UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

THAIS RIBEIRO DA SILVA

SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINEL MONOLÍTICO DE EPS: PROCESSO DE UMA CONSTRUÇÃO VIRTUAL

PATO BRANCO

2023

THAIS RIBEIRO DA SILVA

SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINEL MONOLÍTICO DE EPS: PROCESSO DE UMA CONSTRUÇÃO VIRTUAL

CONSTRUCTION SYSTEM IN MONOLITHIC EPS PANEL: PROCESS OF A VIRTUAL CONSTRUCTION

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientador(a): Prof. MSc. Rayana Carolina Conterno

PATO BRANCO

2023

4.0 Internacional

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

THAIS RIBEIRO DA SILVA

SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINEL MONOLÍTICO DE EPS: PROCESSO DE UMA CONSTRUÇÃO VIRTUAL

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentada como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 20 de junho de 2023

Rayana Carolina.Conterno
Mestrado em Desenvolvimento Regional - UTFPR
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Braco

---

Osmar João Consoli
Mestrado em Engenharia Civil - UFSC
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Braco

---

José Valter Monteiro Larcher
Mestrado em Construção Civil - UFPR
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Braco

PATO BRANCO

2023

AGRADECIMENTOS

Em especial, dedico este agradecimento a minha amada mãe, Adriane Jochem, por toda sua sabedoria, paciência e amor durante esta caminha que, por muito, fora tortuosa.

Agradeço a minha orientadora Prof. MSc. Rayana Carolina Conterno, por todas suas orientações para o desenvolvimento deste trabalho e, principalmente, por sua compreensão em momentos de apuro.

Por fim, agradeço aqueles que, independentemente do período, fizeram parte da minha vida durante esta trajetória, proporcionando momentos de alegrias e de descontração, tornando todas as dificuldades e obstáculos mais leves para serem enfrentados.

RESUMO

Com o avanço da industrialização e o consumo desenfreado de recursos naturais que, por consequência, intensificou a degradação do meio ambiente, tem-se como pauta de discussão mundial do termo ‘sustentabilidade’. Neste sentido, pesquisas em torno de novos sistemas construtivos, de forma a mitigar os impactos negativos gerados pelo mercado da construção civil, vêm ganhando destaque. Neste cenário, o painel monolítico de poliestireno expandido (EPS) tornou-se alvo de estudos, devido ao baixo impacto ambiental pelo fato da sua matéria prima principal ser 100% renovável e não poluente. Visando a necessidade de pesquisas em relação as características, empregabilidade e processo construtivo do sistema em EPS, este trabalho tem por objetivo realizar o levantamento bibliográfico, análise de estudos de casos realizados, tendo como critério o desenvolvimento de projeto arquitetônico e execução, bem como, avaliar a empregabilidade de um *software* BIM para a modelagem e detalhamento deste sistema construtivo. Os resultados indicaram uma escassez de informação e padronização normativa para o desenvolvimento de edificações em painéis monolíticos de EPS, além de apresentar impasses no emprego do Revit para a modelagem detalhada dos componentes. Contudo, este sistema construtivo apresentou diversos avanços, tanto na parte de materiais quanto nos processos construtivos empregados no canteiro de obra.

Palavras-chave: EPS; construção; sustentabilidade; modelagem.

ABSTRACT

With the advancement of industrialization and the unbridled consumption of natural resources, which has consequently intensified environmental degradation, the term 'sustainability' is being discussed worldwide. In this sense, research into new building systems, in order to mitigate the negative impacts generated by the civil construction market, has been gaining prominence. In this scenario, the monolithic expanded polystyrene (EPS) panel has become the target of studies, due to its low environmental impact because its main raw material is 100% renewable and non-polluting. Aiming at the need for research regarding the characteristics, employability, and construction process of the EPS system, this study aims to conduct a bibliographic survey, analysis of case studies, taking as criteria the development of architectural design and execution, as well as to evaluate the employability of BIM software for modeling and detailing of this building system. The results indicated a scarcity of information and normative standardization for the development of buildings in monolithic panels of EPS, besides presenting impasses in the use of Revit for detailed modeling of the components. However, this building system presented several advances, both in terms of materials and construction processes used at the construction site.

