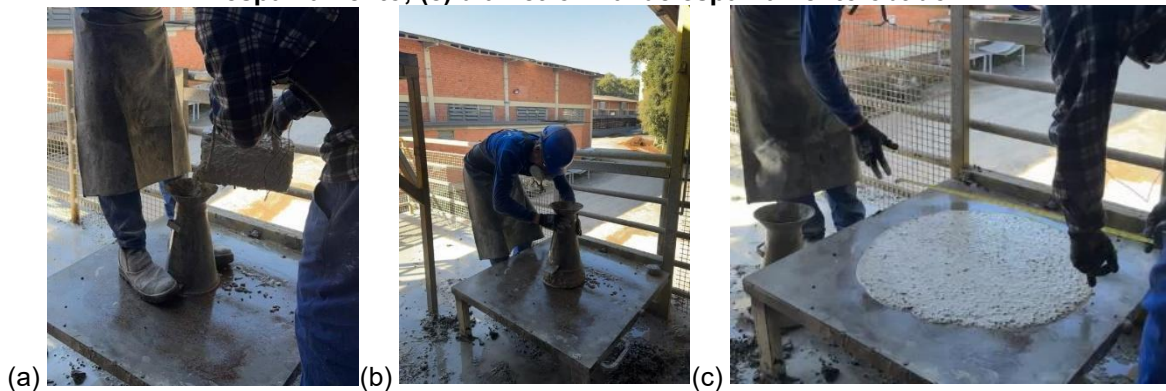


Fonte: Elaboração própria (2025).

O concreto é preparado conforme o traço especificado em projeto, caracterizado como concreto de alto desempenho (CAD), com resistência à compressão superior a 50 MPa e propriedades reológicas compatíveis com concreto autoadensável (CAA). Na central de concreto, o operador realiza a verificação dos agregados e o cálculo do teor de umidade presente na areia média lavada e na brita 0, promovendo o ajuste da quantidade de água do traço para compensar a umidade natural dos materiais. A sequência de adição dos insumos é previamente definida, garantindo a homogeneidade, a repetibilidade do processo e a padronização do comportamento do concreto produzido.

O controle da consistência do traço é feito por meio do ensaio de espalhamento do concreto (*slump flow*) (Figura 51). Diferentemente do ensaio de abatimento convencional (*slump*), este método avalia a fluidez do material a partir do diâmetro de espalhamento, sendo indicado para concretos de alta trabalhabilidade. Para o traço adotado, estabelece-se diâmetro mínimo de espalhamento de 65 cm, parâmetro característico de concretos classificados como CAA, assegurando fluidez suficiente para o preenchimento completo das formas e o envolvimento das armaduras, sem necessidade de vibração mecânica.

Figura 51 – Ensaio de *slump flow*: (a) preenchimento do cone; (b) levantamento do cone para o espalhamento; (c) diâmetro final de espalhamento obtido



Fonte: Elaboração própria (2025).

Conferida a consistência, inicia-se a concretagem da laje do piso, posicionando-se o funil de lançamento sobre a forma com auxílio da ponte rolante (Figura 52). Esse procedimento assegura a distribuição contínua e uniforme do concreto, evitando vazios e descontinuidades na estrutura.

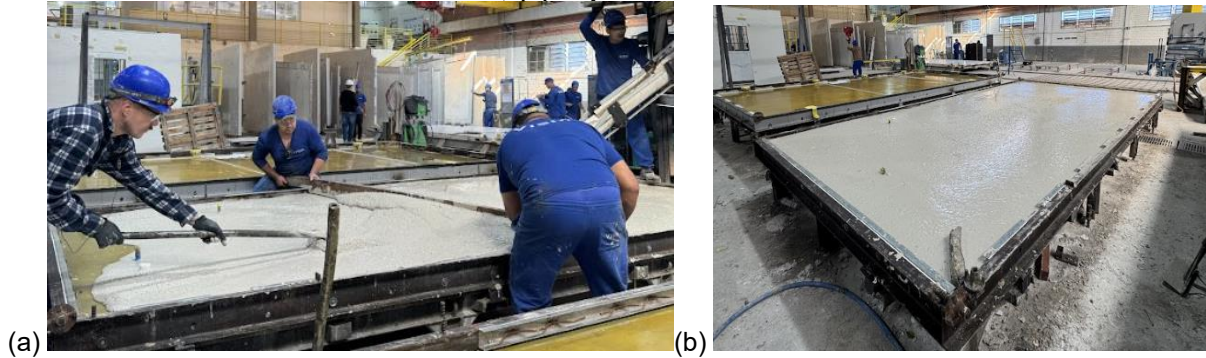
Figura 52 – Concretagem do piso



Fonte: Elaboração própria (2025).

Após o preenchimento inicial, a superfície recebe acabamento e nivelamento com régua, garantindo a espessura e planicidade especificadas (Figura 53).

Figura 53 – Nivelamento e planicidade do concreto na superfície do piso: (a) espalhamento inicial do concreto; (b) superfície nivelada e finalizada



Fonte: Elaboração própria (2025).

Durante a concretagem, são moldados corpos de prova cilíndricos para controle tecnológico e verificação da resistência à compressão do concreto, conforme evidenciado na Figura 54, sendo a quantidade definida de acordo com o plano de controle tecnológico adotado pela fábrica. A cura inicial é realizada por meio da aplicação de água e cobertura com manta plástica, com o objetivo de minimizar perdas hídricas, e, após aproximadamente 2 a 3 horas, são removidos os elementos de conformação, dando início à segunda etapa de cura, com nova aplicação de água e reposicionamento da manta plástica. A liberação do saque dos elementos moldados é condicionada à resistência à compressão obtida pelos corpos de prova, ensaiados em prensa localizada na própria fábrica, adotando-se resistência mínima de 15 MPa para o saque inicial, verificada nas primeiras idades de cura, e resistência mínima de 30 MPa aos 28 dias, conforme especificado em projeto.

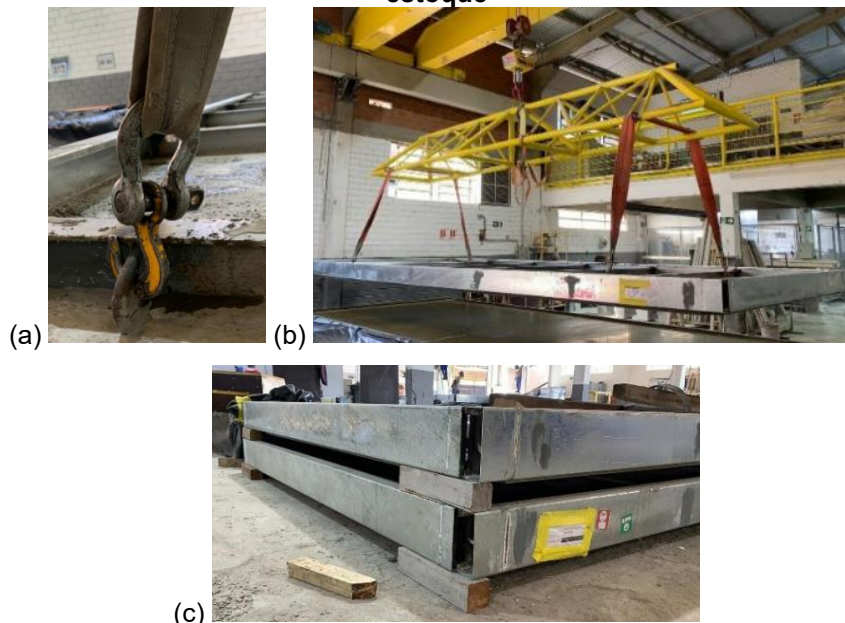
Figura 54 – Corpos de prova



Fonte: Elaboração própria (2025).

Após a liberação, as lajes são içadas com o uso de dispositivos específicos, identificadas e estocadas de forma adequada, respeitando os critérios de empilhamento definidos pelos procedimentos internos da fábrica. Todo o processo é acompanhado pelo supervisor de produção e pela equipe de qualidade, que realizam a inspeção e o registro das lajes, assegurando a conformidade com o projeto (Figura 55).

Figura 55 – Processo de saque da laje do sistema de piso: (a) gancho de fixação nas alças soldadas às vigas I4”; (b) saque do sistema de piso da forma; (c) empilhamento dos pisos em estoque



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.2.2.2 Cobertura

Os perfis longitudinais e transversais são posicionados em gabarito devidamente nivelado, iniciando-se a montagem do quadro estrutural da cobertura. Após o encaixe, realiza-se o travamento entre os perfis com pontos de solda para evitar deslocamentos durante as etapas subsequentes de montagem e manuseio da estrutura, conforme Figura 56.

Figura 56 – Montagem do quadro estrutural: (a) encaixe e travamento dos perfis; (b) soldagem dos encaixes



Na sequência, é feita a conferência das medidas nos sentidos longitudinal e transversal, assegurando o correto dimensionamento e o alinhamento das peças (Figura 57).

Figura 57 – Conferência dimensional e marcação dos pontos de solda



Fonte: Elaboração própria (2025).

Após a verificação, executa-se o cordão de solda definitivo entre os perfis longitudinais e transversais, conforme o projeto de união do sistema de cobertura. Em seguida, aplica-se tratamento anticorrosivo com tinta de galvanização a frio sobre todas as soldas, garantindo a proteção e durabilidade da estrutura (Figura 58).

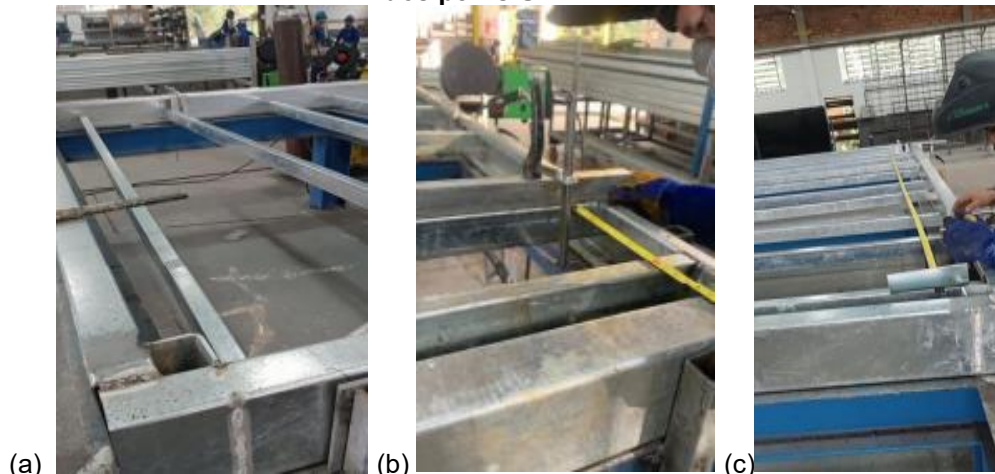
Figura 58 – Soldagem definitiva dos perfis estruturais



Fonte: Elaboração própria (2025).

Com a estrutura principal finalizada, procede-se à montagem dos perfis UDC, que são posicionados transversalmente sobre o quadro metálico com auxílio de gabaritos específicos. Após o posicionamento, realiza-se o nivelamento e a conferência das distâncias entre os perfis, conforme as dimensões estabelecidas em projeto (Figura 59).

Figura 59 – Montagem dos perfis UDC: (a) posicionamento; (b) nivelamento; (c) conferência dos perfis UDC

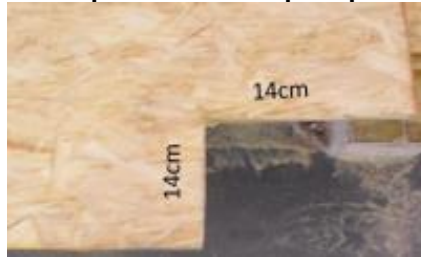


Fonte: Elaboração própria (2025).

Em seguida, os perfis UDC são soldados nos pontos indicados e, após a soldagem, todos os cordões são inspecionados visualmente. Havendo irregularidades, realiza-se a correção e nova aplicação de solda.

Concluída a estrutura metálica, inicia-se o fechamento interno da cobertura. Primeiramente, são posicionadas as placas de OSB de 11,1 mm de espessura sobre os perfis UDC, deixando juntas desencontradas e espaçamento de 3 mm entre as placas, conforme as recomendações de montagem. As placas para fechamento das extremidades do sistema de cobertura devem possuir recortes 14x14 cm para encaixe dos pilares conforme a Figura 60.

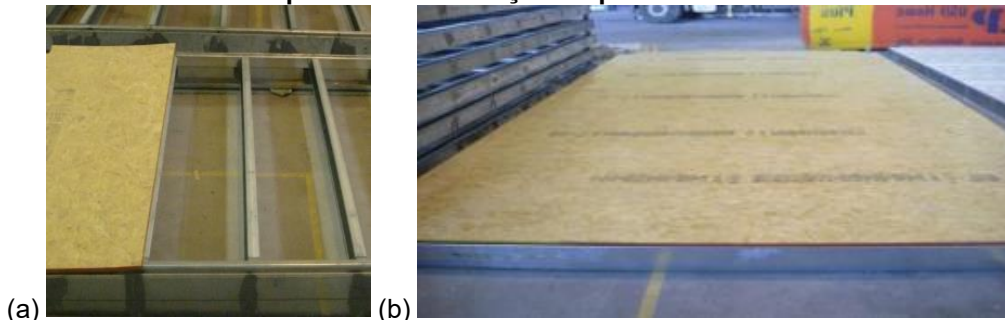
Figura 60 – Corte das placas de OSB para passagem dos pilares



Fonte: Elaboração própria (2025).

A placa é posicionada com recortes de 14x14 cm na extremidade, deixando virados para fora, e as demais placas de OSB na sequência, sobre os perfis UDC, conforme Figura 61.

Figura 61 – Fechamento interno da cobertura: (a) colocação das placas OSB; (b) estrutura pronta com a fixação da placa OSB



Fonte: Elaboração própria (2025).

Com o fechamento interno finalizado, a estrutura da cobertura é rotacionada com o auxílio de cintas e anilhas (Figura 62), de modo que a face externa fique voltada para cima, permitindo a execução da camada superior.

Figura 62 – Giro e posicionamento da cobertura para execução da face superior



Fonte: Elaboração própria (2025).

Na posição definitiva, aplica-se a camada de isolamento termoacústico composta por feltro de lã de vidro, com espessura de 75 mm, distribuída uniformemente sobre a superfície (Figura 63).

Figura 63 – Aplicação da lã de vidro no sistema de cobertura



Fonte: Elaboração própria (2025).

Sobre o isolamento, são posicionadas placas cimentícias com 6 mm de espessura, que compõem o fechamento externo da cobertura, fixadas à subestrutura metálica por meio de parafusos. As juntas entre as placas e no perímetro recebem tratamento com selantes específicos, conforme especificação do sistema, garantindo a vedação e o desempenho do conjunto.

Por fim, são soldadas nas quatro extremidades superiores da estrutura chapas metálicas de içamento, com dimensões de 170 x 120 mm e espessura de 16 mm, que possibilitam o manuseio e o transporte dos módulos, conforme Figura 64. Após a soldagem, aplica-se galvanização a frio sobre as áreas tratadas, concluindo o processo produtivo da cobertura.

Figura 64 – Alças de içamento fixadas na estrutura da cobertura

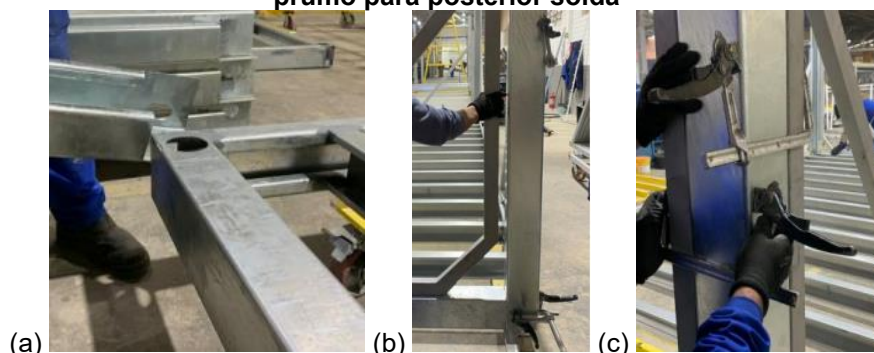


Fonte: Elaboração própria (2025).

4.2.2.3 Montagem do piso, pilares e cobertura

No setor de montagem dos módulos, o painel de piso é posicionado sobre o dispositivo de montagem com rodas e devidamente nivelado para garantir a precisão geométrica. Em seguida, procede-se ao posicionamento do primeiro pilar sobre o sistema de piso já nivelado, assegurando alinhamento e prumo por meio de ferramentas auxiliares fixadas à estrutura. O pilar é orientado com a abertura voltada para o interior do módulo, “abraçando” a intersecção dos perfis longitudinais e transversais do sistema de piso, conforme demonstrado na Figura 65.

Figura 65 – Processo de prumo e fixação dos pilares: (a) colocação do pilar no encontro dos perfis transversal e longitudinal; (b) dispositivo para auxílio de prumo; (c) fixação do pilar no prumo para posterior solda



Fonte: Elaboração própria (2025).

Após este posicionamento, realiza-se a solda do pilar nas intersecções entre os perfis conforme projeto, execução ilustrada na Figura 66.

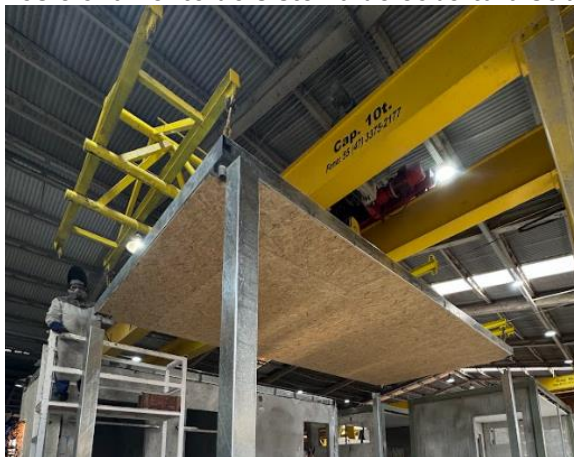
Figura 66 – Posicionamento e fixação do pilar na estrutura do módulo



Fonte: Elaboração própria (2025).

Com os quatro pilares de canto devidamente fixados, procede-se à raspagem dos respingos de solda e à aplicação de pintura galvanizada nas áreas expostas, garantindo proteção contra corrosão. Posteriormente, seleciona-se o sistema de cobertura conforme projeto e realiza-se seu posicionamento sobre os pilares utilizando a ponte pescadora. Ferramentas auxiliares são novamente empregadas para assegurar alinhamento correto, como indicado na Figura 67. A pré-fixação da cobertura é realizada por meio de quatro pontos de solda, dois em cada lado do pilar, garantindo a estabilidade inicial do conjunto.

Figura 67 – Posicionamento do sistema de cobertura sobre os pilares



Fonte: Elaboração própria (2025).

Por fim, o operador realiza a conferência das dimensões finais do módulo, abrangendo comprimento, largura, altura, verificação de diagonais e prumo, com o devido registro na documentação correspondente, conforme apresentado no ANEXO

K – Ficha de Acompanhamento do Módulo. Concluída a verificação dimensional, procede-se à execução da soldagem completa dos cordões inferiores e superiores dos pilares, nos encontros com os perfis longitudinais e transversais do sistema de cobertura. Após a soldagem, os resíduos são removidos com escova de aço apropriada, e as regiões soldadas recebem pintura com aplicação de galvanização a frio. Todas as etapas do processo são formalmente registradas na Ficha de Acompanhamento, a qual acompanha o módulo até sua liberação para a obra, após a devida validação dos requisitos de qualidade aplicáveis.

A Figura 68 apresenta a estrutura completa do módulo, evidenciando a união dos sistemas de piso e cobertura pelos quatro pilares de canto, finalizando o processo de montagem.

Figura 68 – Composição estrutural final do módulo



Fonte: Elaboração própria (2025).

Os módulos são embalados manualmente com plástico *stretch* transparente em rolo. A aplicação do filme deve cobrir todo o perímetro do módulo, estendendo-se desde as bordas do sistema de cobertura (exceto o telhado) até as bordas do piso (Figura 69).

Figura 69 – Sistema de proteção com plástico *stretch* e lona para transporte de módulos

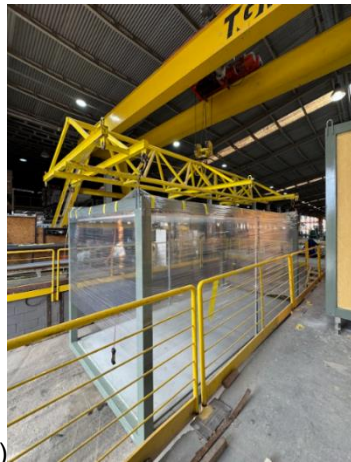


Fonte: Elaboração própria (2025).

4.2.2.4 *Movimentação e armazenamento interno dos módulos na fábrica*

Na unidade fabril, a movimentação interna é realizada com ponte rolante e empilhadeiras, garantindo deslocamentos curtos e posicionamentos precisos na linha de produção (Figura 70).

Figura 70 – Movimentação interna dos módulos com ponte rolante: (a) deslocamento do módulo pela ponte rolante; (b) módulo aguardando remoção para armazenamento



(a)

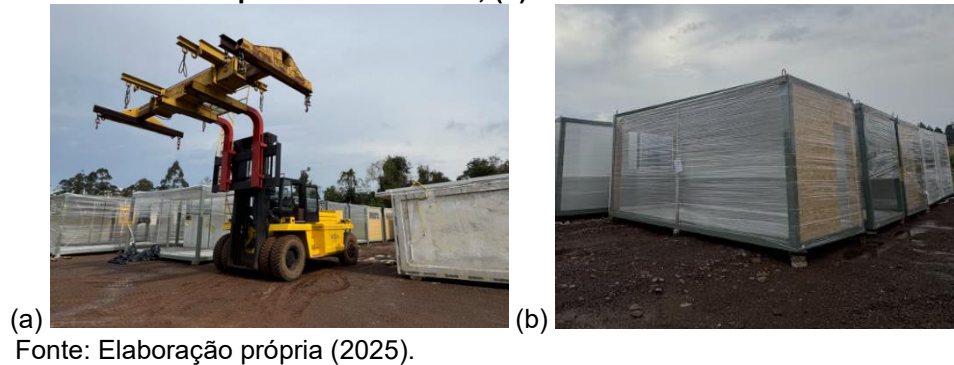


(b)

Fonte: Elaboração própria (2025).

Após a montagem, os módulos são transportados internamente até a área de expedição ou armazenamento, evidenciado na Figura 71, utilizando equipamentos de movimentação de cargas pesadas, como empilhadeiras *combilift* e carretas industriais, que garantem a segurança e integridade estrutural durante o deslocamento.

Figura 71 – Processo de armazenamento dos módulos finalizados: (a) movimentação e transporte dos módulos; (b) armazenamento final



4.3 Logística e transporte dos módulos

A sequência logística que envolve o transporte dos módulos, desde a saída da fábrica até a instalação definitiva no canteiro, pode ser sintetizada no fluxograma da Figura 72, que ilustra as principais etapas do processo.

Figura 72 – Fluxograma das etapas logísticas de transporte dos módulos



Fonte: Elaboração própria (2025).

A operação logística dos módulos inclui transporte de longa distância, armazenamento intermediário e movimentação até o canteiro de obras, realizada por empresas terceirizadas especializadas. No estudo de caso em questão, a GND Incorporadora - construtora da obra Passeio do Mar - ficou responsável pela logística da retirada dos módulos da fábrica até o canteiro de obra.

O transporte compreendeu a transferência dos módulos da fábrica para um terreno de armazenamento temporário, seguida do deslocamento posterior até o canteiro de obras.

4.3.1 Transporte da fábrica ao terreno de armazenamento intermediário

Os módulos foram transportados da fábrica para um terreno de armazenamento a aproximadamente 505 km de distância. Foram utilizados caminhões plataforma compatíveis com as dimensões dos módulos, que excedem a altura e largura padrão do veículo, exigindo Autorização Especial de Trânsito (AET) para o deslocamento em rodovias (Figura 73).

Figura 73 – Movimentação do armazenamento da VISIA para o caminhão que irá fazer deslocamento até o terreno: (a) elevação e alinhamento do módulo; (b) módulo fixado no caminhão para transporte

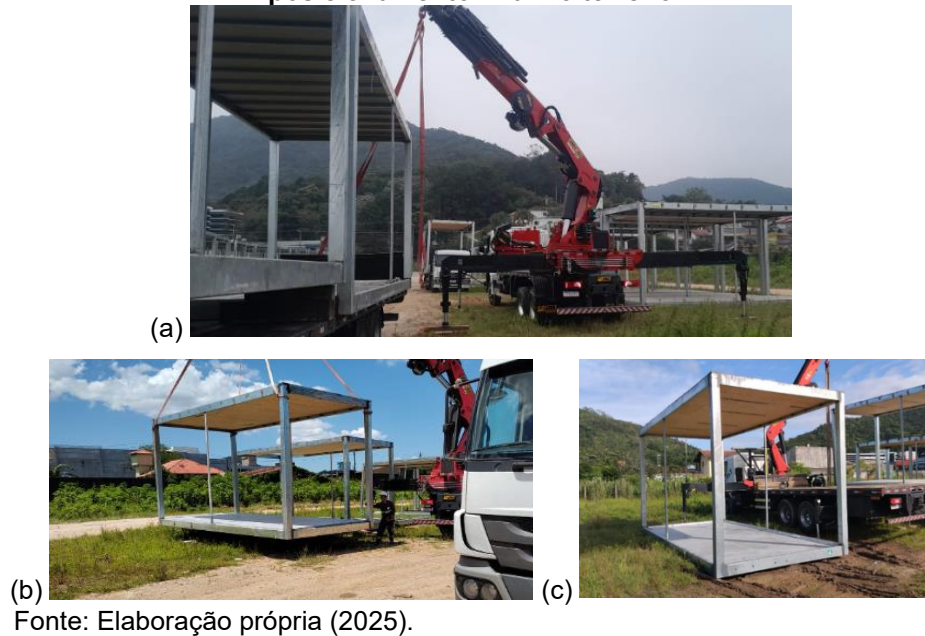


4.3.2 Armazenamento temporário

No terreno de armazenamento, os módulos permaneceram alocados conforme chegaram da fábrica, sem movimentações adicionais. Foram apoiados de

forma nivelada e segura, garantindo a preservação estrutural até a liberação para transporte ao canteiro (Figura 74).