Keywords: EPS; construction; sustainability; modeling.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Pérolas de poliestireno 5
Figura 2 - Estrutura de painel de EPS, malha de aço e revestimento.....9
Figura 3 – Soluções em EPS da linha Monopainel sendo a) painel de canto, b) painel curvo, c) pergolado e d) escadaria 10
Figura 4 - Representação do painel monolítico em EPS da Kingspan Isoeste..11
Figura 5 – a) reforço de canto 'L', aplicado em obra e b) representação gráfica do reforço de canto 'L', com suas respectivas dimensões 12
Figura 6 - a) reforço em 'U', aplicado em obra e b) representação gráfica do reforço em 'U', com suas respectivas dimensões 13
Figura 7 - a) reforço plano, aplicado em obra e b) representação gráfica do reforço plano, com suas respectivas dimensões.....13
Figura 8 – Aplicação da lajota EPS especial.....14
Figura 9 - Lajota EPS padrão.....15
Figura 10 - Kit escada fácil de EPS com 16 degraus.....15
Figura 11 - Complexo residencial em EPS no Japão 17
Figura 12 - Fundação rasa do tipo radier 19
Figura 13 – Esquema de radier concretado com as devidas esperas de embutidos elétricos e hidráulicos e arranques 20
Figura 14 - Conduite localizado dentro do perímetro do gabarito onde será instalada um painel monolítico em EPS.....21
Figura 15 – Execução da amarração entre malhas dos painéis.....22
Figura 16 - Escoramento dos painéis monolíticos em EPS.....23
Figura 17 - Corte do painel em EPS e malha de aço para a abertura de vão 23
Figura 18 - Encaixe da bandeira da porta.....24
Figura 19 – Execução de sulco com o auxílio do soprador de ar quente 25
Figura 20 – A esquerda, execução da passagem dos conduites pelos sulcos e, a direita, abertura feira para a passagem de uma tubulação 26
Figura 21 - Imagem renderizada a partir do *plugin* Enscape 3D 30
Figura 22 - Obra residencial em Varginha – MG.....31
Figura 23 - Galpão industrial em São Bernardo do Campo - SP 31
Figura 24 - Centro Municipal de Educação Infantil em Manaus – AM.....32

Figura 25 – Área destinada ao empreendimento Condomínio Bosque da Praia 33
Figura 26 – Localidade do terreno utilizado como base para o estudo.....33
Figura 27 – Sistema em malha GRID de 1,20x1,20 m disposto sobre o terreno 36
Figura 28 - Divisão dos eixos estruturais (A, B C e D) e divisão dos setores do pavimento térreo 37
Figura 29 - Planta baixa do pavimento térreo 38
Figura 30 - Planta baixa do pavimento superior.....39
Figura 31 – Laje fácil 40
Figura 32 - Renderização da fachada 41
Figura 33 – Renderização da área de lazer 41
Figura 34 - Vista da obra de Jurerê concluída 42
Figura 35 - Vista da obra de Pantanal concluída 42
Figura 36 - A esquerda, planta baixa do pavimento térreo e, a direita, planta baixa do pavimento superior.....43
Figura 37 – A esquerda, painéis de EPS com o formato ondulado destinado a vedação vertical da edificação e, a direita, esperas espaçadas a cada 50 cm ..44
Figura 38 – A esquerda, detalhe das armaduras dos pilares devidamente posicionadas e, a direita, inicio da montagem dos painéis do pavimento térreo 45
Figura 39 - A esquerda, início da montagem do pavimento superior, a direita, os painéis e formas montados e travados 46
Figura 40 - Execução do madeiramento da cobertura 46
Figura 41 - Aplicação do revestimento argamassado através da projeção pneumática 47
Figura 42 - Planta baixa do pavimento térreo 48
Figura 43 - Planta baixa do segundo pavimento 48
Figura 44 – Montagem dos painéis de EPS já com a abertura das esquadrias realizadas 49
Figura 45 - Primeira camada de revestimento argamassado do pavimento térreo finalizado.....50
Figura 46 – Execução da montagem dos painéis do segundo pavimento.....51
Figura 47 - Execução da cobertura da edificação 51