Figura 74 – Içamento dos módulos: (a) início do processo; (b) deslocamento em suspensão; (c) posicionamento final no terreno



4.3.3 Transporte do armazenamento temporário ao canteiro de obras

Após a liberação da obra, os módulos foram transportados do terreno até o canteiro, a uma distância aproximada de 8 km. O içamento e posicionamento sobre as fundações foram realizados por empresas terceirizadas, utilizando guindastes de grande porte para assegurar a precisão e integridade estrutural dos módulos. Em casos de acesso restrito ou distâncias maiores no canteiro, guindastes com maior alcance foram empregados.

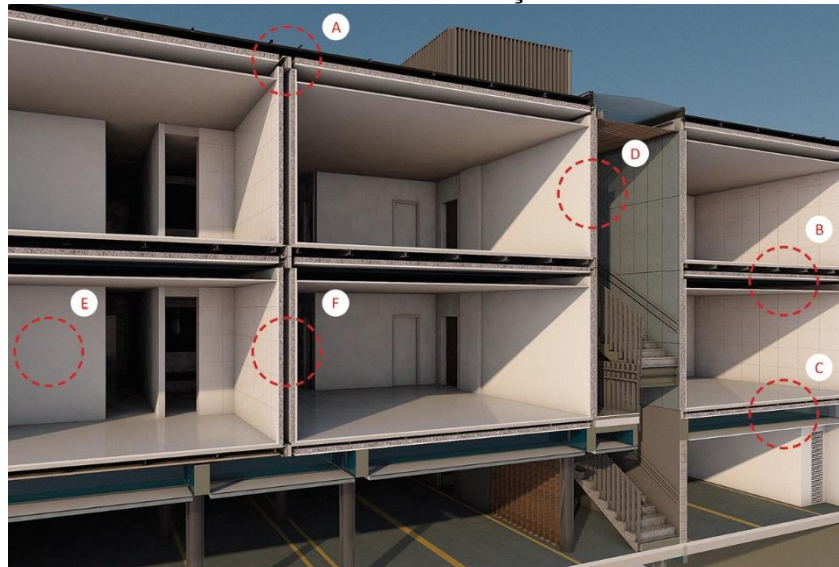
4.4 Execução dos Módulos no Canteiro de Obras

A execução dos módulos no canteiro compreende as operações necessárias para sua implantação e integração, abrangendo os procedimentos construtivos aplicados, o desenvolvimento das vedações, instalações e acabamentos no apartamento-modelo e o detalhamento das intervenções realizadas para garantir o desempenho previsto do sistema modular.

4.4.1 Sistema construtivo Modular do Passeio do Mar

Com o objetivo de compreender a composição completa da obra e o funcionamento de cada elemento, na Figura 75, são apresentadas as camadas construtivas que compõem o sistema modular do empreendimento Passeio do Mar, identificadas de A a F, abrangendo desde a laje de cobertura até o piso inferior dos módulos. Essa análise permite visualizar a estruturação física da edificação e compreender como os diferentes sistemas se articulam entre si, garantindo a continuidade entre as interfaces metálicas e as soluções de vedação externa em *steel frame*, e vedações internas em *drywall* e demais acabamentos empregados.

Figura 75 – Sistema construtivo modular: identificação dos elementos construtivos (A–F)



Fonte: Adaptado do arquivo da empresa GND (2025).

Ao analisar a unidade estudada, o apartamento modelo apresenta os seguintes fechamentos: a) Fechamento (A): Laje de Cobertura (Exterior - Interior), b) Fechamento (B): Laje entre Unidades, d) Fechamento (D): Paredes Externas – *Steel Frame* e e) Fechamento (E): Paredes Internas – *Drywall*, elementos que estruturam o módulo e cuja execução será detalhada ao longo do trabalho. A Figura 76 evidencia a localização desses fechamentos na unidade.

Figura 76 – Apartamento modelo: identificação dos elementos de fechamento (A, B, D e E)

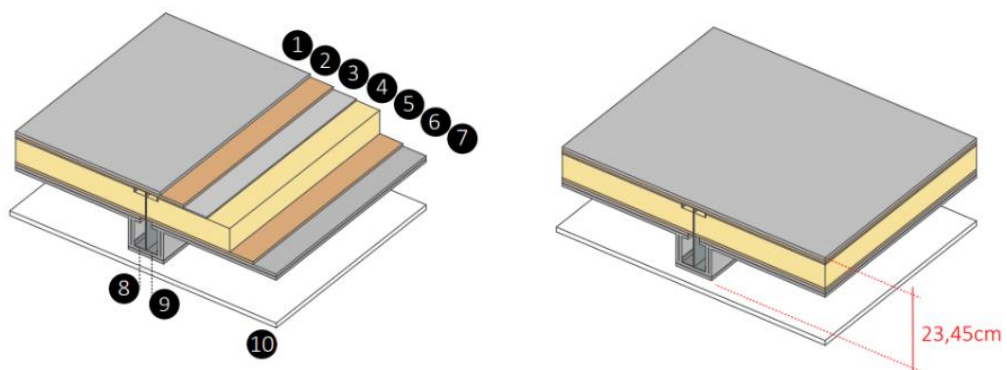


Fonte: Elaboração própria (2025).

a) Fechamento (A): Laje de Cobertura (Exterior - Interior)

A Figura 77 apresenta a composição da laje entre unidades modulares, indicando as camadas que formam o sistema. O Quadro 9 identifica cada elemento numerado, com breve descrição de sua função. O conjunto possui espessura total de 23,45 cm, combinando estrutura metálica, painéis e isolantes para garantir desempenho térmico e acústico adequados.

Figura 77 – Laje de cobertura: detalhe construtivo (A)



Fonte: Elaboração própria (2025).

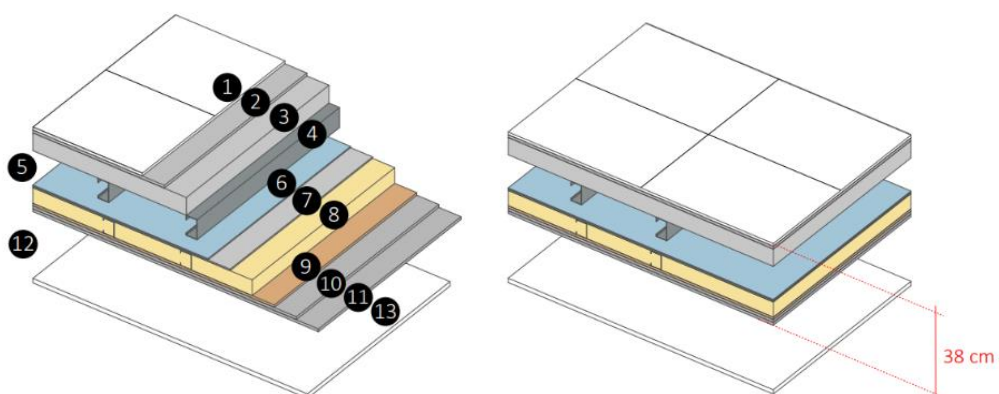
Quadro 9 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo A

ITEM	ELEMENTO	ESPESSURA (mm)	DESCRIÇÃO
1	Manta TPO	1,52	Manta termoplástica à base de poliolefina (TPO), aplicada para impermeabilização das coberturas dos módulos.
2	Placa OSB	11,00	Placa de suporte e rigidez do fechamento.
3	Placa cimentícia	6,00	Revestimento de fechamento rígido e resistente à umidade.
4	Lã de vidro	75,00	Isolante térmico e acústico.
5	Placa OSB	11,00	Placa de suporte e rigidez do fechamento.
6	Placa de gesso ST (1ª camada)	12,50	Revestimento interno para acabamento e vedação.
7	Placa de gesso RF (2ª camada)	12,50	Revestimento para resistência ao fogo.
8	Vazio para instalações + Perfil F530	290,00	Espaço para passagem de dutos e tubulações.
9		290,00	
10	Placa de gesso ST (fechamento final)	12,50	Revestimento final do forro interno.

Fonte: Elaboração própria (2025).

b) Fechamento (B): Laje entre Unidades

A Figura 78 apresenta o detalhe construtivo da laje entre unidades (B), composta por um sistema modular em camadas sobrepostas, que garante isolamento termoacústico, rigidez estrutural e integração entre os módulos. O Quadro 10 identifica cada elemento numerado na imagem, com a descrição de sua função no conjunto. O sistema possui espessura total aproximada de 38 cm, combinando estrutura metálica, isolantes e fechamentos leves para assegurar o desempenho global do pavimento.

Figura 78 – Laje entre unidades: detalhe construtivo (B)

Fonte: Elaboração própria (2025).

Quadro 10 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo B

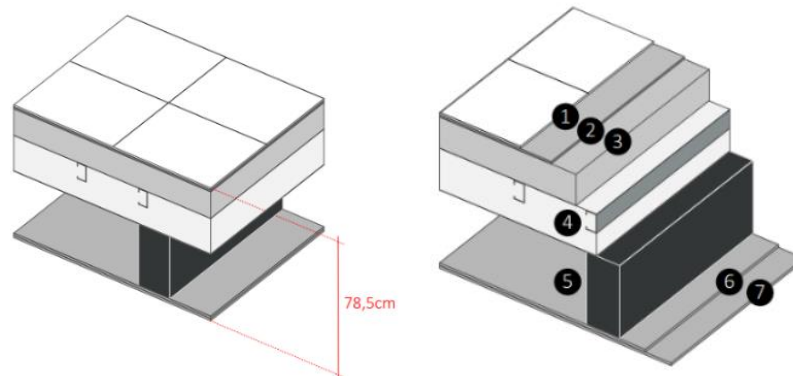
ITEM	ELEMENTO	ESPESSURA (mm)	DESCRIÇÃO
1	Porcelanato	10,00	Revestimento final do piso, de alta resistência e fácil manutenção.
2	Manta acústica	10,00	Camada de isolamento para redução de ruídos de impacto.
3	Laje do módulo	80,00	Base estrutural do módulo superior, responsável pela distribuição de cargas.
4	Vigas metálicas	100,00	Estrutura principal de apoio entre os módulos.
5	Vazio técnico	74,00	Espaço destinado à passagem de instalações entre módulos.
6	Manta aluminizada	10,00	Protege o sistema durante a montagem e transporte.
7	Placa cimentícia	6,00	Revestimento de fechamento rígido e resistente à umidade.
8	Lã de vidro	75,00	Isolante térmico e acústico.
9	Placa OSB	11,00	Placa de suporte e rigidez do fechamento.
10	Placa de gesso ST (1ª camada)	12,50	Revestimento interno para acabamento e vedação.
11	Placa de gesso RF (2ª camada)	12,50	Revestimento para resistência ao fogo.
12	Vazio para instalações + Perfil F530	290,00	Espaço para passagem de dutos e tubulações.
13	Placa de gesso ST (fechamento final)	12,50	Revestimento final do forro interno.

Fonte: Elaboração própria (2025).

c) Fechamento (C): Laje entre o Subsolo e o primeiro pavimento

A Figura 79 apresenta o detalhe construtivo da laje entre o subsolo e o primeiro pavimento (C), composta por um sistema estrutural misto que combina elementos metálicos e concreto armado, com camadas funcionais de acabamento, suporte e estrutura. O conjunto garante elevada resistência estrutural, isolamento acústico e flexibilidade para passagem de instalações técnicas, possuindo espessura total aproximada de 78,5 cm. O Quadro 11 identifica cada elemento numerado na imagem, com a descrição de sua função no conjunto, evidenciando a integração entre piso, estrutura e forro para assegurar desempenho global.

Figura 79 – Laje entre o subsolo e o primeiro pavimento: detalhe construtivo (C)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Quadro 11 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo C

ITEM	ELEMENTO	ESPESSURA (mm)	DESCRIÇÃO
1	Porcelanato Portobello Barcelona Cristal 90x90 Natural Retificado	10,00	Revestimento final do piso, de alta resistência e fácil manutenção.
2	Manta acústica	10,00	Camada de isolamento para redução de ruídos de impacto.
3	Laje do módulo	80,00	Base estrutural do módulo superior, responsável pela distribuição de cargas.
4	Perfis metálicos dos módulos + Viga de concreto	170,00	Estrutura metálica dos módulos + vigas de concreto que integra e rigidifica o conjunto.
5	Viga de concreto e vazio técnico	500,00	Suporte adicional que permite passagem de dutos e tubulações sem comprometer a laje.
6	Placa de gesso ST (1ª camada)	12,50	Revestimento interno para acabamento e vedação.
7	Placa de gesso RF (2ª camada)	12,50	Revestimento final das garagens para resistência ao fogo.

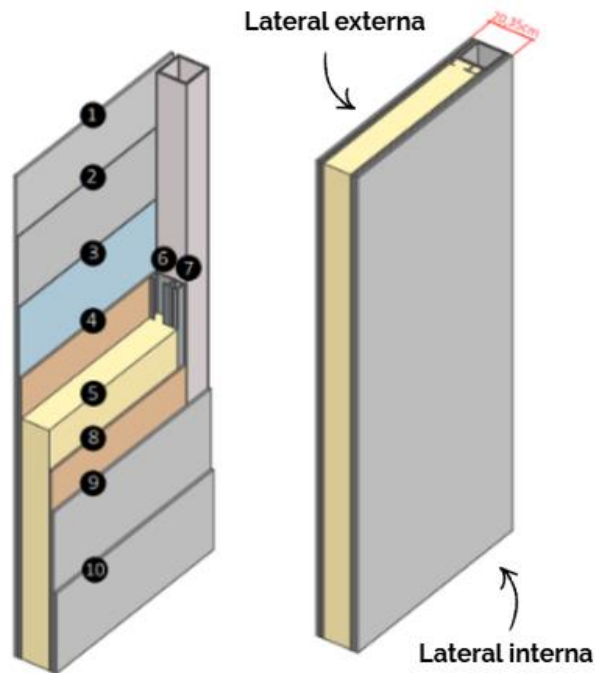
Fonte: Elaboração própria (2025).

d) Fechamento (D): Paredes Externas – *Steel Frame*

A Figura 80 apresenta o detalhe construtivo das paredes externas (D), compostas por um sistema em camadas que integra proteção externa, estrutura metálica, isolantes e acabamento interno. O Quadro 12 identifica cada elemento numerado na imagem, descrevendo sua função no conjunto.

O sistema possui espessura total aproximada de 20,35 cm, combinando desempenho térmico, acústico, resistência e estanqueidade.

Figura 80 – Parede externa: detalhe construtivo (D)



Fonte: Elaboração própria (2025).

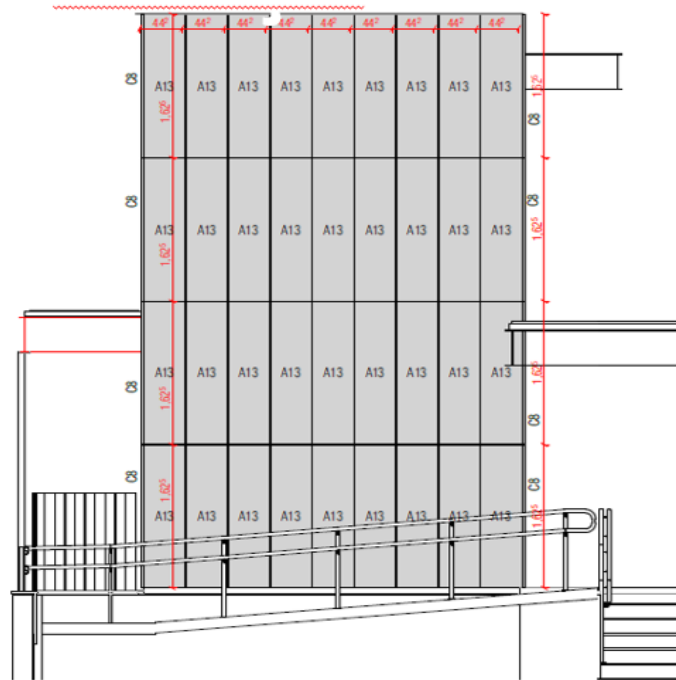
Quadro 12 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo D

ITEM	ELEMENTO	ESPESSURA (mm)	DESCRIÇÃO
1	Painel GRC	12,50	Proteção externa contra intempéries, impacto e desgaste, garantindo durabilidade do revestimento.
2	Placa cimentícia	6,00	Revestimento de fechamento rígido e resistente à umidade.
3	Membrana hidrófuga drenante	1,80	Membrana com camada de proteção contra umidade e infiltração de ar.
4	Placa OSB	11,00	Placa de suporte e rigidez do fechamento.
5	Lã de vidro	75,00	Isolante térmico e acústico.
6	Perfil <i>steel frame</i>	90,00	Elemento portante principal do sistema de parede.
7	Perfil de <i>drywall</i>	70,00	Cria vão técnico para passagem de instalações elétricas e hidráulicas.
8	Placa OSB	11,00	Placa de suporte e rigidez do fechamento.
9	Placa de gesso ST (1ª camada)	12,50	Revestimento interno para acabamento e vedação.
10	Placa de gesso ST (2ª camada)	12,50	Revestimento interno para acabamento e vedação.
	Placa de gesso RU (2ª camada)	12,50	Revestimento para áreas úmidas internas.

Fonte: Elaboração própria (2025).

As placas de GRC utilizadas no fechamento externo são instaladas seguindo um sistema específico de paginação, que define a disposição, o alinhamento e a sequência de montagem na fachada, agregando rigidez, precisão dimensional e qualidade estética à fachada, tornando o sistema mais completo e durável. Esse processo pode ser observado na Figura 81.

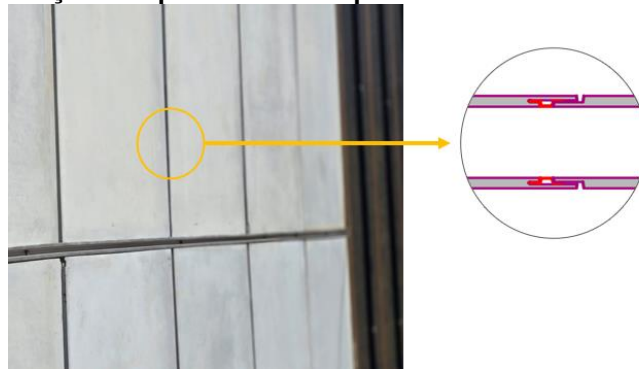
Figura 81 – Paginação das placas na fachada da obra



Fonte: Arquivo da empresa GND (2025).

As placas de GRC são fixadas por meio de um sistema de encaixe macho-fêmea entre os painéis, o qual garante a continuidade superficial e o correto travamento entre as peças. Esse encaixe é complementado por presilhas metálicas, responsáveis pela ancoragem das placas de GRC às placas cimentícias de suporte, assegurando a estabilidade do conjunto. Conforme apresentado na Figura 82, o destaque da imagem evidencia especificamente o detalhe do encaixe macho-fêmea entre duas placas adjacentes, bem como a posição e o funcionamento das presilhas metálicas, que atuam na fixação posterior do sistema.

Figura 82 – Fixação das placas de GRC por encaixe macho-fêmea e presilhas

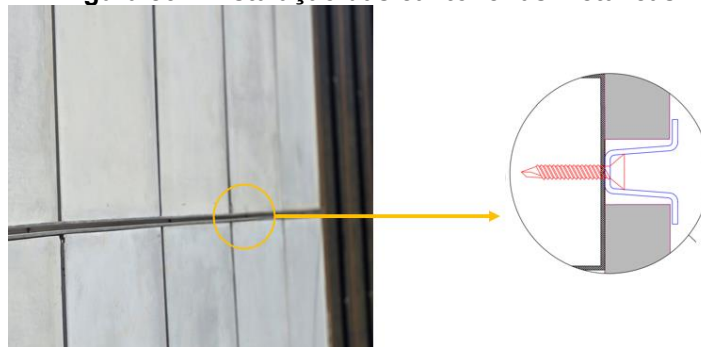


Fonte: Elaboração própria (2025).

Para garantir a sustentação inferior, o correto alinhamento e o posicionamento adequado das placas durante a execução, é utilizada uma cantoneira metálica na base do sistema, que funciona como elemento de apoio inicial para a montagem dos painéis.

A Figura 83 apresenta um detalhamento distinto, no qual o destaque está direcionado à interface entre a placa de GRC e a cantoneira metálica, evidenciando sua função estrutural de apoio e nivelamento, diferente do detalhe de encaixe entre placas mostrado na figura anterior.

Figura 83 – Instalação das cantoneiras metálicas



Fonte: Elaboração própria (2025).

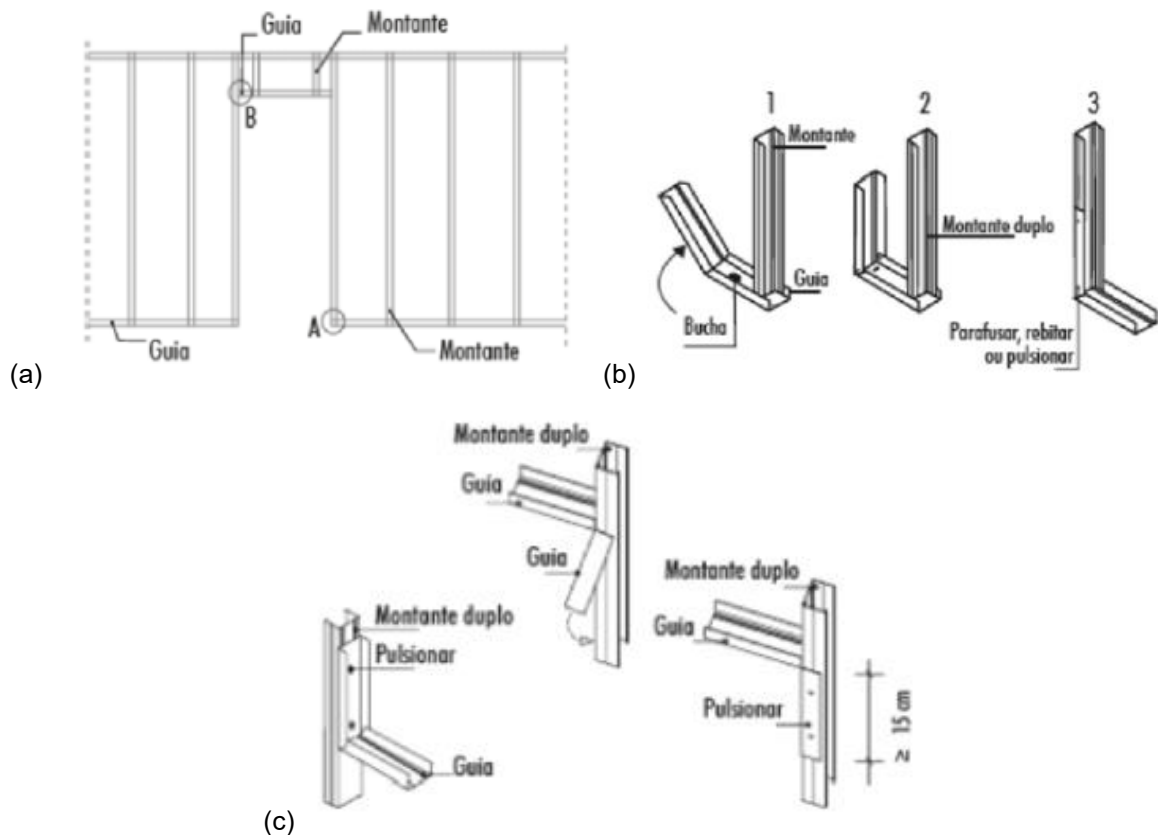
O fechamento externo dos módulos do empreendimento Passeio do Mar é composto por painéis estruturais executados em *steel frame*, pré-fabricados em indústria e entregues ao canteiro com fechamento em placas, sendo no local realizada apenas a montagem e fixação dos painéis. Esse sistema é responsável por suportar as cargas verticais e horizontais do conjunto e, ao mesmo tempo, receber as camadas de vedação, isolamento e acabamento.

O projeto de modulação desses painéis é desenvolvido previamente à fabricação, definindo a tipologia e as dimensões dos perfis metálicos, bem como a quantidade e a disposição dos elementos de fixação, assegurando a racionalização de materiais e a repetibilidade do processo produtivo.

A estrutura das paredes é constituída por guias horizontais, superior e inferior, e por montantes verticais, dispostos conforme o projeto de modulação estrutural. O espaçamento entre os montantes é definido de acordo com as cargas atuantes, a posição das aberturas e os requisitos de fixação dos fechamentos internos e externos, garantindo estabilidade e uniformidade ao sistema.

A Figura 84 apresenta o modelo de modulação adotado para as paredes externas do empreendimento, com a identificação dos painéis e a numeração sequencial utilizada nas etapas de produção e montagem dos módulos.

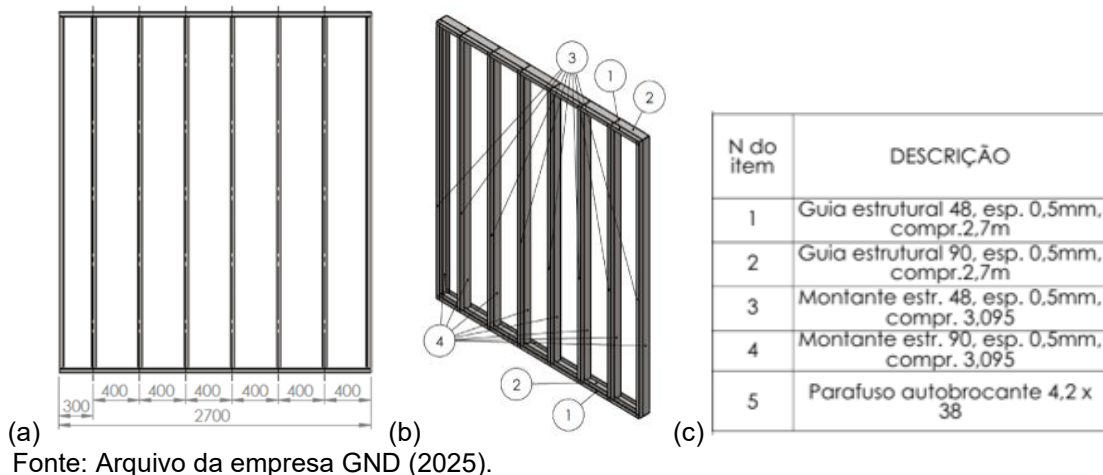
Figura 84 – Sequência de modulação das paredes externas: (a) modelo de montagem da estrutura; (b) fixação dos montantes da parede; (c) estrutura de armação da porta com guia



Fonte: Arquivo da empresa GND (2025).

A partir da modulação, cada painel é fabricado individualmente e posteriormente integrado à estrutura do módulo no canteiro. A Figura 85 exemplifica o detalhamento de um painel típico, evidenciando a disposição dos montantes, guias e reforços localizados.

Figura 85 – Detalhamento técnico da parede externa conforme modulação estrutural: (a) vista frontal do painel com distribuição dos montantes; (b) vista isométrica com representação das guias e reforços; (c) tabela de identificação dos elementos estruturais do painel

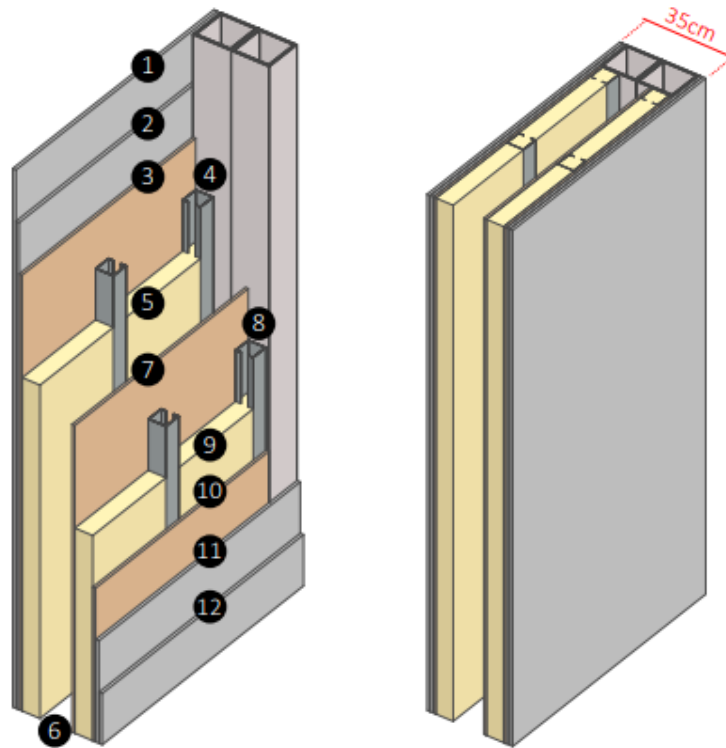


Esse sistema garante controle dimensional, encaixe preciso entre os módulos e compatibilidade entre os painéis, contribuindo para a qualidade da execução e a eficiência do processo em obra.

e) Fechamento (E): Paredes Internas – Drywall

A Figura 86 apresenta o detalhe construtivo das paredes internas (E), compostas por um sistema leve em camadas que integra acabamento, estrutura metálica, isolantes e suporte estrutural. O Quadro 13 identifica cada elemento numerado na imagem, destacando sua função no conjunto. O sistema possui espessura total aproximada de 11,7 cm, garantindo resistência, desempenho acústico e precisão na compartimentação dos ambientes internos.

Figura 86 – Paredes internas: detalhe construtivo (E)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Quadro 13 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo E

ITEM	ELEMENTO	ESPESSURA (mm)	DESCRIÇÃO
1	Placa de gesso ST (2ª camada)	12,50	Revestimento interno para acabamento e vedação.
	Placa de gesso RU (2ª camada)	12,50	Revestimento para áreas úmidas internas.
2	Placa de gesso ST (1º camada)	12,50	Revestimento interno para acabamento e vedação.
3	Placa OSB	11,00	Placa de suporte e rigidez do fechamento.
4	Perfil <i>steel frame</i>	90,00	Elemento portante principal do sistema de parede.
5	Lã de vidro	75,00	Isolante térmico e acústico.
6	Vazio	87,00	Câmara de desacoplamento acústico entre as unidades.
7	Placa OSB	11,00	Placa de suporte e rigidez do fechamento.
8	Perfil <i>steel frame</i>	90,00	Elemento portante principal do sistema de parede.
9	Lã de vidro	75,00	Isolante térmico e acústico.
10	Placa OSB	11,00	Placa de suporte e rigidez do fechamento.
11	Chapa de gesso ST (1º camada)	12,50	Acabamento interno do segundo painel, proteção ao fogo e acústica.
12	Placa de gesso ST (2ª camada)	12,50	Revestimento interno para acabamento e vedação.
	Placa de gesso RU (2ª camada)	12,50	Revestimento para áreas úmidas internas.

Fonte: Elaboração própria (2025).

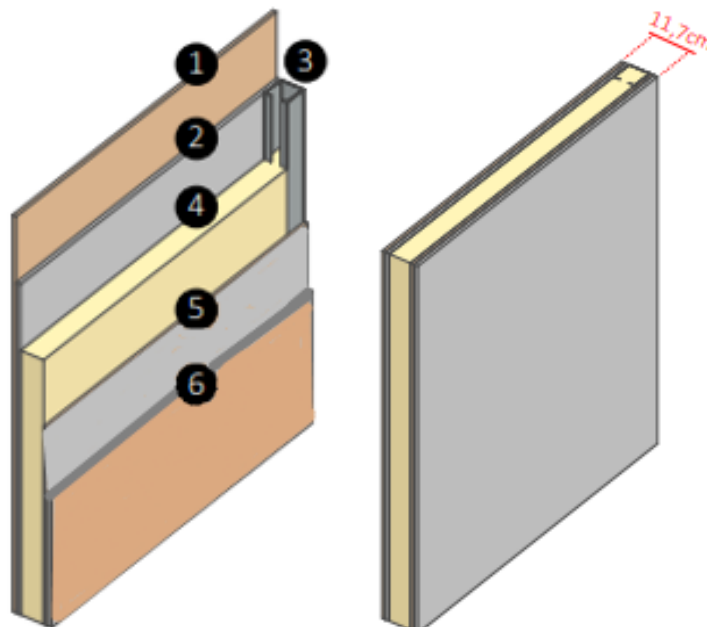
No caso das paredes internas, a modulação estrutural é definida a partir da distribuição dos ambientes, estabelecendo a disposição das guias e montantes que compõem cada painel, conforme apresentado no ANEXO C – Modulação estrutural das paredes internas do módulo. Esse sistema permite a compartimentação eficiente dos ambientes, assegurando desempenho acústico e resistência mecânica às cargas de uso e às ações de manuseio, conforme as exigências do projeto.

f) Fechamento (F): Parede entre Unidades

A Figura 87 apresenta o detalhe construtivo da parede entre unidades (F), composta por um sistema duplo de painéis estruturados leves conforme o Fechamento (E): Paredes Internas – Drywall, que assegura isolamento acústico, rigidez estrutural e segurança entre compartimentos independentes.

O Quadro 14 identifica cada elemento numerado na imagem, destacando sua função no conjunto. O sistema possui espessura total aproximada de 35 cm, incluindo dois painéis autônomos separados por um vão técnico central, garantindo excelente desempenho na redução de ruídos entre unidades.

Figura 87 – Parede entre unidades: detalhe construtivo (F)



Fonte: Elaboração própria (2025).

Quadro 14 – Camadas do Sistema de Fechamento Tipo F

ITEM	ELEMENTO	ESPESSURA (mm)	DESCRIÇÃO
1	Placa de gesso ST	12,50	Revestimento interno para acabamento e vedação.
2	Placa OSB	11,00	Placa de suporte e rigidez do fechamento.
3	Perfil de <i>drywall</i>	70,00	Cria vão técnico para passagem de instalações elétricas e hidráulicas.
4	Lã de vidro	140,00	Isolante térmico e acústico.
5	Placa OSB	11,00	Placa de suporte e rigidez do fechamento.
6	Placa de gesso ST	12,50	Revestimento interno para acabamento e vedação.

Fonte: Elaboração própria (2025).

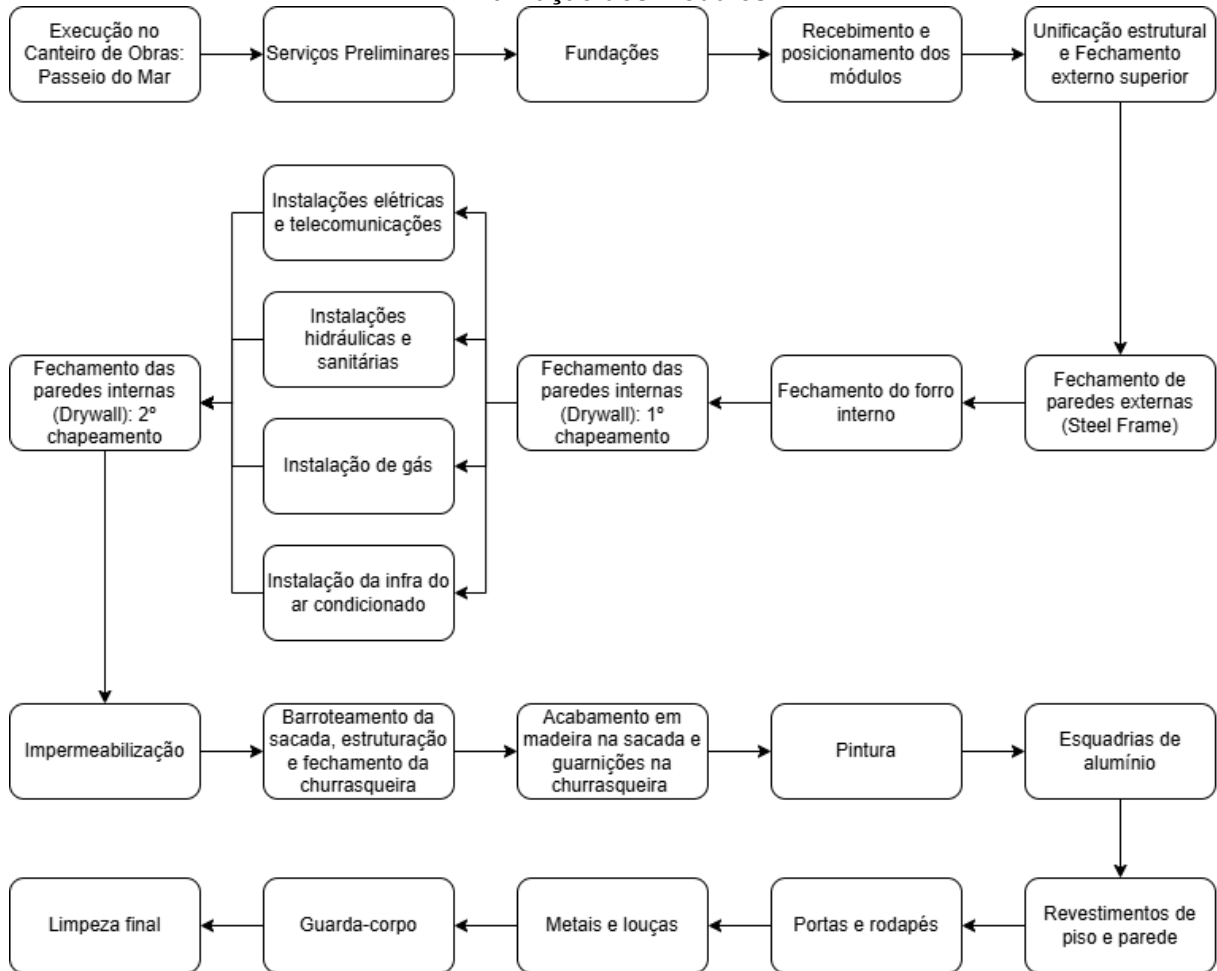
4.4.2 Execução do empreendimento Passeio do Mar

A subseção apresenta, de forma objetiva, o processo de execução dos módulos no canteiro, desde a instalação inicial até a integração geral das vedações, instalações e acabamentos, incluindo o tratamento das interfaces no apartamento-modelo.

4.4.2.1 Etapas de Execução no Canteiro de Obras

As etapas executivas realizadas no canteiro de obras, desde a preparação do terreno até a montagem final dos módulos, estão resumidas no fluxograma da Figura 88.

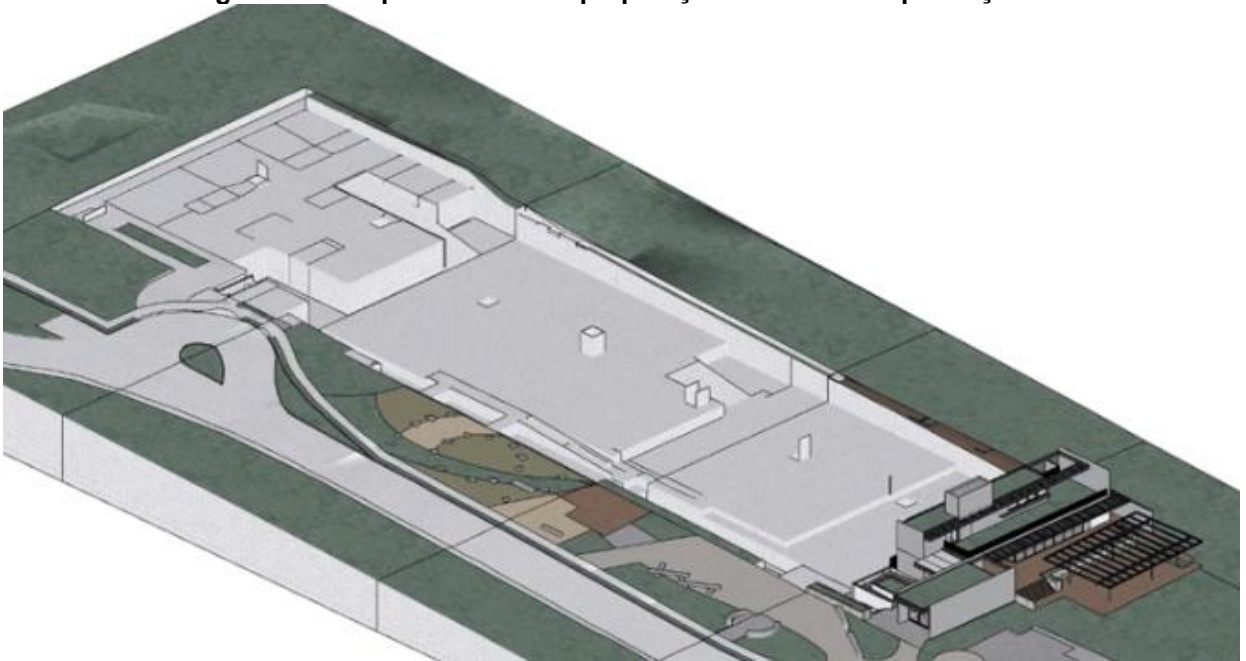
Figura 88 – Fluxograma do processo de execução, desde a preparação do terreno até a finalização dos módulos



Fonte: Elaboração própria (2025).

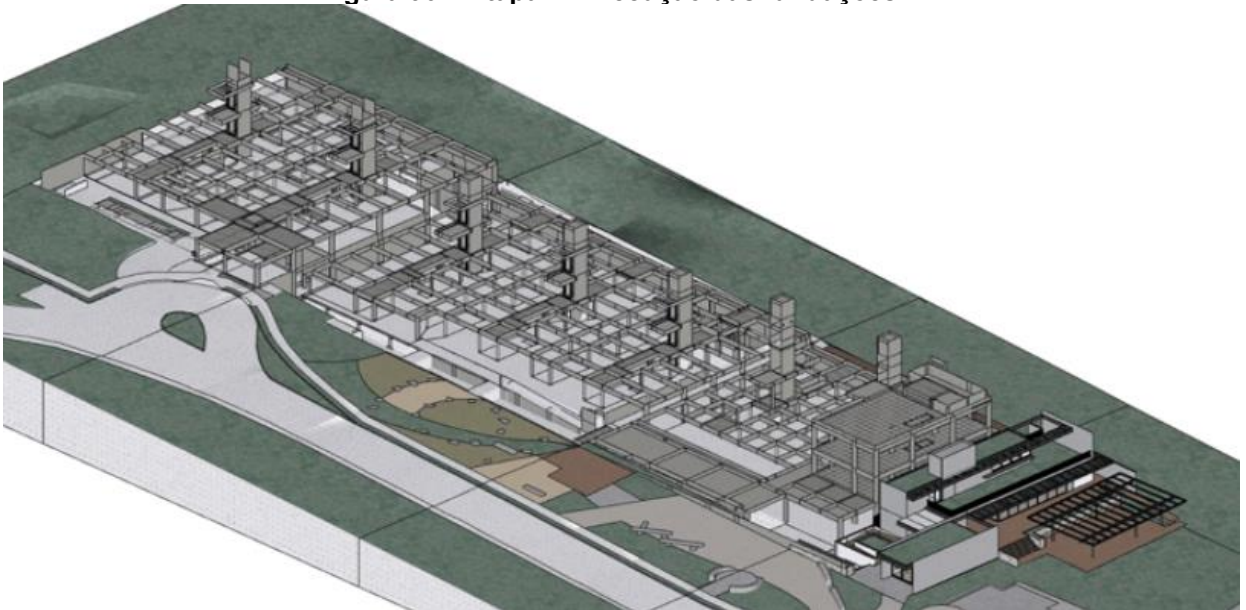
Para ilustrar o processo de implantação e montagem do sistema modular no empreendimento Passeio do Mar, apresentam-se na Figura 89, Figura 90, Figura 91 e Figura 92, a evolução construtiva integralmente realizada no canteiro de obras. A Figura 89 corresponde à etapa de preparação do terreno, incluindo serviços de sondagem, limpeza e terraplenagem. A Figura 90 evidencia a execução das fundações, o nivelamento da base e a estrutura de suporte. A Figura 91 apresenta a locação e posicionamento dos módulos no local. Por fim, a Figura 92 demonstra a etapa de vedações, acabamentos dos módulos e a finalização geral do canteiro de obras.

Figura 89 – Etapa 1: Terreno e preparação da área de implantação



Fonte: Arquivo da empresa GND (2025).

Figura 90 – Etapa 2: Execução das fundações



Fonte: Arquivo da empresa GND (2025).

Figura 91 – Etapa 3: Posicionamento e montagem dos módulos estruturais



Fonte: Arquivo da empresa GND (2025).

Figura 92 – Etapa 4: Obra concluída com fechamentos e acabamentos externos



Fonte: Arquivo da empresa GND (2025).

4.4.2.2 Serviços preliminares

Antes da chegada dos módulos ao canteiro, foram executados serviços preparatórios essenciais à implantação do sistema construtivo. Esses serviços tiveram como objetivo adequar o terreno às condições necessárias para a montagem e

garantir a infraestrutura básica para o desenvolvimento das atividades subsequentes. Entre as ações realizadas destacam-se:

- Movimentação de terra e preparação do terreno;
- Sondagens e estudos geotécnicos;
- Execução de instalações provisórias;
- Limpeza e corte de vegetação no perímetro da obra;
- Planejamento e locação topográfica;
- Rebaixamento do lençol freático (inicialmente por bombeamento provisório e, posteriormente, por drenagem definitiva).

No caso do Passeio do Mar, o terreno apresentava irregularidades significativas, exigindo etapas de regularização e compactação do solo antes da execução das fundações, conforme aparenta na Figura 93.

Figura 93 – Preparação e nivelamento do terreno



Fonte: Elaboração própria (2025).

Em sequência aos serviços preliminares, deu-se início à execução das fundações da obra Passeio do Mar, que foram realizadas a partir da combinação de sapatas isoladas, paredes diafragma e cortinas de contenção em sapata corrida, definidas conforme as condições geotécnicas e topográficas do terreno (Figura 94). Essa solução mista teve como finalidade garantir a estabilidade global da estrutura, adequando-se às variações de desnível do lote e à presença do lençol freático.

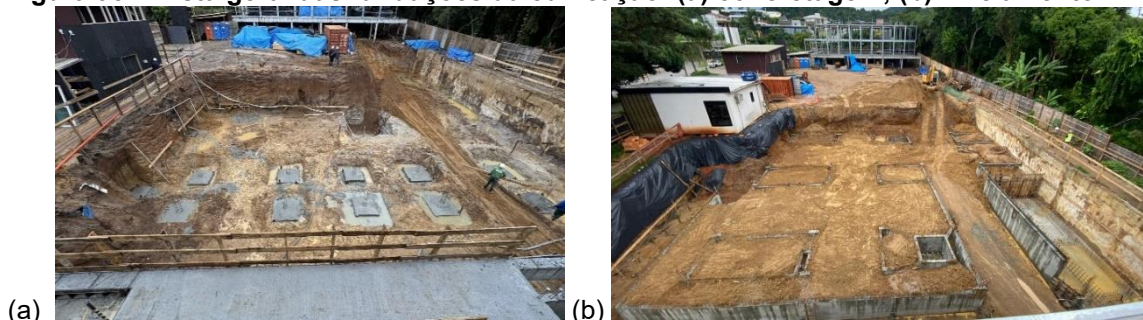
Figura 94 – Vista geral das fundações da edificação: caixaria



Fonte: Elaboração própria (2025).

As sapatas isoladas foram aplicadas na fundação principal da edificação, constituindo o elemento de apoio direto das cargas estruturais. Para sua execução, realizaram-se inicialmente os serviços de escavação e limpeza das cavas, seguidos pela montagem das armações de aço e pelo lançamento do concreto estrutural, garantindo o cobrimento mínimo e o correto posicionamento das armaduras (Figura 95).

Figura 95 – Vista geral das fundações da edificação: (a) concretagem; (b) nivelamento



Fonte: Elaboração própria (2025).

Nas laterais externas do terreno, foram executadas paredes diafragma e cortinas de contenção, utilizadas para estabilizar o solo e conter os empuxos laterais, especialmente nas áreas de maior variação altimétrica.

Concluídas as etapas de fundação e contenção, executaram-se as vigas baldrame e os pilares de suporte, que interligam as sapatas e formam uma base estrutural contínua, capaz de distribuir uniformemente as cargas dos módulos metálicos (Figura 96). Essa etapa assegurou a geometria e a exatidão dimensional da base, estabelecendo uma interface segura e estável entre a infraestrutura em concreto armado e a superestrutura modular.

Figura 96 – Vista geral das fundações da edificação: desforma



Fonte: Elaboração própria (2025).

Com os módulos fabricados, transportados e armazenados, iniciam-se então as atividades de integração em canteiro, voltadas à fixação dos módulos à fundação e à consolidação da estrutura final da edificação.

4.4.2.3 Recebimento, Instalação e Fixação dos Módulos

Com base nas ordens de carregamento emitidas e nos projetos da edificação, o recebimento dos módulos foi realizado de forma individualizada, inicialmente conduzido pelo engenheiro da obra para garantir maior controle e precisão, e posteriormente executado por um funcionário terceirizado, mantendo o acompanhamento conforme os procedimentos definidos. Durante essa etapa, foram verificados itens como a identificação de cada módulo conforme a planta, a integridade da carga, a conferência da solda dos pilares, a verificação de materiais avulsos transportados e a inspeção do piso de concreto e da estrutura do módulo. Todas as movimentações para estocagem foram acompanhadas por um responsável capacitado, utilizando quatro pontos de içamento para módulos de 6 metros e seis pontos para módulos de 7 metros, atendendo às recomendações do projetista e garantindo a segurança e integridade estrutural durante o transporte e posicionamento no canteiro (Figura 97).