Figura 48 – Planta de localização/ implantação.....54
Figura 49 - Planta baixa pavimento inferior 55
Figura 50 - Planta baixa pavimento superior 56
Figura 51 - Família de piso representativa da camada de 7 cm de brita e lona plástica.....57
Figura 52 - Família de laje de fundação representativa do radier com 10 cm de espessura.....58
Figura 53 - Configuração da malha de aço do radier 58
Figura 54 - Família de parede básica representativa do painel de EPS com 8 cm de espessura 59
Figura 55 – Configuração de identidade do material EPS com as respectivas informações do fabricante.....60
Figura 56 – Configuração de a) gráficos e b) aparência do material EPS.....60
Figura 57 - Parede 'osso' compreendida pelos painéis de EPS, com destaque ao detalhamento gráfico do material.....61
Figura 58 - Configuração da malha de aço dos painéis de EPS 62
Figura 59 - Detalhe construtivo referente as malhas de aço dos painéis de EPS 63
Figura 60 - Destelhamento do transpasse horizontal e vertical das malhas de aço nas placas de EPS 64
Figura 61 - Inserção das malhas de reforço lisa nos cantos das esquadrias....65
Figura 62 - Criação da família de 'ESCADA PRÉ-MOLDADA EM EPS + ACABAMENTO EM PORCELANATO' 66
Figura 63 - Configuração das propriedades dos materiais da escada de EPS..66
Figura 64 - Escada pré-moldada em EPS.....66
Figura 65 - Altura do elemento de enchimento *versus* altura total da laje.....67
Figura 66 - Ferramenta para a inserção dos elementos 'vigota treliçada' e 'lajota de EPS'.....68
Figura 67 - Lajes pré moldada com vigotas e enchimento de EPS, com destaque a diferenciação dos tamanhos das lajotas.....68
Figura 68 - Configuração do revestimento e acabamento das paredes.....70
Figura 69 - Corte da parede para visualização do painel de EPS + malhas de aço + revestimento argamassado e acabamento.....70

Figura 70 - Contrapiso modelado por ambiente 71
Figura 71 - Configuração do contrapiso de 4 cm + impermeabilização aplicado nas áreas molhadas 72
Figura 72 - Detalhe dos acabamentos cerâmicos de parede e piso 72
Figura 73 - Configuração do material 'forro de gesso' 73
Figura 74 - Aplicação do forro de gesso nos ambientes (visualização superior) 74
Figura 75 – Talhamento da cobertura com telha de fibrocimento estruturada em trama de madeira 74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tipos de EPS.....6

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 Objetivos 3
1.1.1 Objetivo Geral 3
1.1.2 Objetivos específicos 3
1.2 Justificativa 3
2 REFERENCIAL TEÓRICO 5
2.1 Poliestireno Expandido (EPS) 5
2.2 Sistemas construtivos 7
2.2.1 Sistemas construtivos industrializados 7
2.2.2 Sistema construtivo em painéis de Poliestireno Expandido (EPS) 8
2.2.2.1 Painel monolítico em EPS 9
2.2.2.2 Malhas de reforço 12
2.2.2.3 Lajota EPS especial 13
2.2.2.4 Escadaria 15
2.2.2.5 Usabilidade 16
2.3 Processo construtivo monolítico em EPS 17
2.3.1 Restrições de uso 17
2.3.2 Fundação e gabarito 18
2.3.3 Fixação dos painéis monolíticos em EPS 20
2.3.4 Abertura de esquadrias 23
2.3.5 Instalações 25
2.3.6 Revestimento 26
2.3.7 Finalização 27
2.4 Modelagem da informação da construção (BIM) 27
2.4.1 Software Revit 29
2.4.1.1 Projeto de arquitetura 29
3 ESTUDO DE CASO 31
3.1 Edifício residencial – Ceará Mirim/ RN 32
3.1.1 Desenvolvimento projetual 34
3.2 Edifícios residenciais – Florianópolis/ SC 42
3.2.1 Obra 1: Jurerê, Florianópolis – SC 43

3.2.2 Obra 2: Pantanal, Florianópolis – SC 47
3.2.3 Análise obras de Florianópolis 52
4 METODOLOGIA 53
5 DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL APLICANDO O SISTEMA CONSTRUTIVO EM EPS....54
5.1 Fundação e gabarito 56
5.2 Paredes 59
5.3 Malhas de reforço....64
5.4 Escada....65
5.5 Lajes 67
5.6 Revestimento argamassado e acabamento 69
5.6.1 Parede....69
5.6.2 Piso 71
5.6.3 Teto 73
5.7 Cobertura 74
5.8 Análise da modelagem....74
6 CONCLUSÃO 76