Figura 97 – Recebimento dos módulos no canteiro: (a) movimentação dos módulos; (b) posicionamento dos módulos no canteiro de obras



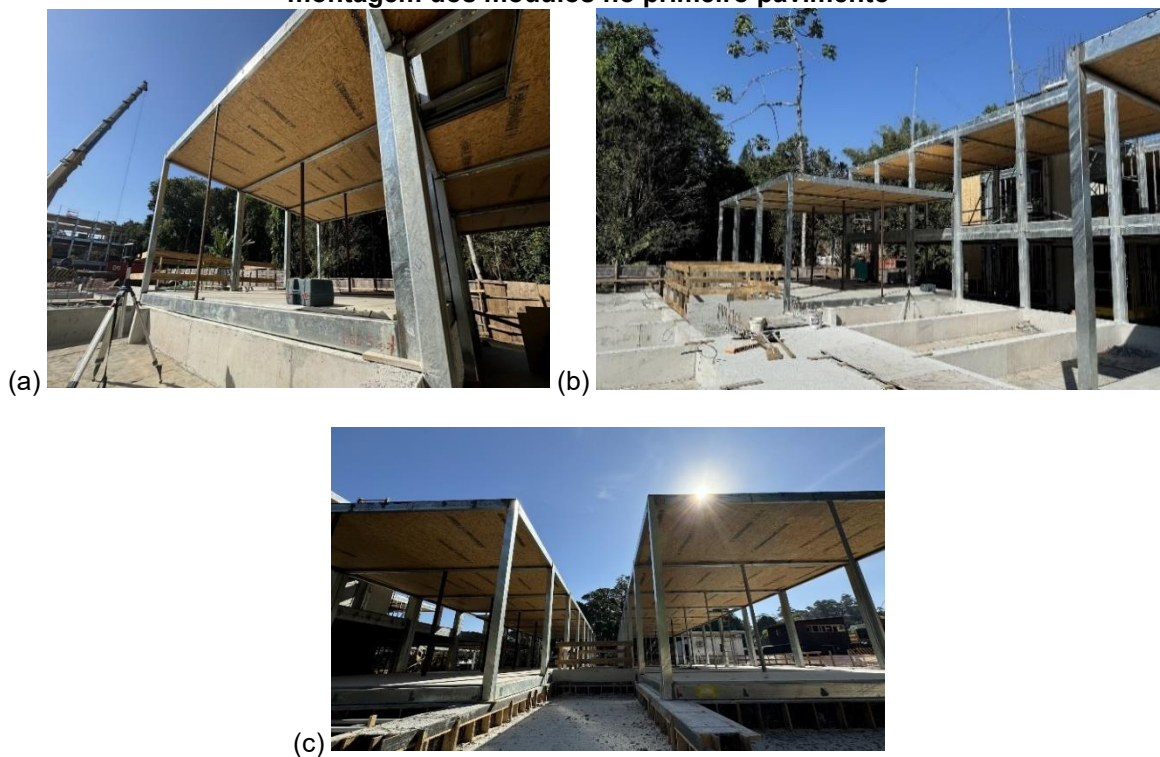
Fonte: Elaboração própria (2025).

A identificação dos módulos segue a nomenclatura definida em projeto, apresentada no ANEXO B – Nomenclatura e disposição dos módulos, na qual cada código indica o bloco, a torre, o apartamento e a ordem de montagem. Nesse sistema, “MOD” refere-se ao módulo, seguido pela identificação do bloco e torre (por exemplo, A1 = Bloco A, Torre 1), e pelo número do apartamento.

Cada módulo recebe ainda um número sequencial conforme sua alocação; no Apartamento Modelo, foram utilizados dez módulos, numerados de 1 a 10. As demais siglas presentes nas plantas correspondem a marcações internas do projeto.

A execução seguiu metodologias distintas conforme o pavimento: no primeiro pavimento, montou-se um andar completo, atentando-se ao alinhamento das faces e fachadas, enquanto no segundo pavimento cada módulo superior foi diretamente soldado aos módulos inferiores, garantindo a integração estrutural (Figura 98).

Figura 98 – Instalação dos módulos na estrutura: (a) posicionamento inicial; (b) e (c) montagem dos módulos no primeiro pavimento

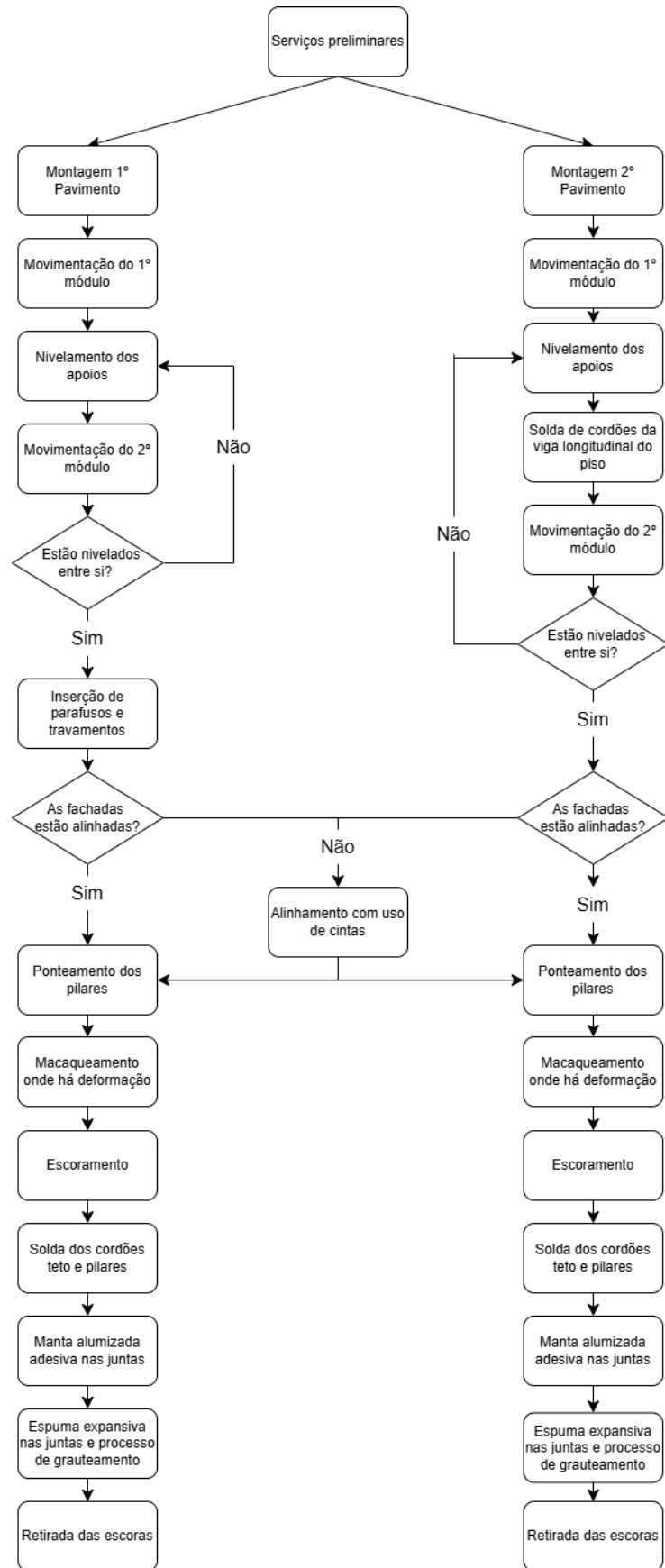


Fonte: Elaboração própria (2025).

Para todos os módulos, foram seguidas as orientações da empresa VISIA, mantendo no canteiro uma cópia atualizada do projeto executivo, com marcações na laje de apoio e ajustes para assegurar o correto assentamento e alinhamento.

O fluxograma apresentado na Figura 99 apresenta, de forma integrada, as etapas do processo de montagem dos módulos correspondentes ao primeiro e ao segundo pavimento.

Figura 99 – Sequência de montagem do primeiro e do segundo pavimento

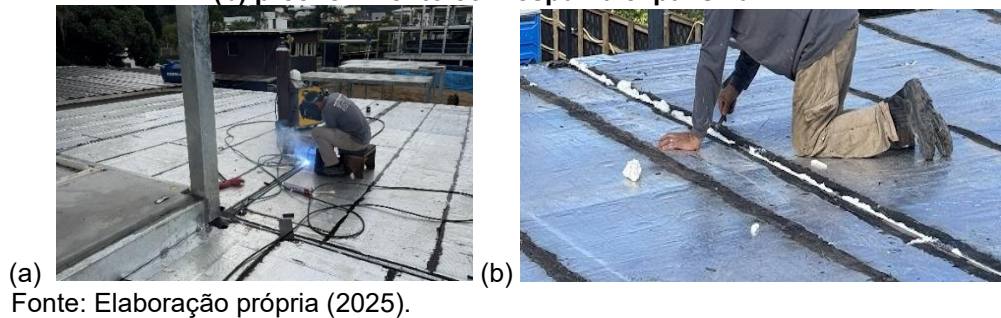


Fonte: Elaboração própria (2025).

O alinhamento da fachada foi executado tomando como referência uma das faces dos módulos, assegurando estabilidade e precisão ao longo de toda a estrutura. Para compensar possíveis empenamentos, foi realizada verificação do esquadro tridimensional, medindo-se as distâncias entre cantos superiores e inferiores dos pilares, e o alinhamento foi ajustado por meio do encaixe macho-fêmea do piso e da inserção de barras rosqueadas com parafusos tipo borboleta nos pilares.

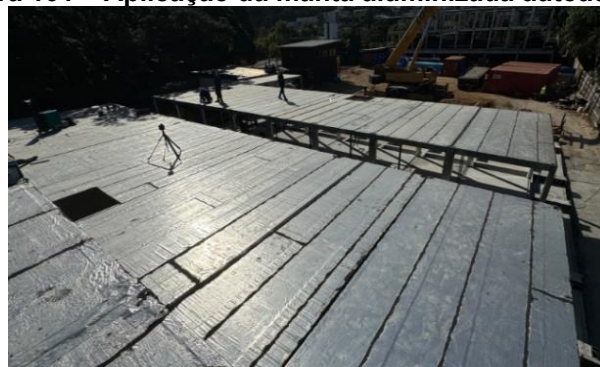
Ao longo do processo, os módulos do primeiro pavimento e, posteriormente do segundo pavimento, passaram por um procedimento sistemático de unificação estrutural e fechamento do forro externo. Inicialmente, realizou-se a soldagem das peças metálicas, consolidando a estrutura do conjunto. Em seguida, procedeu-se ao preenchimento com espuma expansiva, promovendo vedação e isolamento acústico, como evidenciado na Figura 100.

Figura 100 – Integração dos módulos entre si: (a) preenchimento da junta superior com solda; (b) preenchimento com espuma expansiva



Nesse processo, observa-se na Figura 101 que foi aplicada uma manta aluminizada autoadesiva, garantindo estanqueidade, proteção contra infiltrações e passagem de ar, além de contribuir para o desempenho acústico do sistema.

Figura 101 – Aplicação da manta aluminizada autoadesiva



A disposição dos elementos do forro externo deste apartamento segue os critérios estabelecidos no item a) Fechamento (A): Laje de Cobertura (Exterior - Interior). No segundo pavimento, sobre a laje de cobertura, foi aplicada uma manta aluminizada autoadesiva com função de impermeabilização e barreira térmica. Sobre essa camada, foi executada uma estrutura metálica secundária, destinada à fixação e ao suporte da camada subsequente, constituída por painéis de OSB, conforme evidenciado na Figura 102.

Figura 102 – Estrutura metálica instalada sobre a manta como suporte do fechamento



Fonte: Elaboração própria (2025).

Posteriormente, como apresentado na Figura 103, aplicou-se o painel de OSB, oferecendo resistência mecânica e base para o acabamento.

Figura 103 – Fixação do painel de OSB para resistência mecânica e suporte de acabamento



Fonte: Elaboração própria (2025).

Por fim, concluiu-se o processo de cobertura dos módulos do segundo pavimento com a aplicação da membrana de TPO, executada por empresa terceirizada especializada. A instalação consistiu no posicionamento da manta sobre a base previamente preparada, seguido da fixação ao sistema e da termossoldagem das emendas, realizada com equipamento de ar quente. Esse procedimento garantiu a estanqueidade do conjunto, a continuidade do sistema de impermeabilização e a proteção da edificação contra intempéries, assegurando maior durabilidade ao sistema de cobertura, como representado na Figura 104.

Figura 104 – Camada final de TPO completando o fechamento do forro externo



Fonte: Elaboração própria (2025).

Com o fechamento externo dos módulos concluído e os elementos estruturais estabilizados, iniciou-se a fase interna de montagem.

Durante a montagem, foi essencial garantir a máxima aproximação entre os pilares dos módulos, respeitando o espaçamento de projeto previsto em 0 mm. No entanto, pequenas imperfeições nos perfis metálicos e desvios acumulados ao longo das etapas anteriores podem ocasionar afastamentos maiores do que o desejado. Para isso os pilares dos módulos foram aproximados com auxílio de cintas ou talhas manuais — equipamentos mecânicos utilizados para tracionar e ajustar elementos estruturais de forma controlada. Quando necessário, foram realizadas correções pontuais para garantir o alinhamento adequado, com a vedação das extremidades externas executada com silicone, conforme ilustrado na Figura 105.

Figura 105 – Vedação das extremidades externas com silicone



Fonte: Elaboração própria (2025).

A montagem final dos módulos incluiu a execução das soldas internas (Figura 106), com proteção dos acabamentos já fixados e respeitando as instruções de projeto quanto ao tamanho dos cordões e espaçamento, sendo que as primeiras soldas ajustaram os módulos em suas posições definitivas, enquanto as intermediárias e finais foram executadas intercaladamente para evitar acúmulo de calor.

Figura 106 – Processo de solda interna do módulo



Fonte: Elaboração própria (2025).

Os acabamentos pós-montagem incluíram o tratamento das juntas entre módulos. Inicialmente, aplicou-se pintura anticorrosiva à base de óxido de ferro, com

a finalidade de prevenir a oxidação das soldas responsáveis pela união entre os módulos. Em seguida, as frestas foram preenchidas com espuma expansiva, garantindo vedação acústica, conforme ilustrado na Figura 107.

Figura 107 – Tratamento das juntas entre módulos: (a) pintura da solda; (b) junta finalizada após pintura; (c) aplicação de espuma expansiva para vedação; (d) junta finalizada com a espuma após secagem

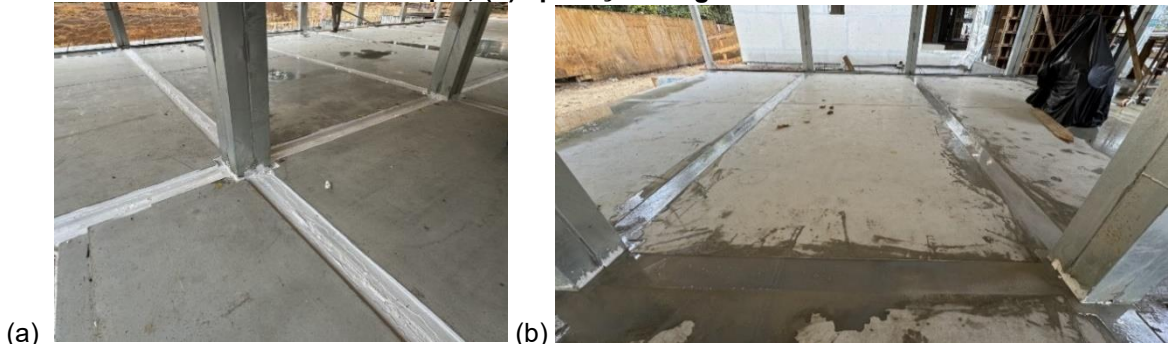


Fonte: Elaboração própria (2025).

Em sequência, as juntas de piso foram preenchidas com mastique e com argamassa industrializada do tipo graute/microconcreto fluido de alta resistência, materiais que desempenham funções complementares. O mastique foi aplicado nas juntas sujeitas à movimentação relativa, como juntas de dilatação e de transição entre elementos, atuando como selante flexível para absorção de deformações e prevenção de infiltrações. A argamassa industrializada, de comportamento rígido após a cura, autoadensável e autonivelante, foi utilizada nas juntas rígidas, caracterizadas pela inexistência de movimentação significativa entre os elementos adjacentes, com a finalidade de promover o preenchimento integral, o nivelamento e a continuidade da superfície do piso. O material apresenta elevada resistência mecânica inicial e final,

retração controlada e baixa permeabilidade à água, assegurando desempenho estrutural, durabilidade e acabamento adequado (Figura 108).

Figura 108 – Procedimento nas juntas de piso entre módulos: (a) aplicação do selante mastique; (b) aplicação do graute



(a) Fonte: Elaboração própria (2025).

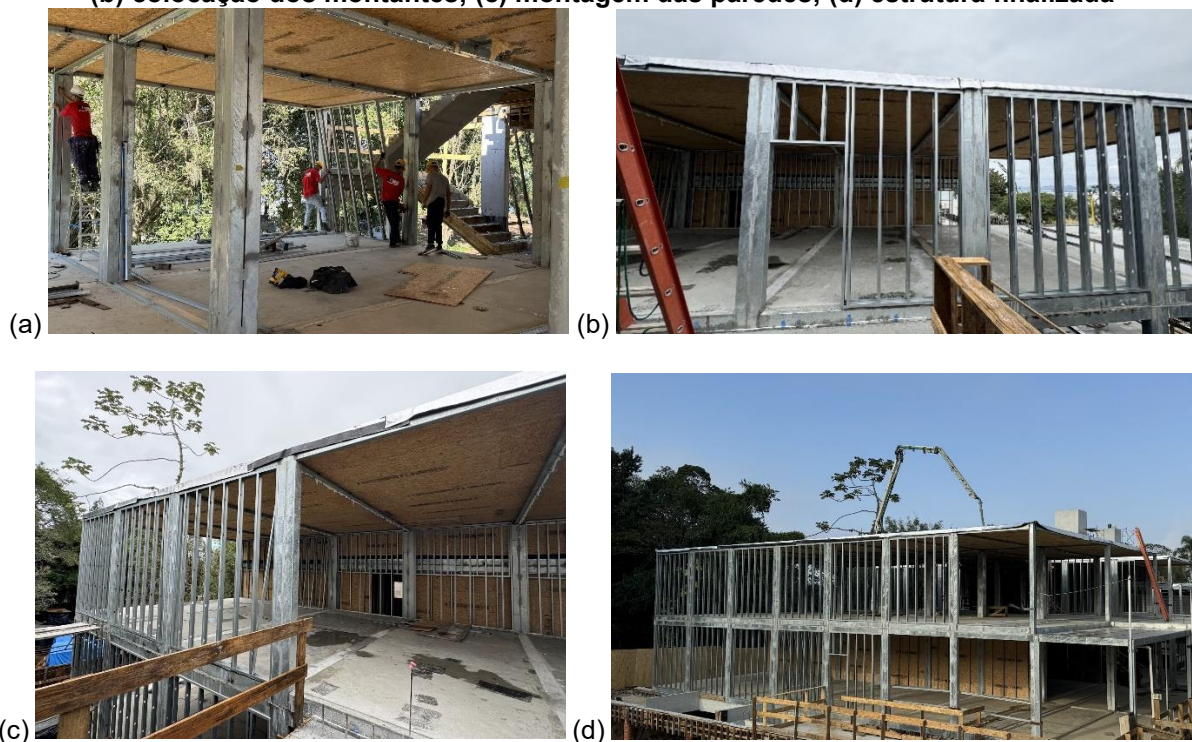
4.4.2.4 Vedações, Instalações e Acabamentos Finais

A disposição das vedações das paredes no apartamento modelo seguirá os critérios estabelecidos nos itens d) Fechamento (D): Paredes Externas – *Steel Frame* e e) Fechamento (E): Paredes Internas – Drywall, assegurando que os procedimentos de isolamento, rigidez estrutural e acabamento estejam em conformidade com o padrão construtivo adotado na edificação.

Iniciando pela execução das paredes externas, o sistema de *steel frame* inicia-se pela instalação da estrutura metálica, etapa essencial para garantir o alinhamento e a estabilidade do conjunto.

Primeiramente, realiza-se a marcação e fixação das guias metálicas no piso e na laje superior, assegurando o prumo e o nivelamento. Em seguida, são posicionados e fixados os montantes verticais, de acordo com o espaçamento definido em projeto, formando o quadro estrutural da parede. A Figura 109 apresenta essa sequência de montagem, da instalação das guias à estrutura finalizada.

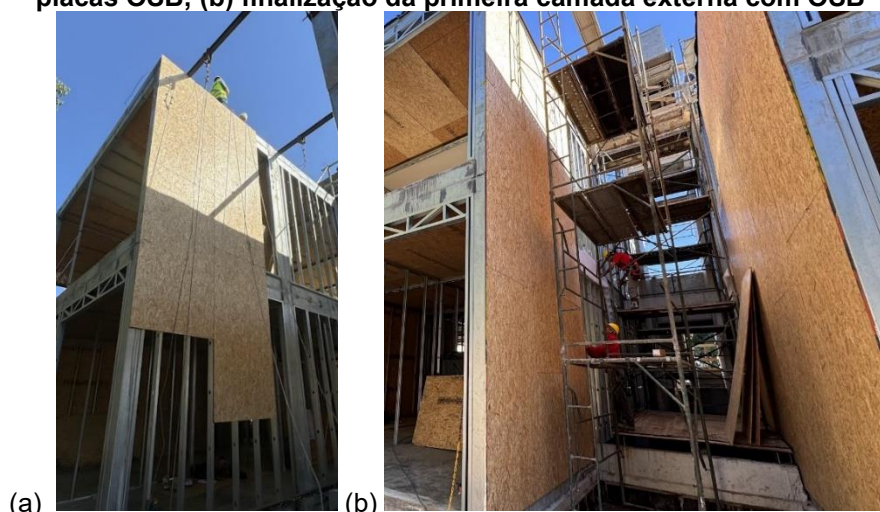
Figura 109 – Sequência de montagem da estrutura das paredes externas: (a) fixação das guias; (b) colocação dos montantes; (c) montagem das paredes; (d) estrutura finalizada



Fonte: Elaboração própria (2025).

Com a estrutura pronta, dá-se início à montagem das camadas externas. Do lado externo, é fixada a placa OSB sobre os perfis estruturados, funcionando como elemento de contraventamento e conferindo rigidez e estabilidade ao sistema, como demonstrado na Figura 110.

Figura 110 – Aplicação da placa OSB nas paredes externas do módulo: (a) instalação das placas OSB; (b) finalização da primeira camada externa com OSB



Fonte: Elaboração própria (2025).

Na Figura 111, observa-se a aplicação da membrana hidrófuga e drenante, posicionada na camada externa do sistema. Essa membrana impede a entrada de água líquida proveniente do exterior, enquanto permite a saída do vapor d'água gerado no interior da edificação para o ambiente externo, contribuindo para o controle da umidade e evitando condensações internas.

Figura 111 – Aplicação da membrana nas paredes externas do módulo



Fonte: Elaboração própria (2025).

Logo após, é instalada a placa cimentícia, responsável por reforçar a vedação e proporcionar resistência mecânica e durabilidade à fachada, como ilustrado na Figura 112.

Figura 112 – Aplicação da placa cimentícia nas paredes externas do módulo: (a) vista aproximada; (b) vista geral



(a)



(b)

Fonte: Elaboração própria (2025).

Em seguida, realiza-se o tratamento das juntas entre as placas por meio da aplicação de massa para juntas associada à fita telada de fibra de vidro, aplicada sobre as emendas das chapas. O procedimento consiste na aplicação inicial da massa, no posicionamento da fita telada e na aplicação de nova camada de massa para cobertura e nivelamento das juntas, garantindo a continuidade do sistema de vedação e contribuindo para o desempenho global da fachada, conforme apresentado na Figura 113.

Figura 113 – Tratamento das juntas entre placas em fachada externa



Fonte: Elaboração própria (2025).

No estudo de caso desta obra, além da placa cimentícia que compõe o fechamento externo, empregaram-se painéis de GRC (*Glassfiber Reinforced Concrete*), material composto por concreto reforçado com fibras de vidro, que proporciona elevada resistência mecânica, durabilidade e bom desempenho frente às ações climáticas. Esses painéis, identificados na Figura 114, são produzidos pela empresa VISIA.

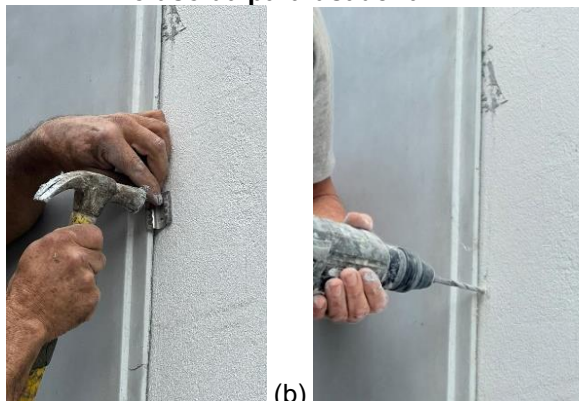
Figura 114 – Placas de GRC armazenadas



Fonte: Elaboração própria (2025).

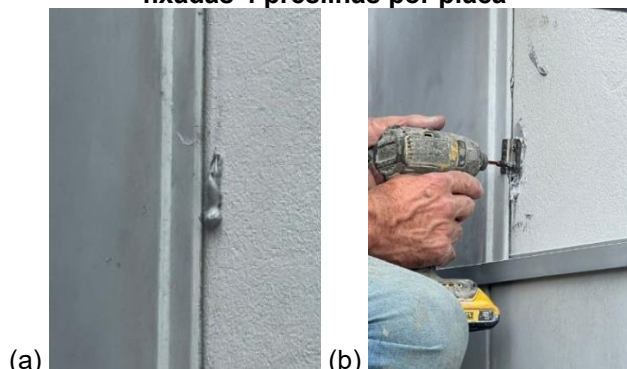
As etapas de instalação dos painéis GRC seguem um procedimento padronizado, garantindo alinhamento, vedação e fixação adequada das placas, representados na Figura 115, Figura 116, Figura 117, e Figura 118, respectivamente.

Figura 115 – Primeira etapa de instalação dos painéis GRC: (a) marcação dos pontos de fixação utilizando uma presilha sobre a placa cimentícia; (b) realização da marcação final com o uso da parafusadeira



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 116 – Segunda etapa de instalação dos painéis GRC: (a) aplicação de selante PU nos pontos marcados para vedação; (b) fixação das presilhas de inox na placa cimentícia, são fixadas 4 presilhas por placa



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 117 – Terceira etapa de instalação dos painéis GRC: (a) aplicação de PU no verso da placa GRC antes do encaixe; (b) instalação da placa seguinte com encaixe macho-fêmea e travamento nos clips



Fonte: Elaboração própria (2025).

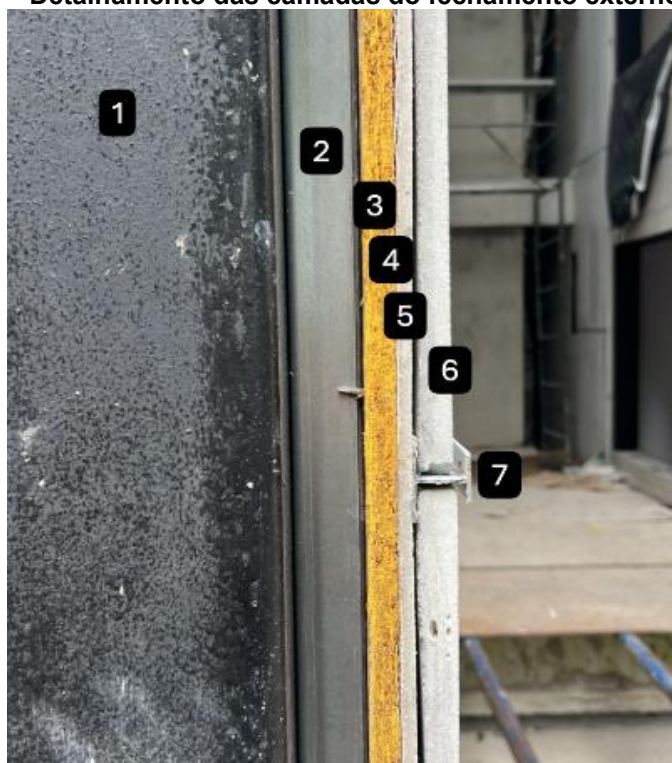
Figura 118 – Fachada completa com acabamento de GRC nas paredes externas do módulo



Fonte: Elaboração própria (2025).

A Figura 119 apresenta o detalhamento vertical do fechamento externo do módulo e, o Quadro 15 evidencia de forma sequencial as camadas que compõem o sistema construtivo.

Figura 119 – Detalhamento das camadas do fechamento externo do módulo



Fonte: Elaboração própria (2025).

Quadro 15 – Camadas do Sistema de Fechamento Externo

ITEM	ELEMENTO	ESPESSURA (mm)	DESCRIÇÃO
1	Pilar do módulo	150,00	Pilar de sustentação dos módulos.
2	Perfil <i>steel frame</i>	90,00	Elemento portante principal do sistema de parede.
3	Placa OSB	11,00	Placa de suporte e rigidez do fechamento.
4	Membrana hidrófuga e drenante	1,80	Membrana com camada de proteção contra umidade e infiltração de ar.
5	Placa cimentícia	6,00	Revestimento de fechamento rígido e resistente à umidade.
6	Painel GRC	12,50	Proteção externa contra intempéries, impacto e desgaste, garantindo durabilidade do revestimento.
7	Cantoneira	-	Posicionada para dar base aos painéis de GRC.

Fonte: Elaboração própria (2025).

Concluído o fechamento externo do módulo, prossegue-se com a execução das etapas internas, iniciando-se pela montagem do forro. A disposição dos elementos do forro interno neste apartamento seguirá os critérios estabelecidos no item a) Fechamento (A): Laje de Cobertura (Exterior - Interior), garantindo que os procedimentos de montagem, fixação, isolamento térmico e acústico, além do

acabamento, estejam em conformidade com o padrão construtivo adotado na edificação. Essa fase complementa o sistema de vedação e tem papel fundamental no desempenho termoacústico, na proteção passiva contra incêndio e no acabamento final dos ambientes.

Conforme explicado no item 4.1.4 e ilustrado na Figura 26, os módulos estruturais do sistema construtivo adotado no estudo de caso são entregues de fábrica com parte do forro já integrada à sua composição estrutural. Essa etapa pré-fabricada contempla a aplicação da camada de lã de vidro, responsável pelo isolamento termoacústico, e da placa OSB, que confere rigidez estrutural e serve como base para as etapas subsequentes de acabamento realizadas em campo.

A execução do forro se desenvolve em duas etapas complementares: a primeira voltada à composição estrutural e proteção passiva inicial, e a segunda associada ao acabamento técnico e visual após a instalação das infraestruturas. Essa metodologia assegura eficiência na montagem, compatibilização das instalações e atendimento aos requisitos normativos de desempenho, segurança e conforto termoacústico do ambiente interno.

A partir dessa base pré-executada, a montagem do forro em canteiro prossegue com a instalação da primeira camada de placa ST (*standard*) de gesso acartonado, ilustrado na Figura 120, no qual a placa é fixada diretamente à estrutura metálica inferior do módulo. Essa camada inicial tem a função de regularizar a superfície e preparar o substrato para as camadas complementares do sistema de forro que serão aplicadas em seguida.

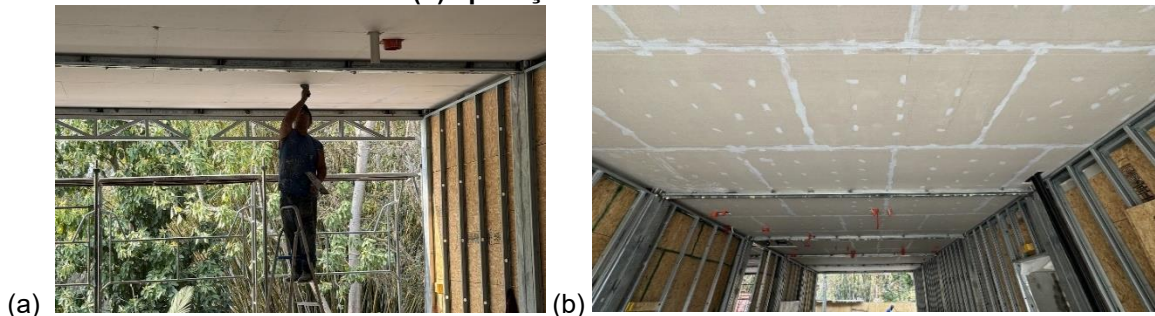
Figura 120 – Aplicação da chapa ST na primeira etapa do forro: (a) início da aplicação; (b) aplicação finalizada



Fonte: Elaboração própria (2025).

Após o plaqueamento com ST, é executada a vedação das juntas entre as chapas por meio da aplicação de selante corta-fogo, cuja finalidade é garantir estanqueidade e impedir a propagação de chamas ou fumaça entre os compartimentos, assegurando a integridade do sistema em situações de incêndio. Conforme apresentado na Figura 121.

Figura 121 – Aplicação de selante corta-fogo nas juntas de placas ST: (a) início da aplicação; (b) aplicação finalizada



Fonte: Elaboração própria (2025).

Em seguida, conforme evidenciado na Figura 122, instala-se a chapa de gesso acartonado do tipo RF (resistente ao fogo), cuja principal função é aumentar a resistência ao fogo do sistema, atuando como elemento de proteção passiva e contribuindo para a integridade do conjunto estrutural em situações de incêndio.

Figura 122 – Fixação da chapa RF sobre a camada base do forro



Fonte: Elaboração própria (2025).

Posteriormente, realiza-se o tratamento das juntas entre as chapas de gesso acartonado (Figura 123), conforme o procedimento padrão dos sistemas drywall, mediante a aplicação de fita de papel microperfurada associada à massa para tratamento de juntas, garantindo o nivelamento, a continuidade da superfície e a adequada preparação para o acabamento final.

Figura 123 – Tratamento das juntas das chapas de gesso RF



Fonte: Elaboração própria (2025).

Finalizada essa etapa, aplica-se a pintura intumescente, a qual, em caso de exposição a altas temperaturas, expande-se formando uma barreira térmica protetora. Como ilustrado na Figura 124, essa pintura atua como reforço ao desempenho de resistência ao fogo do forro, atendendo aos requisitos normativos de segurança.

Figura 124 – Aplicação de pintura intumescente no forro



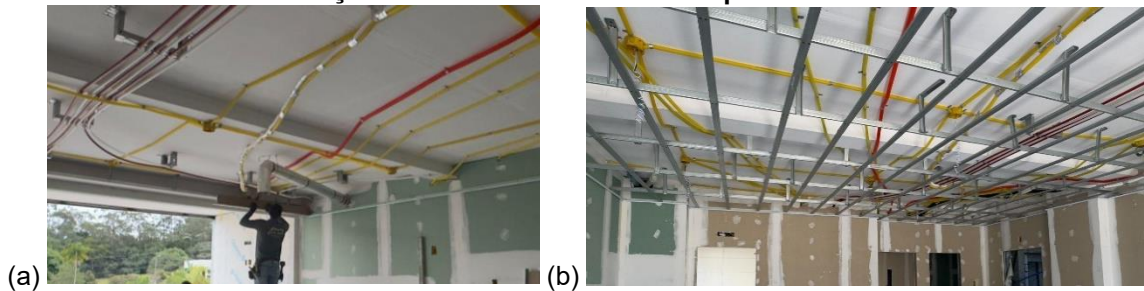
Fonte: Elaboração própria (2025).

Após a conclusão do primeiro fechamento do forro, cria-se um espaço técnico entre as camadas, o qual é utilizado para a execução das instalações elétricas, hidráulicas, de exaustão, infraestrutura do ar-condicionado e demais fixações funcionais dos ambientes internos. A configuração desse espaço técnico pode ser observada no detalhe construtivo Fechamento (B): Laje entre Unidades, apresentado na Figura 78, na qual se evidencia a composição em camadas sobrepostas e a integração entre estrutura, fechamentos e instalações.

Com as instalações finalizadas, procede-se à segunda fase de fechamento, caracterizada pela execução de um forro complementar suspenso. Inicialmente,

realiza-se a montagem da estrutura metálica com perfis F530 (Figura 125), fixados à laje ou à estrutura do módulo com tirantes, respeitando o espaçamento necessário para garantir o desempenho mecânico do conjunto. Esse perfil é adotado por apresentar resistência mecânica adequada ao peso do forro e às cargas de uso, garantindo estabilidade e desempenho do conjunto.

Figura 125 – Execução do forro complementar: (a) marcação com laser nas extremidades; (b) fixação da estrutura metálica com perfis F530



Fonte: Elaboração própria (2025).

Em seguida, as chapas de gesso acartonado *standard* (ST) são parafusadas sobre os perfis F530, compondo o novo plano de forro. Após o plaqueamento, inicia-se o tratamento das juntas, utilizada para nivelamento superficial e acabamento final, ocultando parafusos e emendas, ilustrado na Figura 126.

Figura 126 – Plaqueamento e tratamento das juntas das placas ST no forro do módulo



Fonte: Elaboração própria (2025).

Concluída a execução do forro prossegue-se com a execução das paredes internas. Como mostrado na Figura 127, o processo inicia-se com a marcação do traçado das paredes, definindo a posição exata de guias, montantes e aberturas.

Figura 127 – Marcação das paredes internas

Fonte: Elaboração própria (2025).

Realiza-se então a instalação das guias e montantes metálicos, conforme o projeto executivo (Figura 128), sendo as guias assentadas sobre banda acústica, com a finalidade de reduzir a transmissão de vibrações e ruídos entre os elementos do sistema. A fixação ocorre ao piso, teto e paredes laterais por meio de pinamento. O piso ao qual as guias são ancoradas é constituído por laje de concreto executada em fábrica, integrada à estrutura do módulo, garantindo precisão dimensional, rigidez e adequada base para a fixação dos perfis metálicos.

Figura 128 – Estrutura metálica das paredes internas

Fonte: Elaboração própria (2025).

Em seguida, aplica-se o primeiro chapeamento, com a fixação de placa OSB sobre um dos lados da estrutura metálica, conferindo rigidez inicial e permitindo a futura fixação de armários, bancadas e demais elementos de acabamento, como visto na Figura 129.

Figura 129 – Primeiro chapeamento com placa OSB



Fonte: Elaboração própria (2025).

Nas sacadas, adota-se o mesmo procedimento, instalando-se a estrutura metálica seguida do chapeamento com OSB, que posteriormente recebe uma camada de placa Glasroc (Figura 130), sistema de fechamento composto por núcleo de gesso reforçado e revestido com mantas de fibra de vidro. Esse tipo de placa apresenta elevada resistência à umidade, ao mofo e às intempéries, sendo indicado para áreas externas e ambientes expostos, como sacadas, antes da aplicação do acabamento.

Figura 130 – Primeiro chapeamento com placa OSB nas paredes da sacada



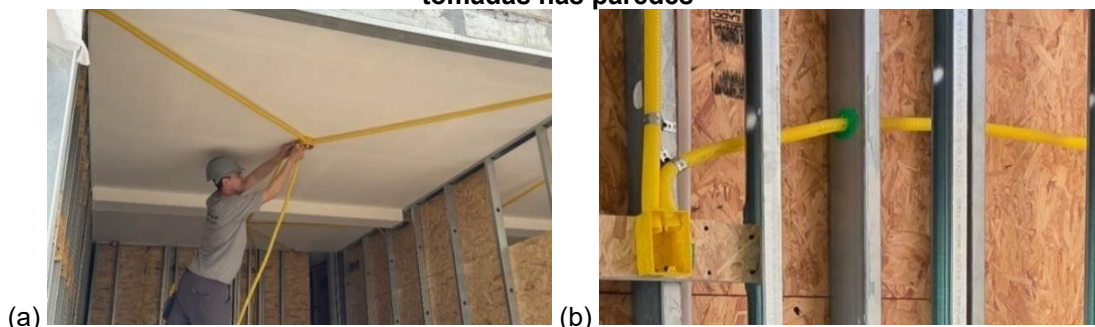
Fonte: Elaboração própria (2025).

Durante a execução, as instalações seguem os respectivos projetos executivos de cada unidade. O projeto elétrico, com a definição do posicionamento dos pontos de iluminação, interruptores, tomadas e o trajeto dos eletrodutos, encontra-se apresentado no ANEXO D – Projeto de elétrica. O projeto de telecomunicações,

que indica a distribuição dos pontos de dados, voz e o cabeamento específico para os sistemas de conectividade, está apresentado no ANEXO E – Projeto de telecomunicação.

Após o primeiro chapeamento, é realizada a passagem das tubulações elétricas, com fixação de conduítes flexíveis e caixas de passagem na estrutura metálica. Os pontos de energia são executados conforme o projeto, garantindo a distribuição adequada e a segurança do sistema. A organização dos eletrodutos é planejada para não interferir nas demais redes, mantendo o acesso técnico e o alinhamento das passagens (Figura 131).

Figura 131 – Instalações elétricas: (a) inserção de eletrodutos no forro; (b) inserção de tomadas nas paredes



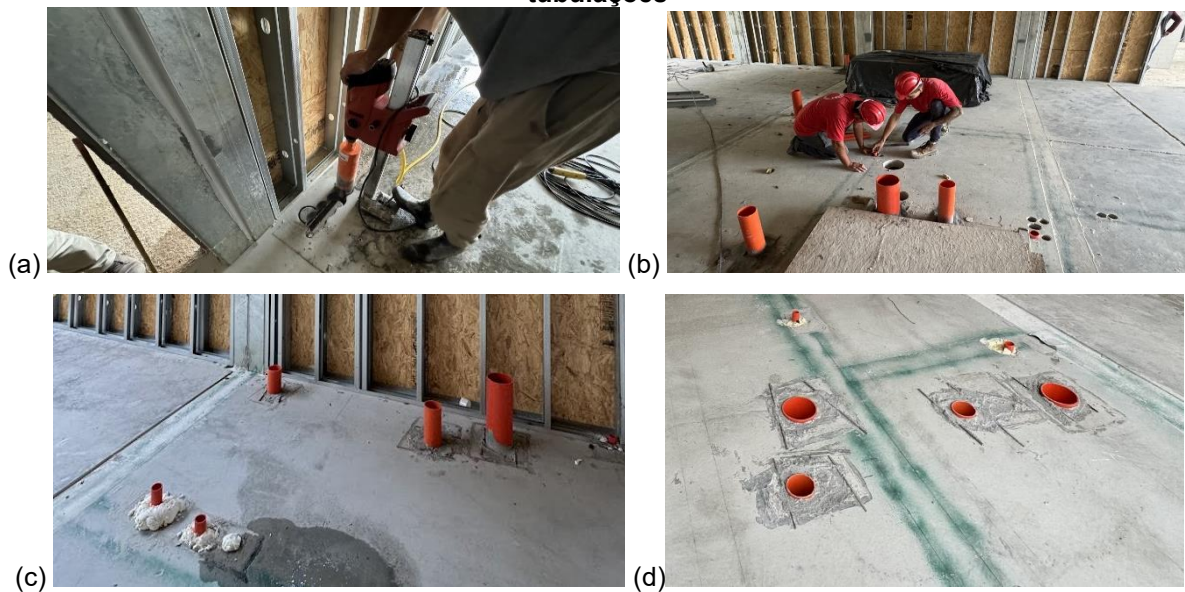
Fonte: Elaboração própria (2025).

As instalações de telecomunicação, que compreendem pontos de dados, TV e telefonia, são integradas ao mesmo sistema de eletrodutos, com encaminhamento próprio até o quadro de distribuição. Essa separação assegura o funcionamento independente das redes e facilita futuras manutenções ou ampliações.

Em seguida, são executadas as instalações hidráulicas e sanitárias, conforme os respectivos projetos executivos, nos quais estão definidos o percurso das tubulações, os pontos de consumo e as conexões com os sistemas principais do edifício. As tubulações hidráulicas são constituídas por tubos e conexões em PEX, enquanto as instalações sanitárias utilizam tubulações em PVC, materiais amplamente empregados em sistemas prediais por sua durabilidade, facilidade de montagem e compatibilidade com a construção modular. Os detalhamentos encontram-se apresentados no ANEXO F – Projeto hidráulico e no ANEXO G – Projeto sanitário.

A execução inicia-se com a furação do piso do módulo, constituído por laje de concreto executada em fábrica e integrada à estrutura metálica, destinada à passagem dos tubos dos ralos e demais pontos de coleta, conforme o projeto sanitário. Nessa etapa, são posicionadas as tubulações primárias de esgoto, ilustrado na Figura 132, que posteriormente serão conectadas aos acabamentos durante o assentamento do piso.

Figura 132 – Processo de instalação dos ralos: (a) furação no piso do módulo; (b) inserção das tubulações; (c) inserção de espuma expansiva para os vazios; (d) chumbamento das tubulações

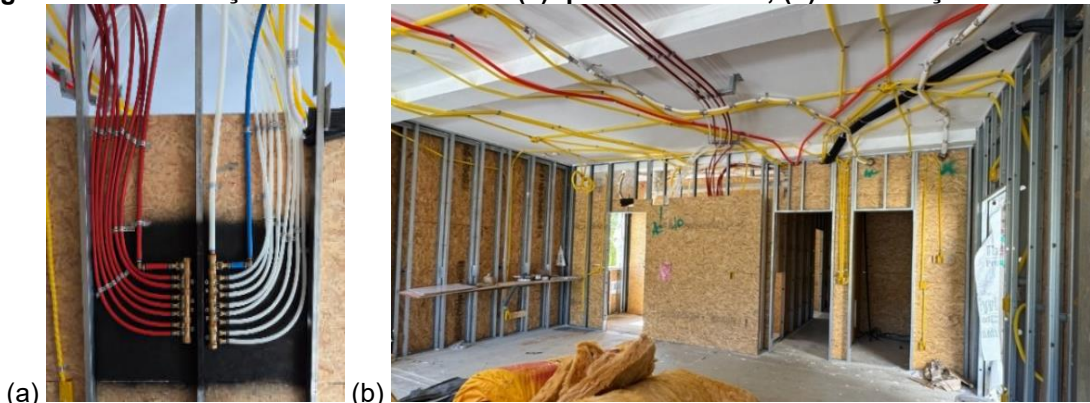


Fonte: Elaboração própria (2025).

Na sequência, realiza-se a passagem das tubulações de água fria (Figura 133), água quente e esgoto pelos vãos da estrutura metálica das paredes internas, garantindo o correto encaminhamento até os pontos de consumo. O sistema utilizado é o polietileno reticulado (PEX), empregado tanto nas redes de água fria quanto de água quente, destacando-se pela sua flexibilidade, rapidez de instalação e redução do número de conexões, o que contribui para a minimização do risco de vazamentos.

A distribuição é organizada por meio de um quadro de manifold (coletor de distribuição) localizado em área técnica, permitindo o controle individualizado de cada ramal e facilitando eventuais manutenções. Todas as linhas são fixadas com suportes e conexões adequadas, assegurando estanqueidade, estabilidade e evitando vibrações.

Figura 133 – Tubulações hidrossanitárias: (a) quadro manifold; (b) distribuição dos ramais



Fonte: Elaboração própria (2025).

Por fim, os pontos de consumos como lavatórios, chuveiros e pias, são posicionados e conectados conforme o projeto, assegurando compatibilidade com as prumadas e shafts técnicos, como visto na Figura 134.

Figura 134 – Instalação hidráulica no shaft do banheiro



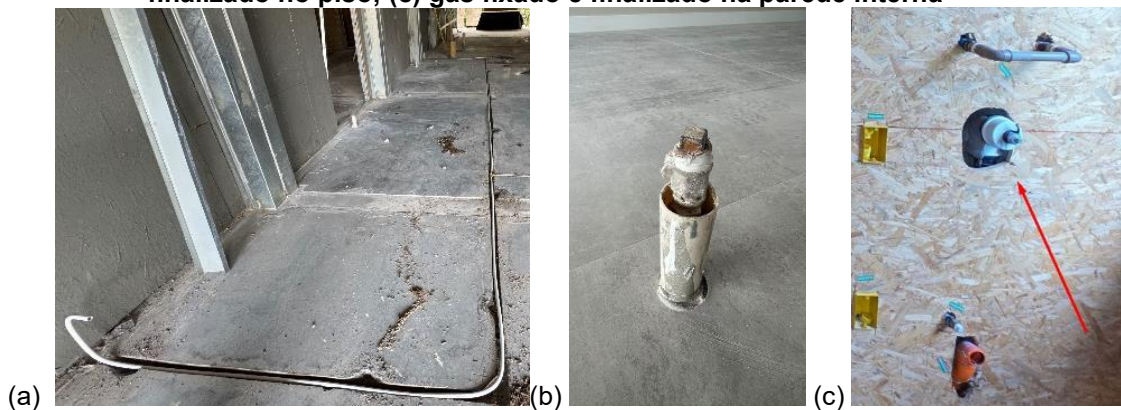
Fonte: Elaboração própria (2025).

O projeto da instalação de gás do apartamento, que destaca o trajeto da tubulação desde o abrigo de medidores até os pontos de consumo, como o fogão e o aquecedor, assegurando ventilação adequada e o afastamento mínimo de outras redes — especialmente a elétrica — conforme as normas técnicas e o padrão executivo da construtora, encontra-se apresentado no ANEXO H – Projeto de infraestrutura do gás.

A tubulação de gás é executada com tubulação em aço galvanizado e conexões certificadas, obedecendo rigorosamente às normas de segurança. O percurso é planejado para garantir ventilação adequada e afastamento mínimo de outras redes, principalmente elétrica. O sistema interliga o ponto de entrada do gás

aos aparelhos consumidores, com identificação e fixação conforme o padrão técnico da construtora (Figura 135).

Figura 135 – Instalação de gás: (a) tubulação do gás sendo instalada pelo piso; (b) gás fixado e finalizado no piso; (c) gás fixado e finalizado na parede interna



Fonte: Elaboração própria (2025).

O sistema de ar-condicionado é implantado de acordo com o projeto de climatização, que determina o traçado das linhas frigoríferas, os dutos de drenagem e os cabos de interligação entre as unidades interna e externa, conforme apresentado no ANEXO I – Projeto de climatização.

As instalações compreendem tubulações de cobre, dutos de drenagem de condensado e cabos elétricos de interligação. Os drenos são conduzidos até os pontos de coleta previstos, assegurando o correto escoamento do condensado (Figura 136).

Figura 136 – Instalações do sistema de ar-condicionado: (a) ar-condicionado instalado na suíte; (b) ar-condicionado instalado no quarto



Fonte: Elaboração própria (2025).

Com a conclusão das instalações, inicia-se o segundo chapeamento das paredes internas, responsável por conferir rigidez ao sistema, fechamento definitivo das vedações e acabamento final ao conjunto. Essa fase reúne diferentes etapas, realizadas de forma sequencial e coordenada entre os setores de obra, garantindo a compatibilização entre os sistemas e o desempenho final das vedações internas.

Inicialmente, são executadas as estruturas dos nichos, shafts e churrasqueira, utilizando perfis metálicos galvanizados do tipo guia e montante, fixados de forma independente das paredes principais (Figura 137).

Figura 137 – Estruturação dos shafts



Fonte: Elaboração própria (2025).

Essa independência estrutural permite o acesso técnico futuro às tubulações de água, esgoto, ventilação e dutos elétricos, sem a necessidade de intervenções nas paredes já acabadas.

Em seguida, realiza-se o preenchimento interno da estrutura com lã de vidro em todas as paredes, material que atua como isolante térmico e acústico (Figura 138). Essa aplicação é essencial para o desempenho das divisórias entre unidades e ambientes, reduzindo a transmissão de ruídos e melhorando o conforto interno.

Figura 138 – Aplicação de lã de vidro nas paredes internas: (a) e (b) inserção de lã de vidro na sala; (c), (d) e (e) inserção de lã de vidro na suíte e quartos



Fonte: Elaboração própria (2025).