1 INTRODUÇÃO

Considerado um importante propulsor da economia brasileira, a construção civil supre algumas das necessidades mais básicas do país, como, por exemplo, a construção de habitações, escolas e hospitais (CBIC, 2021). Segundo a Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil (IBGE, 2022), no ano de 2020, o setor atingiu a marca de 131,8 mil empresas ativas em todo o país, englobando os segmentos de construção de edifícios, obras de infraestruturas e serviços especializados para a construção, representando um aumento de quase 5,5% quando comparado ao ano de 2019. Tendo em vista um panorama de mercado cada vez mais competitivo, o sucesso de um empreendimento na construção civil exige constante inovação no seu processo de produção, materiais e tecnologias, adequando-se à realidade do setor.

No que tange ao processo de produção de seus produtos, o projeto arquitetônico e complementares, deve garantir que estes estejam devidamente contemplados graficamente e operando simultaneamente antes da fase construtiva, o que poderá auxiliar não somente na fluidez da obra, como também na mitigação de conflitos, atrasos e prejuízos financeiros.

Conforme destacam Souza Junior, Maia e Correio (p. 3237, 2014) “muitos dos problemas relacionados à falta de qualidade em edificações, tem como causa principal um processo de projeto informal”. Levando em consideração esta conjuntura, as empresas do setor têm buscado melhorar e aperfeiçoar as metodologias empregadas no processo projetivo, tendo como finalidade garantir a qualidade em seus produtos (SOUZA JUNIOR, MAIA E CORREIO, 2014). Nesta tendência, tem-se destacado a Modelagem de Informação da Construção (BIM), um “processo holístico de criação e gerenciamento de informações para um recurso construído” (AUTODESK, p. 1, 2022a).

Apesar da relevância da implementação do BIM na elaboração e compatibilização dos projetos das diversas disciplinas, esta tecnologia encaminha-se a passos largos no cenário de arquitetura e construção civil brasileiro. Um exemplo desta conjuntura, é o Decreto Nº 10.306 (BRASIL, p. 5, 2020) que, somente em abril de 2020, estabeleceu a "utilização do Building Information Modelling na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas

entidades da administração pública federal” (p. 5, 2020) e que, por sua vez, tem sua terceira e última fase de implantação prevista apenas para 2028.

Associado a este fator, encontra-se a problemática do impacto ambiental gerado pelos segmentos da engenharia civil. Conforme relatado pelo Conselho Internacional da Construção (CIB), a indústria da construção é apontada como um dos setores que mais consomem recursos naturais e energia, além da geração de resíduos, o qual estima-se que o setor seja responsável por mais de 50% dos remanescentes sólidos, líquidos e gasosos quando comparado com as demais atividades humanas (MMA, 2023). Com isso, surge a necessidade do desenvolvimento e da aplicação de novos sistemas construtivos de forma a mitigar os impactos negativos gerados ao meio ambiente. Neste sentido, popularizou-se o uso dos sistemas construtivos industrializados como, por exemplo, o *Light Steel Framing* (LSF) e o de placas monolíticas de Poliestireno Expandido (*Expanded Polystyrene* - EPS) (PAVESI, PFÜTZRENREUTER E KUHN, 2017).

Popularmente conhecido no Brasil como isopor, “o EPS é um plástico celular rígido, resultado da polimerização do estireno em água. O produto final são pérolas de até três milímetros de diâmetro, que se destinam à expansão” (EPS BRASIL, p. 1, 2023). Através dos processos de vaporização, fundição e modelagem, o produto final pode apresentar um aumento de até 50 vezes do seu tamanho original. Segundo a EPS Brasil (2023), os produtos gerados em EPS são inertes e não contaminam o solo, água e ar. Além disso, são 100% reaproveitáveis e recicláveis, sem que suas propriedades originais sejam perdidas.

Assim, nesta perspectiva, tem-se os seguintes questionamentos para o desenvolvimento da presente pesquisa: como a efetivação do BIM auxiliará na qualidade do produto gerado? Qual a importância da implementação de sistemas construtivos alternativos na construção civil? Com isso, este trabalho tem por objetivo realizar a modelagem de um projeto arquitetônico utilizando o *software* Revit, tendo como destaque o processo construtivo de uma residência unifamiliar em EPS.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Implementar o conceito BIM para o desenvolvimento do projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar em EPS na cidade de Pato Branco - PR.