Concluído o isolamento, procede-se à aplicação de uma nova camada de placa OSB (Figura 139), que funciona como reforço estrutural intermediário e base para o fechamento final. Essa segunda placa aumenta a rigidez das divisórias e garante melhor fixação dos revestimentos e elementos suspensos, como armários e bancadas.

Figura 139 – Aplicação da segunda camada de OSB



Fonte: Elaboração própria (2025).

Na sequência, é realizado o fechamento final das paredes, escolhidas conforme o ambiente:

- Placa de gesso acartonado Standard (ST), indicada para áreas secas, como salas, dormitórios e circulações (Figura 140);

- Placa de gesso acartonado Resistente à Umidade (RU), indicada para áreas molhadas, como banheiros, lavabos e áreas de serviço (Figura 141).

A fixação das chapas é feita com parafusos específicos, mantendo o espaçamento padronizado e o correto encunhamento nas bordas. O conjunto OSB + ST/RU garante desempenho elevado em termos de resistência mecânica, isolamento acústico e facilidade de manutenção.

Figura 140 – Fechamento final com placas ST



Fonte: Elaboração própria (2025).

Figura 141 – Fechamento final com placas RU em áreas molhadas: (a) cozinha e área de serviço; (b) banheiros



Fonte: Elaboração própria (2025).

Após o fechamento completo das faces, é iniciado o tratamento das juntas (Figura 142), etapa fundamental para a qualidade do acabamento superficial e para a durabilidade do sistema *drywall*. O procedimento é realizado por meio da aplicação inicial de massa para tratamento de juntas, seguida do fitamento com fita de papel microperfurada, e posteriormente da aplicação de novas demãos da mesma massa,

promovendo o nivelamento da superfície e a eliminação das discontinuidades entre as placas.

Figura 142 – Tratamento das juntas das placas ST e RU



Fonte: Elaboração própria (2025).

Concluídas todas as etapas de fechamento, procede-se à conferência final em obra, realizada pelo estagiário de engenharia responsável pelo acompanhamento técnico. Essa verificação assegura que todas as fases da execução foram realizadas conforme o projeto e os padrões de qualidade definidos. São avaliados os seguintes itens:

- Prumo, esquadro e nivelamento das paredes;
- Alinhamento e fixação correta de montantes, guias e chapas;
- Preenchimento uniforme da lã de vidro e presença dos reforços em OSB;
- Execução adequada dos nichos e shafts, garantindo acesso técnico e estabilidade;
- Tratamento completo das juntas e acabamento superficial.

Após a conclusão das etapas de fechamento interno, foram executados os serviços de impermeabilização das áreas molhadas, abrangendo banheiros, lavabos, área de serviço e a sacada integrada à churrasqueira, conforme apresentado no ANEXO J – Projeto de impermeabilização.

O processo de execução inicia-se com a preparação e regularização do substrato, garantindo uma superfície homogênea e adequada para a aplicação do sistema impermeabilizante.

Em seguida, procede-se à execução do sistema de impermeabilização das áreas molhadas, iniciado pela aplicação de uma demão de argamassa impermeabilizante cimentícia modificada com polímeros, aplicada sobre o substrato previamente preparado, com a função de promover a aderência e a base de regularização do sistema. Ainda sobre essa camada inicial, é posicionada tela de poliéster como elemento de reforço, especialmente nos encontros de planos, cantos, ralos e regiões sujeitas a maiores solicitações. Na sequência, são aplicadas duas a três demãos de membrana impermeabilizante composta por polímero acrílico associado a cimento, executadas em sentidos cruzados, até a formação de uma película contínua, uniforme e isenta de discontinuidades. O sistema resultante garante a estanqueidade das áreas molhadas, como banheiros, lavabos e áreas de serviço, em conformidade com as especificações do projeto executivo e conforme ilustrado na Figura 143.

Figura 143 – Execução da impermeabilização nas áreas molhadas com emulsão acrílica aplicada a frio, à base de cimento (MAI): (a) cozinha; (b) e (c) banheiros



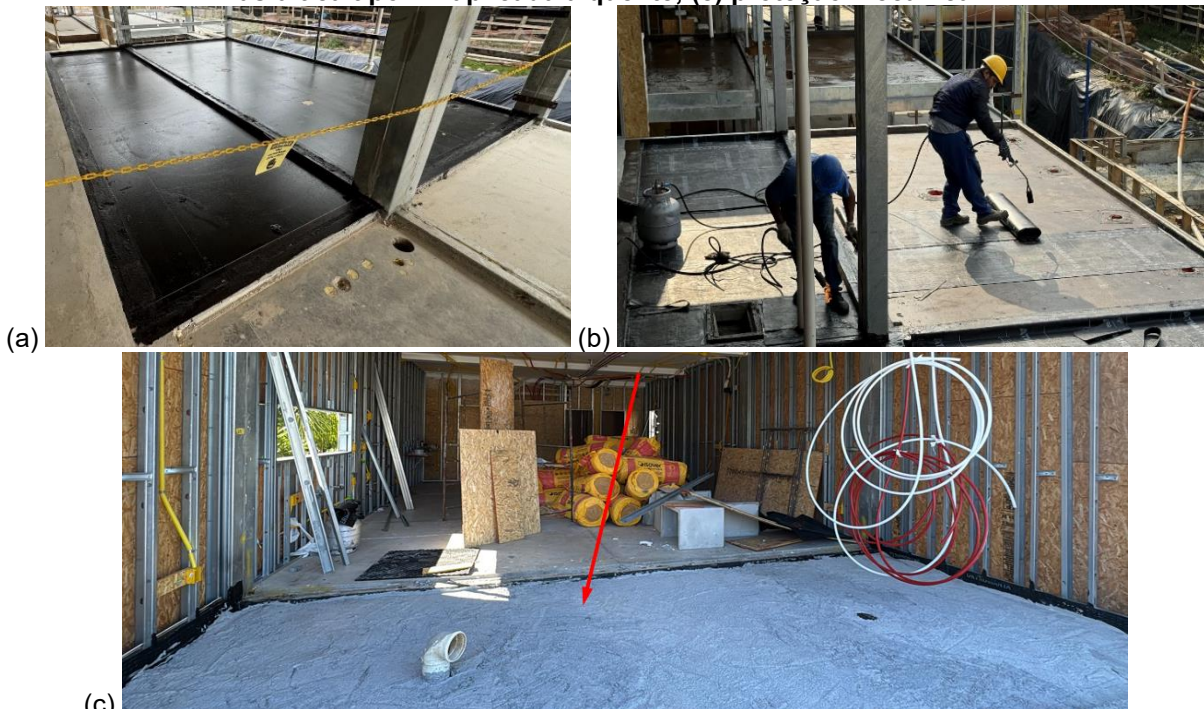
Fonte: Elaboração própria (2025).

Nas sacadas, a impermeabilização foi executada por meio de sistema com manta asfáltica aplicada a quente, iniciando-se pela aplicação de pintura de imprimação asfáltica (primer) sobre o substrato previamente preparado, com a

finalidade de promover aderência entre a base e o sistema impermeabilizante. Após a secagem do primer, procedeu-se à aplicação de duas camadas de manta asfáltica à base de asfalto modificado com polímeros, com espessura nominal de 3,0 mm, instaladas por fusão térmica com o uso de maçarico, garantindo a adequada soldagem entre as camadas e a completa aderência ao substrato. Concluída a aplicação do sistema e respeitado o período de cura, foi realizado o teste de estanqueidade, a fim de verificar a continuidade da impermeabilização e assegurar o desempenho do conjunto.

A camada final de proteção mecânica foi executada com argamassa de cimento e areia grossa, no traço aproximado de 1:3 (cimento: areia), preparada em betoneira, com adição de água até a obtenção de consistência plástica adequada ao espalhamento. A argamassa foi aplicada sobre a impermeabilização, com espessura média entre 1,5 cm e 2,0 cm, garantindo resistência mecânica suficiente para proteção do sistema e evitando fissuração ou ruptura. Após o lançamento, realizou-se o espalhamento e regularização manual, seguido de acabamento desempenado, formando uma superfície contínua e nivelada, que serviu de base para o posterior assentamento do deck de madeira, conforme apresentado na Figura 144.

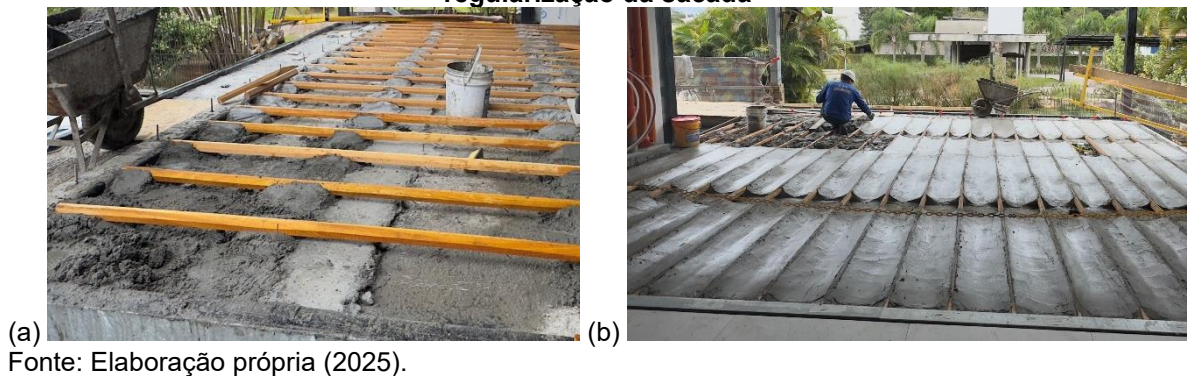
Figura 144 – Aplicação do sistema de impermeabilização nas sacadas: (a) primer; (b) manta asfáltica tipo PP aplicada a quente; (c) proteção mecânica



Fonte: Elaboração própria (2025).

Concluída a impermeabilização, deu-se início ao barroteamento da sacada, etapa essencial para o nivelamento da base e para a criação de suporte ao deck. A Figura 145 ilustra o processo de execução, no qual foram instalados ripados de madeira e aplicada uma camada de argamassa de regularização com caimento adequado de aproximadamente 1–2% em direção ao ralo, garantindo o correto escoamento da água e a durabilidade do sistema.

Figura 145 – Execução do barroteamento: (a) inserção dos ripados de madeira; (b) regularização da sacada



Na sequência, foi executada a estrutura da churrasqueira, integrada à sacada. Inicialmente foi feito a instalação dos perfis metálicos, que proporcionam estabilidade. Após esse processo, foi inserido a churrasqueira pré-moldada, as exaustões e as instalações elétricas que dão finalidade para o funcionamento eficiente do espaço gourmet (Figura 146).

Figura 146 – Instalação da estrutura metálica e posicionamento da churrasqueira pré-moldada



Fonte: Elaboração própria (2025).

Sobre os perfis, fixou-se uma camada de placa OSB, responsável pela rigidez e pelo apoio do fechamento final, que foi inserido uma camada de placa RF, material resistente ao fogo, conforme Figura 147. Após a montagem do sistema de fechamento, as juntas entre as placas foram tratadas conforme procedimento previamente descrito neste trabalho, com a aplicação de fita de papel microperfurado e massa específica para drywall, garantindo o correto preenchimento, nivelamento e uniformização das superfícies. Na sequência, realizou-se o lixamento e a preparação das superfícies, deixando-as aptas para receber os acabamentos previstos.

Figura 147 – Fechamento da churrasqueira com placas *drywall*: (a) inserção da placa OSB; (b) inserção da placa RF e utilização de selante corta-fogo



Fonte: Elaboração própria (2025).

Com o piso da sacada já nivelado, o barroteamento concluído e a inserção da churrasqueira, iniciou-se a instalação do deck, forro e ripado, todos confeccionados em madeira Garapeira Natural, conforme evidencia-se na Figura 148.

Figura 148 – Execução do deck e forro ripado na sacada



Fonte: Elaboração própria (2025).

Após o fechamento, a churrasqueira recebe guarnições em granito e acabamentos internos refratários, capazes de suportar altas temperaturas. Essa fase final garante funcionalidade e acabamento estético ao espaço, conforme mostrado na Figura 149.

Figura 149 – Instalação do granito e dos acabamentos refratários da churrasqueira



Fonte: Elaboração própria (2025).

Com as bases estruturais e de vedação concluídas, iniciaram-se os serviços de acabamento. O processo de pintura foi executado em três etapas principais: aplicação do fundo preparador, emassamento e pintura de acabamento.

Na primeira etapa, foi aplicado o fundo preparador específico para gesso e drywall, cuja função é diminuir e uniformizar a absorção do substrato, isolar quimicamente a tinta da superfície, melhorar a aderência das camadas subsequentes e reduzir o consumo da tinta de acabamento (Figura 150).

Figura 150 – Primeira etapa: aplicação do fundo preparador



Fonte: Elaboração própria (2025).

Na segunda etapa, realiza-se o emassamento das superfícies, utilizando massa niveladora PVA nas áreas secas e massa acrílica nas áreas molhadas, como banheiros, áreas de serviço e sacadas. Após a secagem completa, procede-se ao lixamento e limpeza das superfícies, a fim de eliminar irregularidades e partículas soltas, garantindo o nivelamento e a aderência adequada para o recebimento da pintura (Figura 151).

Figura 151 – Segunda etapa: emassamento das paredes



Fonte: Elaboração própria (2025).

Por fim, na terceira etapa, procede-se à pintura de acabamento, com a aplicação de tinta látex fosca PVA nas áreas internas secas e tinta acrílica e epóxi nos ambientes sujeitos à umidade, garantindo durabilidade e resistência do revestimento (Figura 152).

Figura 152 – Terceira etapa: pintura final dos forros e paredes



Fonte: Elaboração própria (2025).

Em seguida, foram instaladas as esquadrias de alumínio, incluindo janelas e portas-janelas de correr. Os vidros laminados de segurança incolor, 8 mm, estão apoiados nos perfis de alumínio, garantindo conforto térmico, acústico e vedação adequada. As portas-janelas foram posicionadas entre a sala e a sacada e nos quartos dos fundos, entre os quartos e suas respectivas sacada. A Figura 153 registra a etapa de instalação.

Figura 153 – Instalação das esquadrias de alumínio: (a) janelas; (b) porta janelas



Fonte: Elaboração própria (2025).

A disposição dos elementos do piso neste apartamento segue os critérios estabelecidos no item b) Fechamento (B): Laje entre Unidades, o qual descreve, sobretudo, o sistema de forro aplicado na unidade imediatamente inferior. Ainda

assim, os procedimentos ali apresentados orientam também o entendimento das camadas que compõem o piso do pavimento superior, uma vez que ambos os sistemas integram a mesma interface construtiva da laje.

Os revestimentos cerâmicos são aplicados conforme a função de cada ambiente, distinguindo-se entre pisos e paredes. Nos pisos, utiliza-se porcelanato esmaltado 90×90 cm, resistente ao tráfego residencial, com baixa absorção de água e facilidade de manutenção. Nas paredes das áreas molhadas, como banheiros e áreas de serviço, aplicam-se azulejos cerâmicos esmaltados 30×90 cm, garantindo estanqueidade e facilidade de higienização.

A execução inicia-se com a furação do piso do módulo, constituído por laje de concreto executada em fábrica e integrada à estrutura metálica. Sobre essa base, aplica-se uma camada de manta acústica de borracha, fixada com argamassa colante AC III, com o objetivo de reduzir a propagação de ruídos de impacto entre as unidades habitacionais e contribuir para o conforto acústico geral do módulo (Figura 154).

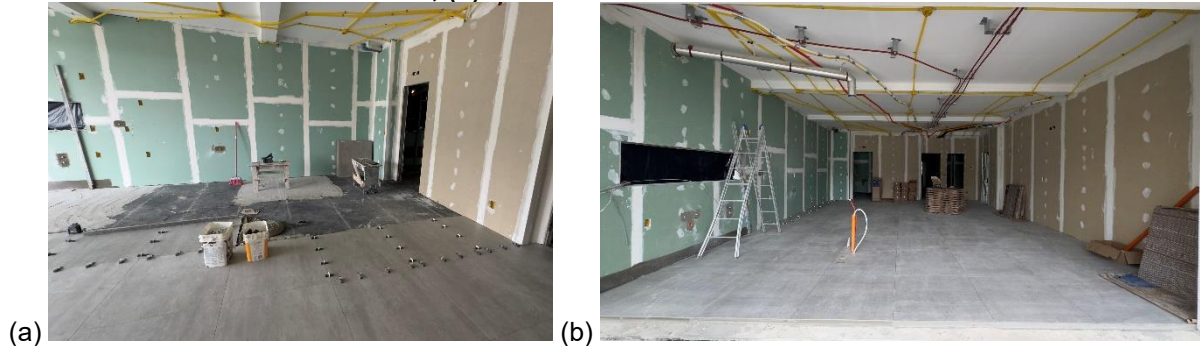
Figura 154 – Aplicação de manta acústica



Fonte: Elaboração própria (2025).

Em seguida, realiza-se o assentamento do piso com argamassa colante AC III, seguindo o método de dupla colagem, garantindo adequada aderência e nivelamento das peças de porcelanato. As juntas, com aproximadamente 3 mm de largura, são preenchidas com rejunte cimentício, assegurando acabamento uniforme, resistência mecânica e adequada durabilidade (Figura 155).

Figura 155 – Aplicação de revestimentos cerâmicos nos pisos: (a) inserção e colagem dos revestimentos; (b) sala finalizada com os revestimentos



(a)
Fonte: Elaboração própria (2025).

(b)

Após a conclusão dessa etapa, tem início o revestimento das paredes, executado com azulejos cerâmicos assentados com argamassa AC III, específicos para áreas sujeitas à umidade, como banheiros e áreas de serviço (Figura 156).

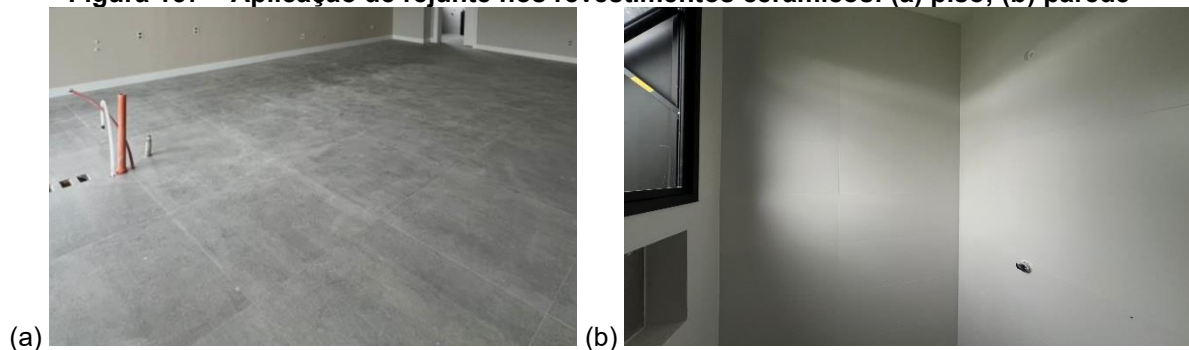
Figura 156 – Aplicação de revestimentos cerâmicos nas paredes



Fonte: Elaboração própria (2025)

Decorrido o período de cura da argamassa colante, procede-se ao rejuntamento das peças com rejunte cimentício, operação que garante o acabamento, o preenchimento adequado das juntas e a estanqueidade das superfícies (Figura 157).

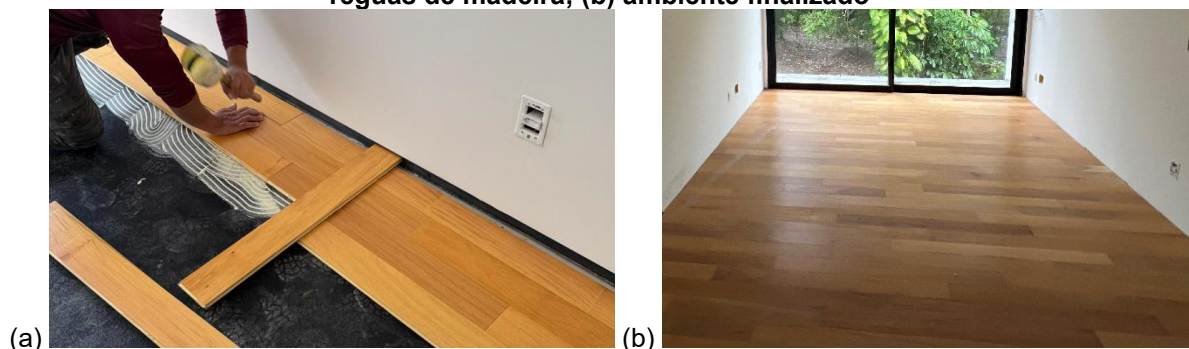
Figura 157 – Aplicação de rejunte nos revestimentos cerâmicos: (a) piso; (b) parede



Fonte: Elaboração própria (2025).

Nos quartos, o piso é constituído por madeira maciça estruturada, instalada sobre manta acústica, de modo a assegurar conforto acústico e estabilidade dimensional ao revestimento. Sobre a manta, é aplicado um adesivo selante e impermeabilizante, responsável pela fixação das régulas de madeira e pela vedação das interfaces, evitando a infiltração de umidade e aumentando a durabilidade do sistema. A Figura 158 apresenta o processo de encaixe das régulas de madeira e o resultado final.

Figura 158 – Instalação do piso de madeira nos quartos: (a) primeira etapa de colagem das régulas de madeira; (b) ambiente finalizado



Fonte: Elaboração própria (2025).

Concluída a execução dos pisos, procede-se à instalação das portas internas fornecidas em sistema kit porta pronta, compostas por folha, caixilho em MDF, vistas reguláveis e ferragens, sendo o conjunto instalado mediante posicionamento e prumo do caixilho no vão, com fixação por espuma expansiva de poliuretano, assegurando estabilidade, vedação e alinhamento adequado; após a cura, são aplicadas as vistas e, na sequência, os rodapés, finalizando o acabamento. As portas apresentam acabamento em madeira laminada com pintura branca fosca (laca PU), adotando sistema de giro nas áreas de circulação e sistema de correr na área de

serviço, este último com trilhos e roldanas inclusos, garantindo padronização, funcionalidade e uniformidade estética aos ambientes (Figura 159).

Figura 159 – Montagem das portas internas e instalação dos rodapés



Fonte: Elaboração própria (2025).

Em seguida, realiza-se a instalação da porta de entrada, fabricada em madeira maciça, que assegura resistência, durabilidade e isolamento acústico, recebendo acabamento interno com tinta branca e acabamento externo com ripados de madeira (Figura 160).

Figura 160 – Instalação da porta de entrada: (a) lado interno; (b) lado externo (hall de acesso)

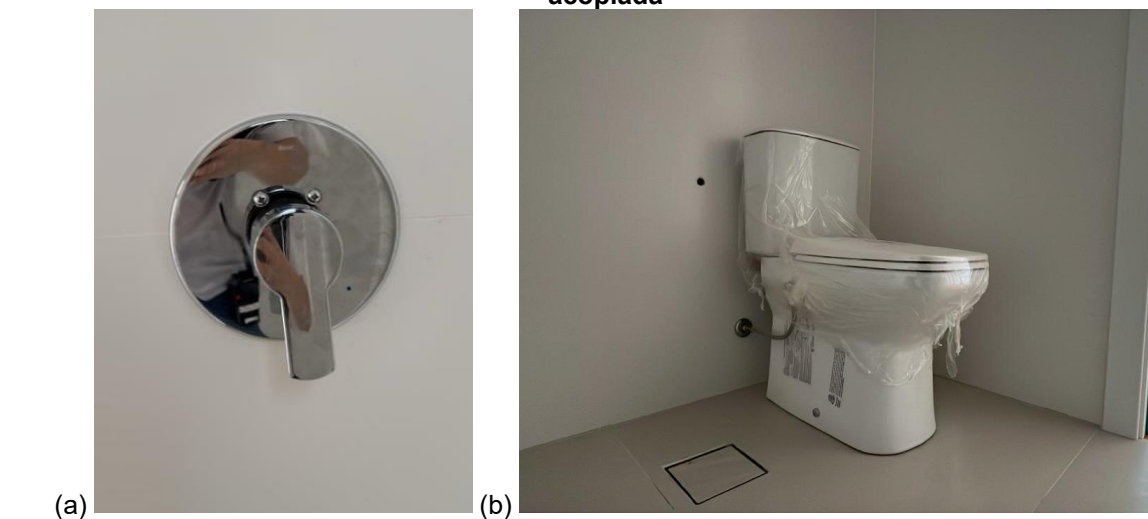


(a) (b)
Fonte: Elaboração própria (2025).

Após a conclusão dos revestimentos e esquadrias, são instalados os acabamentos elétricos e após, procede-se à instalação dos metais e louças. Nessa etapa, são fixados os ralos, o vaso sanitário e os acabamentos de monocomando,

permanecendo a instalação dos demais componentes sob responsabilidade do proprietário (Figura 161).

Figura 161 – Instalação dos metais: (a) acabamento monocomando; (b) kit bacia com caixa acoplada



Fonte: Elaboração própria (2025).

Na sequência, executa-se a instalação do guarda-corpo das sacadas, confeccionado em alumínio galvanizado a fogo, garantindo segurança e durabilidade. A fixação é realizada diretamente sobre o piso acabado, com perfis de travamento e vedação perimetral (Figura 162). Cuida-se para que a fixação não comprometa o sistema de impermeabilização existente, preservando sua estanqueidade.

Figura 162 – Instalação do guarda-corpo em alumínio: (a) instalação dos guarda-corpos da sacada frontal; (b) instalação dos guarda-corpos da sacada posterior



Fonte: Elaboração própria (2025).

Encerradas as etapas de acabamento, realiza-se uma vistoria técnica minuciosa, verificando nivelamentos, prumos, esquadros e qualidade dos

revestimentos e pinturas. Após os ajustes necessários, procede-se à limpeza final da unidade, removendo resíduos de obra e preparando o ambiente para entrega ao cliente. A Figura 163 apresenta uma vista geral da obra, com caráter ilustrativo, permitindo a contextualização do empreendimento no estágio final de execução.

Figura 163 – Vista geral da obra



Fonte: Elaboração própria (2025).

4.5 Análise dos potenciais e desafios da implementação do sistema modular

A análise dos potenciais e desafios da implementação do sistema construtivo modular foi desenvolvida a partir de entrevistas semiestruturadas realizadas com profissionais diretamente envolvidos nas etapas de fabricação, logística e transporte e montagem em canteiro de obras do empreendimento estudado.

As entrevistas foram conduzidas com base em eixos analíticos previamente definidos, comuns a todos os setores avaliados, contemplando a identificação de pontos positivos, pontos negativos e sugestões de melhoria relacionadas ao desempenho técnico, operacional e gerencial do sistema modular.

Os resultados obtidos foram organizados e analisados de forma comparativa, permitindo uma compreensão integrada das percepções dos profissionais ao longo da cadeia produtiva da construção modular.

4.5.1 Fábrica

Evidenciaram-se aspectos ligados à organização do processo produtivo, ao fluxo operacional e às condições que influenciam a eficiência e a padronização dos módulos.

Pontos positivos:

- Produção em ambiente controlado, sem interferências climáticas, o que assegura maior previsibilidade de prazos e qualidade de execução;
- Rastreabilidade dos insumos e controle tecnológico rigoroso, permitindo acompanhar ensaios e desempenho real dos componentes conforme as normas técnicas;
- Processo produtivo padronizado e sequencial, que garante repetibilidade, otimização de tempo e previsibilidade de custos;
- Centralização da produção, facilitando o controle de recebimento, armazenamento e aplicação de materiais, com redução de perdas e desvios.

Pontos negativos:

- Oscilações na demanda de obras impactam o fluxo produtivo, gerando períodos de alta e baixa intensidade que comprometem a estabilidade operacional;
- Rotatividade de pessoal em função dessas variações, elevando custos e reduzindo a curva de aprendizado e padronização de processos;
- Custo fixo elevado para manutenção da estrutura fabril e maquinário, mesmo em períodos de baixa produção;
- Dificuldade de adaptação a alterações tardias de projeto, que geram retrabalho e impacto em cronogramas e custos;
- Limitação da flexibilidade produtiva diante de demandas por customização de módulos.

Sugestões:

- Adotar layouts de fábrica mais flexíveis, com estações de produção que possam ser ativadas ou desativadas conforme a demanda;
- Estabelecer estoques de segurança para componentes críticos, garantindo a continuidade da produção e evitando interrupções por falta de materiais.
- Investir em capacitação multifuncional das equipes, permitindo que atuem em diferentes etapas produtivas;
- Padronizar interfaces entre módulos e aprimorar a comunicação entre fábrica e canteiro;
- Promover capacitação contínua para otimização de processos e redução de retrabalhos.

4.5.2 Logística e transporte

Foram identificados elementos críticos associados ao planejamento, à operacionalidade do deslocamento e aos fatores que afetam a segurança e a integridade dos módulos.

Pontos positivos:

- Planejamento operacional que permite maior previsibilidade e rastreamento de cargas;
- Sincronia entre a produção dos módulos e a preparação do terreno, otimizando o tempo total de execução;
- Flexibilidade para armazenamento temporário dos módulos, adaptando-se a diferentes prazos e condições de obra.

Pontos negativos:

- Condições precárias da infraestrutura rodoviária, como estradas irregulares, congestionamentos e fiação baixa, que dificultam o transporte;
- Custos elevados de operação, envolvendo transporte, licenças específicas e contratação de guindastes para carga e descarga;

- Exigências de regulamentação e seguros específicos, que encarecem a operação logística;
- Risco de avarias nos módulos durante o transporte, ocasionando atrasos e custos adicionais.

Sugestões:

- Planejar rigorosamente o transporte em conjunto com a produção e o cronograma da obra, para evitar armazenagens intermediárias;
- Realizar estudo detalhado das rotas e infraestrutura viária antes da execução do transporte;
- Aperfeiçoar a embalagem e inspeção dos módulos antes do envio, utilizando checklists de conformidade;
- Preparar previamente o local de recebimento com sinalização, equipamentos e equipe treinada para a descarga e montagem;
- Otimizar o transporte aproveitando o retorno dos caminhões para trazer materiais de acabamento e reduzir custos logísticos.

4.5.3 Canteiro de obras

Destacaram-se variáveis relacionadas ao desempenho da montagem, à coordenação das interfaces e às condições que impactam a finalização das unidades no canteiro.

Pontos positivos:

- Maior previsibilidade do início da superestrutura, em função da simultaneidade entre produção e montagem;
- Controle mais rigoroso das características estruturais e dimensionais dos módulos;
- Redução da necessidade de mão de obra e de escoramentos em comparação ao sistema convencional;
- Diminuição do uso de madeira e da geração de resíduos, contribuindo para a sustentabilidade do processo;

- Menor influência das condições atmosféricas durante a execução da estrutura modular.

Pontos negativos:

- Deficiência na estanqueidade dos módulos, que inviabilizou o recebimento de unidades totalmente industrializadas e resultou em retrabalhos no canteiro.
- Dificuldade de alinhamento e integração entre os núcleos de concreto armado moldados in loco (escadas e elevadores) e a estrutura metálica modular pré-fabricada.
- Limitações na experiência dos projetistas em construção modular, ocasionando inconsistências no detalhamento e maior tempo na resolução de problemas durante a obra.
- Conflitos entre furações, juntas e acabamentos, impactando o desempenho e a estanqueidade da edificação.

Sugestões:

- Aperfeiçoar o detalhamento dos projetos, com foco na compatibilização entre sistemas e na incorporação de experiências anteriores;
- Realizar melhor planejamento das etapas construtivas e avaliação prévia das condições logísticas do terreno;
- Aumentar o nível de industrialização dos módulos na fábrica, reduzindo o volume de retrabalhos no canteiro;
- Ampliar a capacitação técnica de projetistas e engenheiros para lidar com as especificidades do sistema modular;
- Priorizar soluções de vedação e impermeabilização mais eficazes para as interfaces entre módulos.

4.5.4 Vivência e experiência da autora no sistema construtivo modular

A vivência prática na fábrica e no canteiro complementou as entrevistas ao permitir observar, na rotina de produção, transporte e montagem, como as decisões tomadas em cada etapa influenciam o desempenho final dos módulos. Essa aproximação com o processo ampliou a compreensão dos principais potenciais e desafios do sistema modular, tornando a análise mais alinhada à realidade operacional.

As observações realizadas nas três etapas indicam que a fábrica possui processos padronizados, embora apresente limitações na uniformidade operacional e no detalhamento, o que pode impactar a execução posterior; a logística atua de forma eficiente na coordenação e transporte dos módulos, garantindo fluidez entre fábrica e canteiro, ainda que seja sensível a fatores externos; e o canteiro concentra diversos serviços simultâneos, enfrentando desafios de compatibilização e integração, mas se beneficia da rapidez e organização proporcionadas pela montagem modular. Essas percepções sintetizam os pontos fortes e as restrições de cada frente analisada.

Com base nas entrevistas realizadas com os profissionais envolvidos e na observação prática, elaborou-se o Quadro 16, que apresenta um comparativo entre fábrica, logística e canteiro a partir de seis aspectos comuns identificados ao longo da análise: controle de qualidade, agilidade, flexibilidade, custo operacional, risco de retrabalho e coordenação das interfaces.

O quadro foi estruturado de forma visual, adotando um sistema de classificação por cores, com o objetivo de facilitar a leitura comparativa entre as etapas do processo modular 3D. Cada aspecto foi avaliado segundo três níveis — baixo, médio e alto — representados, respectivamente, pelas cores verde, amarela e vermelha. Essa abordagem não substitui a análise qualitativa desenvolvida ao longo do capítulo, mas atua como um recurso gráfico de apoio, permitindo identificar de maneira mais imediata os pontos de maior eficiência e aqueles que demandam maior atenção técnica e gerencial em cada etapa do processo.

Quadro 16 – Comparativo geral entre percepções dos entrevistados

ASPECTO	FÁBRICA	LOGÍSTICA E TRANSPORTE	CANTEIRO DE OBRAS
Controle de qualidade	●	●	●
Agilidade	●	●	●
Flexibilidade	●	●	●
Custo operacional	●	●	●
Risco de retrabalho	●	●	●
Coordenação das interfaces	●	●	●

Fonte: Elaboração própria (2025).

De forma geral, as entrevistas, somadas à vivência da autora no canteiro, evidenciam que cada etapa possui funções e limitações próprias, e que o desempenho final depende diretamente da integração entre elas. As percepções coletadas reforçam que o sistema modular oferece vantagens significativas em qualidade, padronização e velocidade, mas seu êxito depende de alinhamento contínuo entre projeto, produção, logística e montagem. A compreensão conjunta desses aspectos encerra a análise das entrevistas e consolida a visão dos profissionais sobre a implementação do sistema modular.

4.6 Análise e discussão dos resultados

A análise das etapas que compõem o processo de construção modular do Residencial Passeio do Mar permitiu compreender, de forma integrada, como o desempenho do sistema depende da articulação entre a produção em fábrica, a logística de transporte e as operações realizadas no canteiro de obras. A partir das observações técnicas, entrevistas e registros documentais, tornou-se possível identificar aspectos que favoreceram o andamento da obra, bem como desafios inerentes à execução de um empreendimento multifamiliar com módulos tridimensionais.

Na fábrica, verificou-se um ambiente controlado, com procedimentos padronizados e fluxos bem definidos, o que resultou em maior previsibilidade e estabilidade das etapas produtivas. O detalhamento dos módulos, a fabricação sequenciada e o uso de gabaritos contribuíram para um controle dimensional rigoroso,

além de reduzirem retrabalhos e minimizar interferências entre disciplinas. Ao mesmo tempo, emergiram desafios relacionados à necessidade de maior integração entre projetistas e equipes fabris, especialmente em momentos de tomada de decisão rápida, ajustes de projeto e compatibilização fina entre sistemas.

No âmbito da logística, o estudo evidenciou que o transporte dos módulos é uma etapa estratégica e sensível do processo modular. As longas distâncias percorridas até o terreno de armazenamento intermediário demandaram planejamento antecipado, emissão de autorizações específicas e contratação de empresas especializadas. A etapa de armazenamento temporário mostrou-se eficiente, ainda que dependente de coordenação precisa entre liberadores, transportadores e equipe de obra. Entretanto, dificuldades como restrições de acesso, necessidade de equipamentos de grande porte e dependência de janelas climáticas favoráveis evidenciaram a importância de um planejamento logístico integrado ao cronograma da obra e à organização do espaço no canteiro.

No canteiro de obras, a montagem dos módulos e as etapas de integração proporcionaram ganhos significativos em termos de velocidade de execução e redução de interferências. Ainda assim, essa fase exige elevada maturidade técnica das equipes, desde a execução dos sistemas preliminares, fundações e apoios, até o recebimento, posicionamento, fixação, integração dos módulos e vedações finais. Ajustes finos de alinhamento, compatibilização das ligações hidrossanitárias e elétricas, bem como a finalização dos acabamentos, demandaram supervisão contínua e equipes capacitadas, evidenciando a importância de treinamento específico e mão de obra qualificada.

De forma geral, a análise do processo de implantação do sistema modular na obra Passeio do Mar evidenciou que o êxito do sistema depende da integração e coordenação entre todas as frentes de trabalho. Os módulos chegaram ao canteiro como estruturas metálicas completas com laje, piso e cobertura, demandando complementos e ajustes durante a montagem. A execução demonstrou elevado potencial em produtividade, precisão construtiva e organização logística, ao mesmo tempo em que evidenciou desafios críticos relacionados ao alinhamento entre projeto, fábrica, transporte e canteiro. O cruzamento das entrevistas com as observações in loco reforça que a implementação do sistema modular no Brasil ainda requer

aprimoramento de processos, capacitação técnica e fluxos mais integrados e maduros.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo de caso sobre o processo de construção modular do Residencial Passeio do Mar permitiu compreender, em profundidade, a dinâmica de execução de um empreendimento multifamiliar desenvolvido por meio da construção modular tridimensional. A análise das etapas produtivas dos módulos e das relações entre projeto, fábrica, logística e canteiro mostrou que o sistema possui elevada capacidade de otimização dos processos, proporcionando maior previsibilidade, padronização e racionalidade construtiva.

Os resultados desta pesquisa demonstram que a construção modular não se restringe à fabricação industrializada dos módulos, estando condicionada a um conjunto articulado de decisões técnicas ao longo de todo o processo. Observou-se que o desempenho do sistema está diretamente relacionado à integração entre as disciplinas de projeto, à qualidade dos projetos executivos, ao planejamento logístico e à capacitação das equipes envolvidas nas diferentes frentes de trabalho. Nesse sentido, o estudo evidenciou que, no contexto analisado, a eficiência do sistema modular depende de elevado nível de coordenação técnica e organizacional, reforçando a relevância do planejamento integrado e da qualificação profissional para o adequado desempenho do empreendimento.

Ao analisar o processo completo, da produção dos módulos ao seu posicionamento e finalização no canteiro, o estudo contribui para ampliar a compreensão sobre a viabilidade e os desafios da industrialização aplicada à construção civil. Mais do que apresentar uma descrição técnica, esta pesquisa reforça a importância de abordagens práticas, baseadas em observação direta e diálogo com equipes que vivenciam diariamente a execução do sistema da construção modular.

Em síntese, este trabalho alcançou seus objetivos ao sistematizar e analisar o processo modular em todas as suas fases, gerando reflexões e evidências que apoiam o desenvolvimento e a consolidação da construção modular no Brasil.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Diante das lacunas identificadas ao longo deste estudo, algumas possibilidades de aprofundamento podem contribuir de forma significativa para o

avanço e a consolidação da adoção da construção modular no Brasil. Nesse sentido, destaca-se a necessidade de desenvolver protocolos de capacitação de mão de obra voltados às equipes de projeto, fábrica, logística e montagem. Considerando que o sistema modular demanda competências que ainda não fazem parte da formação tradicional desses profissionais, estudos que proponham diretrizes, metodologias de treinamento e processos de qualificação contínua podem contribuir para elevar o nível de maturidade técnica do setor.

Além disso, pesquisas dedicadas aos modelos de planejamento e gestão aplicados especificamente à construção modular configuram um campo relevante para investigações futuras. Estudos que comparem diferentes estratégias de organização fabril, logística e montagem em canteiro têm potencial para identificar práticas mais eficientes, capazes de reduzir riscos, retrabalhos e atrasos, especialmente em empreendimentos multifamiliares de maior porte.

Essas sugestões dialogam diretamente com os desafios observados no estudo de caso e representam caminhos promissores para aprofundar o conhecimento, aprimorar processos e ampliar a adoção da construção modular no país.

REFERÊNCIAS

ABC MODULAR. **Roadmap Brasil da construção modular**. Coord. V.M. John et al. São Paulo: Epusp/ABCM/CICS USP, 2024. 72 p. ISBN 978-65-89190-31-8.

ALMEIDA, Luiza Rangel de. **Estudos de sistemas construtivos pré-fabricados modulares aplicados em canteiros de obras**. 2015. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/BUBD-A3YFTB>. Acesso em: 5 jun. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15873:2024** – Coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

BALAGUER, Carlos; ABDERRAHIM, Mohamed; NAVARRO, Jose Maria; BOUDJABEUR, Samir; AROMAA, Pekka; KAHKONEN, Kalle; SLAVENBURG, Silvester; SEWARD, Derek; BOCK, Thomas; WING, Robert; ATKIN, Brian. **FutureHome: an integrated construction automation approach**. IEEE Robotics & Automation Magazine, v. 9, n. 1, p. 55-66, 2002. Disponível em: https://cdn.prod.website-files.com/620ae6e8ea38eea628ce0769/63efb510ae8cb90a315a4005_FutureHome%20Construction%20Automation%20by%20Balaguer.pdf. Acesso em: 6 jul. 2025.

BASTOS, R. de C. S. C. **Da coordenação modular à construção modular: estudos de caso**. 2015. 88 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – UNESP, Guaratinguetá, 2015.

BAÚ, Gabriela. **Construções modulares: mapeamento do processo executivo de edificações em chassi de aço**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

BERTRAM, N.; FUCHS, S.; MISCHKE, J.; PALTER, R.; STRUBE, G.; WOETZEL, J. **Modular construction: from projects to products**. Capital Projects & Infrastructure, McKinsey & Company, 2019. p. 1-34. Disponível em: <https://www.mckinsey.com/capabilities/operations/our-insights/modular-construction-from-projects-to-products>. Acesso em: 12 jun. 2025.

BOSTON CONSULTING GROUP. **Off-site construction: the next revolution in building**. 2019. Disponível em: <https://www.bcg.com/publications/2019/offsite-revolution-construction>. Acesso em: 4 maio 2025.

BRASIL AO CUBO. **Portfólio institucional de obras e clientes: edifício Level 29**. [S.l.]: Brasil ao Cubo, [2025?]. Apresentação em slides. Disponível em: <https://brasilaoacubo.com/portfolio/edificio-level-29>. Acesso em: 3 jul. 2025.

BRASIL AO CUBO. **Construção modular: maior prédio da América Latina construído em apenas 100 dias**. CBIC, 13 dez. 2021. Disponível em: <https://cbic.org.br/73756-2/>. Acesso em: 3 jul. 2025.

CAMPOS, Ellen Tacconi Ferraz de. **Modelo para caracterizar a organização da produção fabril em empresas de construções off-site**. 2024. 140 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2024.

CARVALHO, Bruno Soares de. **Um método de entrega de projeto para construção modular baseado nos princípios Lean**. 2020. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2020.

CENTRO BRASILEIRO DA CONSTRUÇÃO EM AÇO – CBCA. **Maior obra de construção modular a seco**. Galeria da Arquitetura, 23 mar. 2023. Disponível em: <https://www.cbca-acobrasil.org.br/site/noticia/maior-obra-de-construcao-modular-a-seco>. Acesso em: 17 jun. 2025.

ENREDES. **Industrialização e construção off-site: volume 2**. São Paulo: CTE Enredes, 2023.

FERNANDES, Paulo Henrique. **Análise de cenário e perspectivas de crescimento das startups de construções modulares no Brasil**. 2022. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

FREITAS, F. M. C. **Construção modular sustentável: propostas de um projeto tipo**. 2014. 269 f. Dissertação (Mestrado em Construções Civis – Ramo Ambiente) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2014. Disponível em: <https://www.arataumodular.com/app/wp-content/uploads/2020/12/2014-Dissertacao-Construcao-Modular-Sustentavel.pdf>. Acesso em: 2 jul. 2025.

GIBB, Alistair; ISACK, Frank. **Re-engineering through pre-assembly: client expectations and drivers**. Building Research & Information, v. 31, n. 2, p. 146-160, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/233292306_Re-engineering_through_pre-assembly_Client_expectations_and_drivers. Acesso em: 2 jun. 2025.

GIBB, Alistair; PENDLEBURY, M. Glossary of terms. **Buildoffsite: Promoting Construction Offsite**, v. 39, London, 2013. Disponível em: <https://www.buildoffsite.com/content/uploads/2015/03/BoS-Glossary-of-terms-2013-web.pdf>. Acesso em: 6 maio 2025.

GND INCORPORADORA. **Passeio do Mar: Cacupé, Florianópolis**. Disponível em: <https://www.passeiodomar.com.br/>. Acesso em: 6 maio 2025.

GND INCORPORADORA. **Quem somos**. Disponível em: <https://www.gnd.eng.br/quem-somos/>. Acesso em: 24 jun. 2025.

GOODIER, Chris I.; GIBB, Alistair G. F. **Future opportunities for offsite in the UK**. Construction Management and Economics, v. 25, n. 6, p. 585-595, 2007. Disponível em: <https://hdl.handle.net/2134/3100>. Acesso em: 6 maio 2025.

GUIMARÃES, T. de C.; SANTOS, B. S. M. **Metodologias ágeis na construção civil: estudo de caso da construção modular off-site aplicada no Hospital M'Boi**

Mirim em São Paulo. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 1, p. 2207-2225, 2022. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/42463/pdf>. Acesso em: 15 maio 2025.

HENRIQUES, C. **Sistematização de diretrizes para projeto modulado em aço, com aplicação dos conceitos da customização em massa.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

HORTA, Bernardo de Andrade. **Construção modular tridimensional: pré-fabricação, tecnologia, trabalho, obsolescência e arquitetura.** 2021. 155 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia das Construções) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2021.

JIANG, Rui; MAO, Chao; HOU, Lei; WU, Chengke; TAN, Jiajuan. **A SWOT analysis for promoting off site construction under the backdrop of China's new urbanization.** Journal of Cleaner Production, v. 173, p. 225–234, 2018. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652617313161>. Acesso em: 28 jun. 2025.

JONSSON, Henrik; RUDBERG, Martin. **Classification of production systems for industrialized building: a production strategy perspective.** Construction Management and Economics, v. 32, n. 1-2, p. 53-69, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/263407558>. Acesso em: 28 jun. 2025.

KAMALI, Mohammad; HEWAGE, Kasun. **Life cycle performance of modular buildings: a critical review.** Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 62, p. 1171-1183, 2016. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116301411>. Acesso em: 28 jun. 2025.

KOSKELA, Lauri. **Is structural change the primary solution to the problems of construction?** Building Research & Information, v. 31, n. 2, p. 85-96, 2003. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09613210301999>. Acesso em: 28 jun. 2025.

LAWSON, R. M.; OGDEN, R. G.; PEDRESCHI, R.; GRUBB, P. J.; POPO OLA, S. O. **Developments in pre-fabricated systems in light steel and modular construction.** The Structural Engineer, Londres, v. 83, n. 6, p. 28–35, 15 mar. 2005. Disponível em: https://www.academia.edu/1212005/Developments_in_pre_fabricated_systems_in_light_steel_and_modular_construction. Acesso em: 6 jul. 2025.

LAWSON, R. M.; OGDEN, R.; GOODIER, C. **Design in modular construction.** Abingdon: CRC Press, 2014. Disponível em: <https://www.scribd.com/document/583740263/Design-in-Modular-Construction>. Acesso em: 5 maio 2025.

LINS, Marcos Rodrigues. **Análise da viabilidade da construção de casas populares com o sistema de construção modular off-site.** 2023. 87 f. Trabalho

de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Delmiro Gouveia, 2023.

MONTEIRO, Liza Bruna Reis; PALIARI, José Carlos. **Os desafios da industrialização da Construção Civil no contexto brasileiro**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENTAC, 20., 2024, Maceió. Anais... Maceió: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ANTAC, 2024.

NASCIMENTO, L. A. do; SANTOS, E. T. **A indústria da construção na era da informação**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 3, n. 1, p. 69–81, 2003. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/view/3443>. Acesso em: 19 jun. 2025.

RICHARD, Roger-Bruno. **Industrialized building system categorization**. In: SMITH, Ryan E.; QUALE, John D. (eds.). Offsite architecture: constructing the future. New York: Routledge, 2017. p. 3-20. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/336327842_Industrialized_building_system_categorization. Acesso em: 6 jul. 2025.

SABBATINI, Fernando Henrique. **Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia**. 1989. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1989.

SCHIEHL, Graziela Fernanda; LOCKSTEIN, Scheila. **Estudo da viabilidade de utilização do método de construção modular em um projeto FNDE Proinfância tipo 2**. Conhecimento em Construção, Joaçaba, v. 9, p. 95-114, 2022. DOI: <https://doi.org/10.18593/cc.v9.30043>.

SENÁRIO, Ana Paula Fernandes. **Construção modular: modelo de edificação que tem conquistado o mercado brasileiro**. Vértice Técnica – Economia e Preservação Ambiental, p. 66-71, 2022. Disponível em: <https://www.calameo.com/read/0064391980d41e451b318>. Acesso em: 6 jul. 2025.

SILVEIRA, Alice de Almeida. **Construção modular off-site no Brasil: desafios e revisão de custos**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

SILVEIRA, Guilherme Trompowsky Taulois. **Construção modular no Brasil e análise dos seus entraves**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil). Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2023.

SMITH, Ryan E. **Prefab architecture: a guide to modular design and construction**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

VACAREZZA, Graciela et al. **La construcción modular ligera con módulos tridimensionales, antecedentes y situación actual**. In: XXX Jornadas de Investigación y XII Encuentro Regional. SI+: Configuraciones, Acciones y Relatos, Buenos Aires, Universidade de Buenos Aires, 2016. p. 1-7. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/309208821_La_construccion_modular_liger

a_con_modulos_tridimensionales_antecedentes_y_situacion_actual. Acesso em: 6 jul. 2025.

VISIA. **As 4 etapas da construção modular**. 2020. Artigo. Disponível em: <https://www.visia.eng.br/as-4-etapas-da-construcao-modular/>. Acesso em: 16 maio 2025.

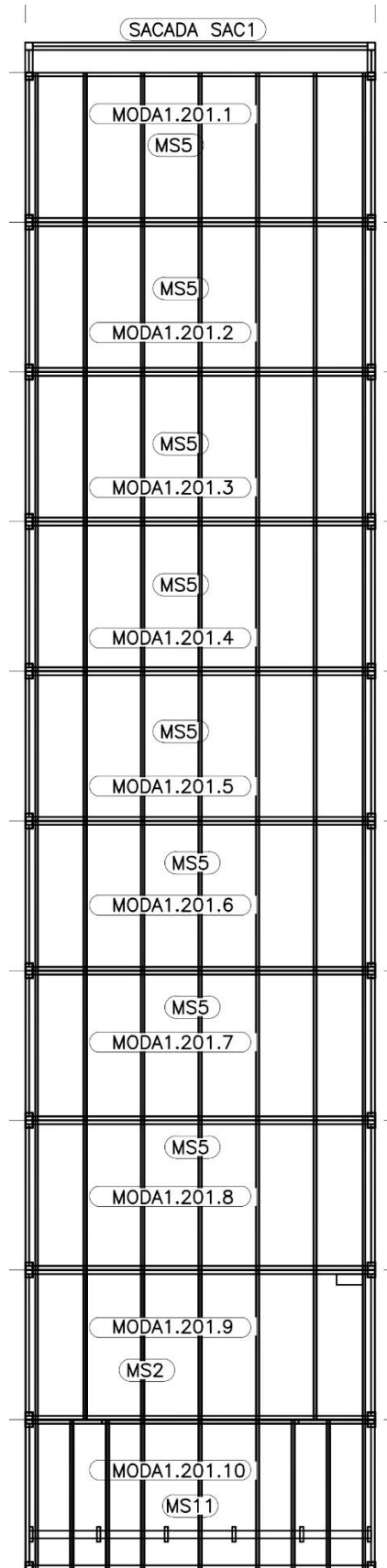
VISIA CONSTRUÇÃO MODULAR. **Construção do Módulo VISIA – Representação 3D**. YouTube, 28 mar. 2024. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=LXauUFugE_c. Acesso em: 20 out. 2025.

VISIA. **Segmentos**. Ivoti, 2025. Disponível em: <https://www.visia.eng.br/#segmentos>. Acesso em: 24 jun. 2025.

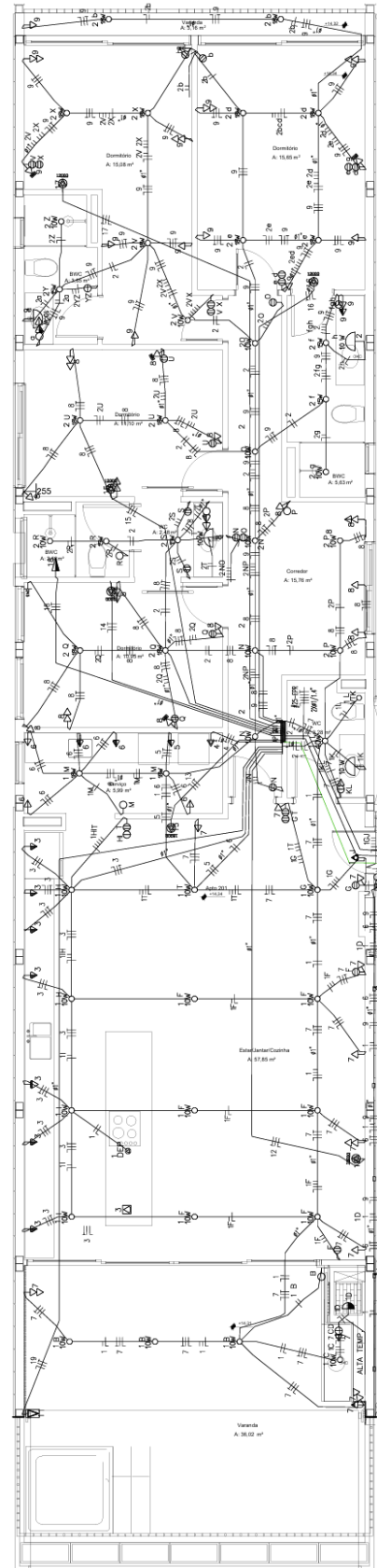
YASHIRO, Tomonari. **Conceptual framework of the evolution and transformation of the idea of the industrialization of building in Japan**. Construction Management and Economics, v. 32, n. 1-2, p. 16-39, 2014. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/01446193.2013.864779>. Acesso em: 28 jun. 2025.

ANEXOS

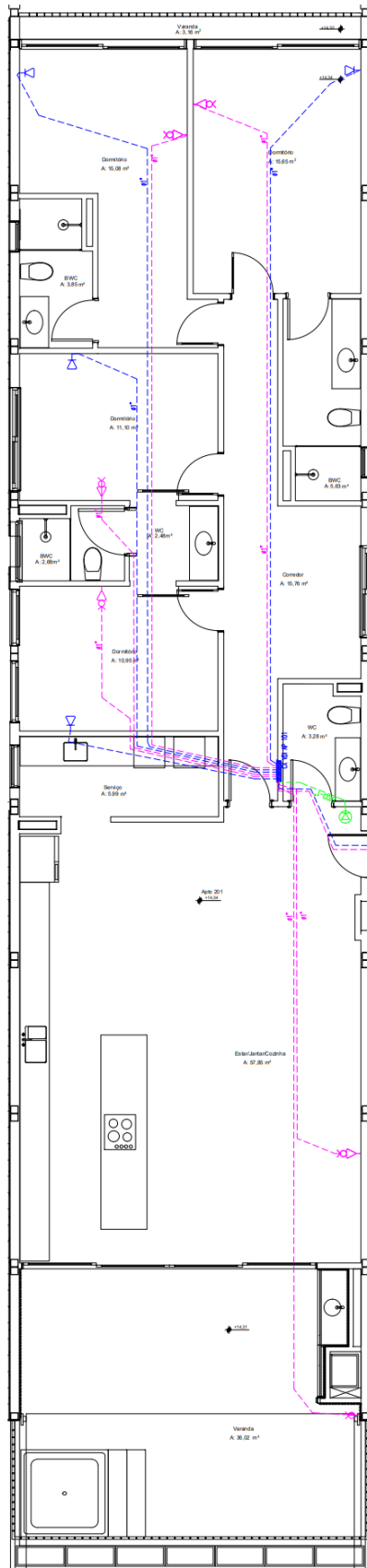
ANEXO B – Nomenclatura e disposição dos módulos



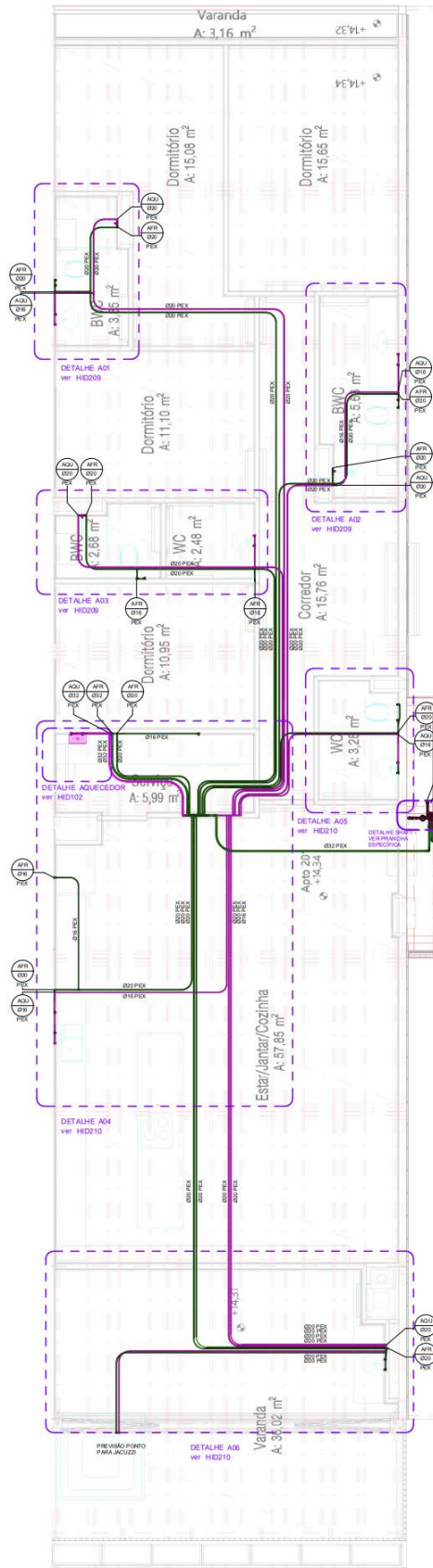
ANEXO D – Projeto de elétrica



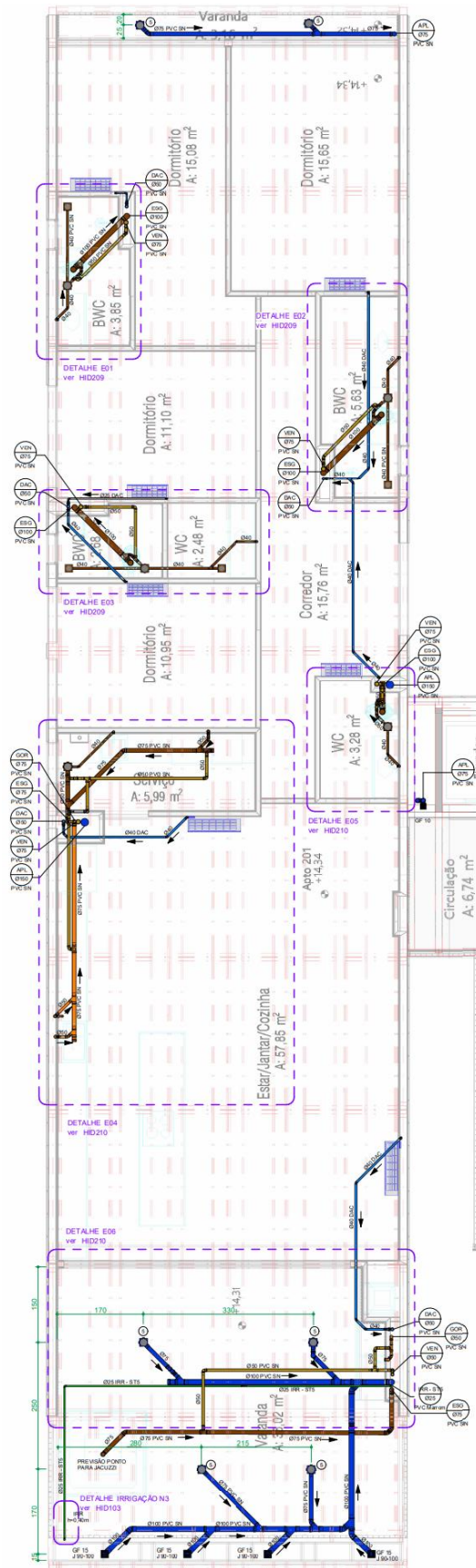
ANEXO E – Projeto de telecomunicação



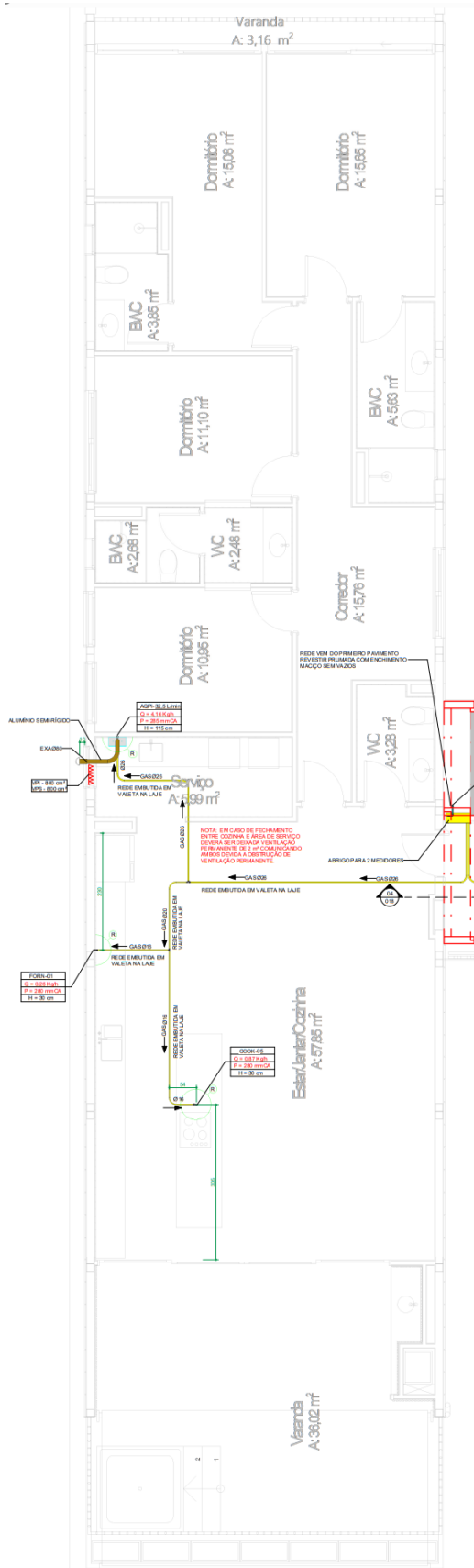
ANEXO F – Projeto hidráulico



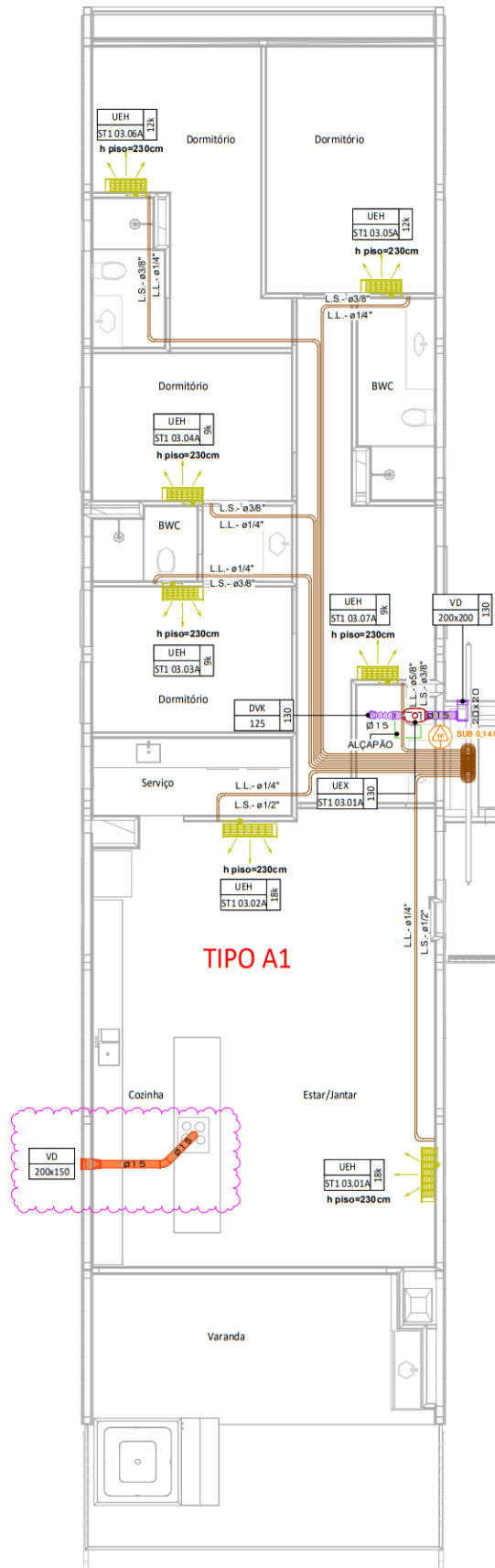
ANEXO G – Projeto sanitário



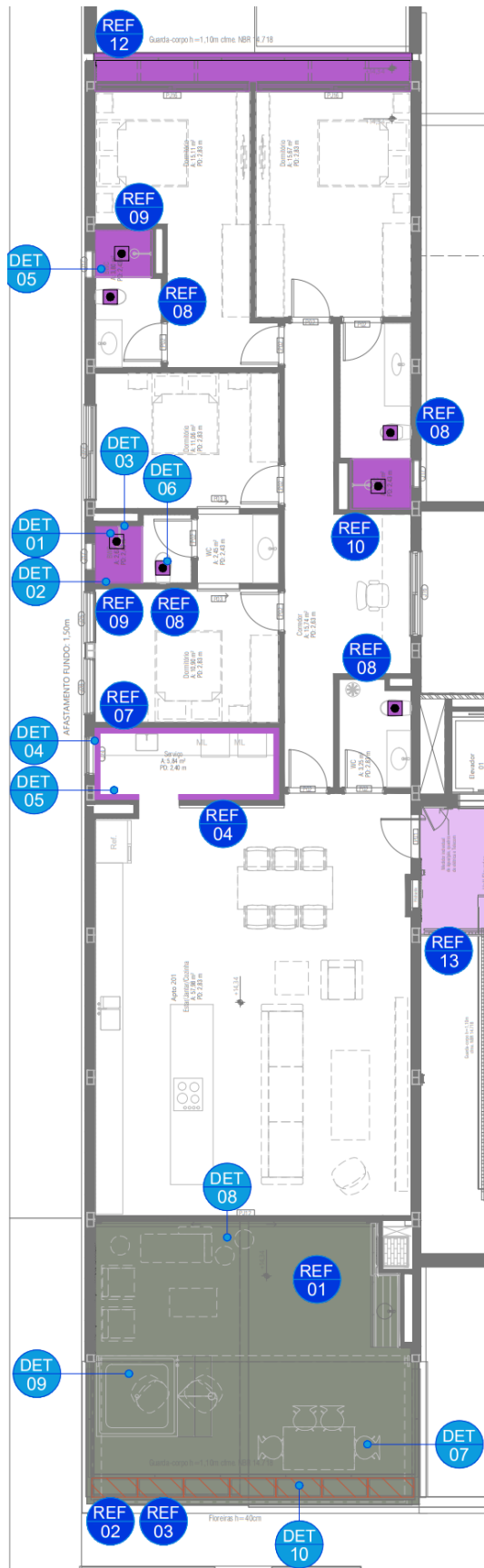
ANEXO H – Projeto de infraestrutura do gás



ANEXO I – Projeto de climatização



ANEXO J – Projeto de impermeabilização



ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo



3. INSPEÇÃO MÓDULOS / FÁBRICA
#123404567

87,18

Autor
Leonardo

Unidade
IVOTI

Estado
Rio Grande do Sul

Sincronizado em
11/11/2024 15:12

Cidade
IVOTI

Período de aplicação
11/11/2024 15:07 à 11/11/2024 15:12 (00:05:24)

Localização da unidade	Início da aplicação	Final da aplicação
IVOTI, RS, Brasil	-29.577355, -51.1716	-29.5774435, -51.1718314
	RUA DO GROTÃO, 365 PICADA 48 ALTA, Ivoti - RS, 93900-000, Brasil	RUA DO GROTÃO, 365 PICADA 48 ALTA, Ivoti - RS, 93900-000, Brasil

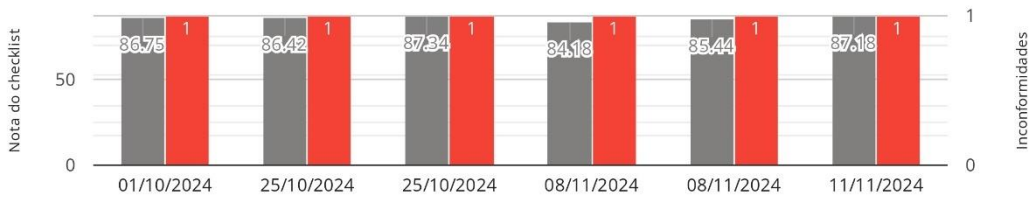
Resumo

Itens respondidos
49 de 49

Itens avaliativos **N/A** 35 0 0 3 0 **NÃO** 1 **SIM** 5 Complementos 0 0 0 8 0

Últimos resultados

● Nota do checklist ● Inconformidades



Resultado detalhado

Área	Resultado	Varição*
IDENTIFICAÇÃO	1/1 (100%)	0%
ESTRUTURA	4/4 (100%)	0%
PISO	2/2 (100%)	0%
COBERTURA E FORRO	2/2 (100%)	20% ▲
PAINÉIS / PAREDES	-	0%

ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)

Área	Resultado	Variação*
ELÉTRICA E LÓGICA	-	0%
HIDRÁULICA	-	0%
LOUÇAS, MÓVEIS E ACESSÓRIOS	-	0%
ESQUADRIAS	-	0%
DIVISÓRIAS	-	0%
DESVIO DE PROJETO E/OU PROCESSO	-	0%
MONOBLOCO COMPLETO	25/30 (83,33%)	0%
Subtotal	34/39 (87,18%)	
Total	34/39 (87,18%)	
RESULTADO PARCIAL	87,18	
RESULTADO FINAL	87,18	2,04% ▲

* A variação é referente a comparação entre a última aplicação e a aplicação referente a esse relatório

Itens


Área 1 | IDENTIFICAÇÃO
1/1

OBRA (Obrigatório)

PASSEIO DO MAR

Nº SÉRIE (Obrigatório)

31036






CÓDIGO DE PROJETO (Obrigatório)

Não



CATEGORIA (Obrigatório)

COMPLEXO


ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)

<p>CHAPA IDENTIFICAÇÃO (Peso 1 Obrigatório)</p> 	<p>SIM</p> <p>1/1</p>
<p>Área 2 ESTRUTURA 4/4</p>	
<p>SOLDAGEM (Peso 2 Obrigatório)</p> 	<p>😊</p> <p>2/2</p>
<p>ELEMENTOS DE FECHAMENTO (Peso 1 Obrigatório)</p>	<p>😊</p> <p>1/1</p>
<p>TUBO DE REFORÇO (Peso 1 Obrigatório)</p> 	<p>SIM</p> <p>1/1</p>
<p>CHAPAS DE UNIÃO MONOBLOCOS (MACHO x FÊMEA) (Peso 1 Obrigatório)</p>	<p>N/A</p> <p>0/0</p>

ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)

PINTURA (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
Área 3 PISO		2/2
PAGINAÇÃO (Peso 2 Obrigatório)		2/2
		
REVESTIMENTO (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
SOLEIRA (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
RODAPÉ (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
ACABAMENTO VISUAL E LIMPEZA (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
Área 4 COBERTURA E FORRO		2/2
EXTERNO - TELHAS (MODELO, QUANTIDADE, FIXAÇÃO) (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
EXTERNO - CAIMENTO E PINGADEIRA (DOBRAS) (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
EXTERNO - LIMPEZA (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
INTERNO - DIMENSIONAL (ALINHAMENTO) (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0


ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)

INTERNO - TABICA (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
INTERNO - ACABAMENTO VISUAL (Peso 1.5 Obrigatório)	N/A	0/0
INTERNO - TRATAMENTO DE JUNTAS (Peso 1.5 Obrigatório)	N/A	0/0
TUBO DE QUEDA D'ÁGUA (Peso 1 Obrigatório)	SIM	1/1
		
CHAPAS DE IÇAMENTO (Peso 1 Obrigatório)	SIM	1/1
Área 5 PAINÉIS / PAREDES		
DIMENSIONAL (ALINHAMENTO) (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
REVESTIMENTO (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
INTERNO - PINTURA (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
EXTERNO - PINTURA (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
TRATAMENTO DE JUNTAS E VEDAÇÃO (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0

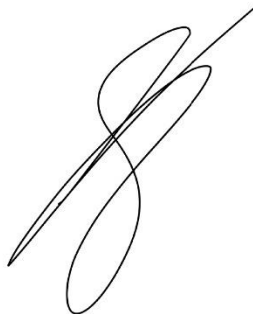
ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)

APLICAÇÃO DE HIDROFUGANTE (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
ACABAMENTO VISUAL E LIMPEZA (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
Área 6 ELÉTRICA E LÓGICA		
EXECUÇÃO CONFORME PROJETO (Peso 5 Obrigatório)	N/A	0/0
IDENTIFICAÇÃO DOS CIRCUITOS / CD (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
ACABAMENTOS (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
Área 7 HIDRÁULICA		
EXECUÇÃO CONFORME PROJETO (Peso 5 Obrigatório)	N/A	0/0
ACABAMENTOS (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
Área 8 LOUÇAS, MÓVEIS E ACESSÓRIOS		
INSTALAÇÃO CONFORME PROJETO (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
ACABAMENTOS (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
Área 9 ESQUADRIAS		
CARACTERÍSTICAS DE PROJETO (DIMENSIONAL, SENTIDO ABERTURA, MODELO) (Peso 3 Obrigatório)	N/A	0/0
INSTALAÇÃO GERAL (VEDAÇÃO, APERTO DE PARAFUSOS, MOLDURAS, BORRACHAS E VIDROS) (Peso 3 Obrigatório)	N/A	0/0
FUNCIONAMENTO GERAL (ABERTURA, FECHAMENTO, FECHADURAS COM CHAVES E FECHOS) (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0

ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Continuação)

ACABAMENTOS (VISUAL E LIMPEZA) (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
Área 10 DIVISÓRIAS		
CARACTERÍSTICAS DE PROJETO (DIMENSIONAL, SENTIDO ABERTURA, MODELO) (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
INSTALAÇÃO GERAL (Peso 2 Obrigatório)	N/A	0/0
FUNIONAMENTO GERAL (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
ACABAMENTOS (VISUAL E LIMPEZA) (Peso 1 Obrigatório)	N/A	0/0
Área 11 DESVIO DE PROJETO E/OU PROCESSO		
Nº DESVIO E DESCRIÇÃO SIMPLIFICADA (Obrigatório)	<input type="text" value="Não"/>	
Área 12 MONOBLOCO COMPLETO		
FICHA DE ACOMPANHAMENTO (Peso 5 Obrigatório)	NÃO	0/5
ESCOPO DA FÁBRICA COMPLETO? (Peso 25 Obrigatório)	SIM	25/25
		
Geral		
<input type="text" value="Passeio mar"/>		

ANEXO K – Ficha de Acompanhamento do Módulo (Conclusão)

A handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke extending to the right.

Leonardo
CQP