1.1.2 Objetivos específicos

- Compreender o processo construtivo do sistema de painel monolítico de EPS e a aplicação do BIM na concepção de projeto arquitetônico;
- Analisar estudos desenvolvidos em torno da aplicação do EPS como sistema construtivo;
- Realizar a modelagem do projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar em EPS utilizando o *software* Revit.

1.2 Justificativa

A construção civil é um dos setores que mais contribuem para a economia e geração de emprego no país (CBIC, 2021). Visando a necessidade de suprir a demanda de mercado, a indústria de Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC) vêm passando por um processo de implementação de novas tecnologias que permitam o desenvolvimento do conceito de ‘construção integrada’, otimizando, assim, recursos e processos (GOMES E LACERDA, 2014).

Neste contexto, o BIM tornou-se uma ferramenta que contribui na elaboração e visualização do projeto arquitetônico e complementares de maneira compatibilizada, refletindo, principalmente, na mitigação de conflitos no canteiro de obra (ALEIXO E SILVA JUNIOR, 2019). Contudo, segundo pesquisas em torno do tema, as empresas do ramo da construção civil mostraram-se pouco adeptas a utilização e adequação de

softwares que auxiliem na concepção e integração das disciplinas (BARRETO *et al.*, 2016; RODRIGUES, *et al.*, 2017).

Paralelamente, vive-se em um cenário onde os materiais de construção contribuem consideravelmente no impacto ambiental no que se refere ao uso de matérias-primas, fontes de energia e emissões poluidoras (BERTOLINI, 2010). Objetivando uma alternativa ao sistema construtivo tradicional, o EPS tornou-se alvo de estudos, pois além de trazer agilidade e praticidade por tratar-se de um sistema industrializado, propicia vantagens como por exemplo: excelente custo/ volume útil; boa relação resistência/ massa; excelentes características de deformabilidade e estabilidade dimensional; ampla compatibilidade físico-química com os demais materiais empregados na construção civil, e, a sustentabilidade (EPS BRASIL, 2023).

Tendo em vista este cenário, destaca-se a importância da efetivação do BIM na concepção das edificações, o qual possibilita o desenvolvimento de projetos ricos em detalhes pertinentes à sua execução, e o estudo da aplicação de novos sistemas construtivos por meio dos profissionais da engenharia civil e arquitetura.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, será empregado o *software* Revit, disponibilizado gratuitamente para estudantes pela plataforma Autodesk, sendo necessário para o seu manuseio a realização de cursos preparatórios, podendo realizá-los através do *site* Cursos Construir, onde há diversas aulas gratuitas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Poliestireno Expandido (EPS)

O EPS foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stasny e Karl Buchholz, na Alemanha. No Brasil ficou popularmente conhecido como ‘isopor’, marca registrada pela empresa Knauf Isopor (EPS BRASIL, 2023). Formado por 98% de ar e somente 2% de plástico, trata-se de um material 100% reciclável, produzido de pequenas esferas à base de petróleo (Figura 1) que, separadamente, passam por um processo de expansão a partir da exposição a vapores e temperaturas elevadas. Após esta etapa, o material é comprimido e injetado em moldes, variando densidade e formato de acordo com sua finalidade (EPS ISOPOR, 2023).

Figura 1 – Pérolas de poliestireno
Fonte: EPS Brasil, 2023.

O *site* Mundo Isopor (2023) explica que existem dois segmentos de EPS, os recortados e moldados. Enquanto os moldados são empregados para material de, por exemplo, caixas térmicas, os recortados destinam-se a construção civil, constituídos pelas placas de poliestireno. Os EPS recortados possuem uma densidade mínima de 10 kg/m³ e máxima de 35 kg/m³ e são classificados, ainda, “conforme as principais características técnicas, como densidade, capacidade de resistência à temperatura e

à pressão, flamabilidade (capacidade de retardar o fogo) e absorção de líquidos" (MUNDO ISOPOR, p. 1, 2023). Atualmente, comercializam-se 7 categorias de EPS, catalogados de acordo com suas propriedades, norma e tipo (Tabela 1).

Tabela 1 - Tipos de EPS

PROPRIEDADES	NORMA Método Ensaio	UNID.	TIPOS EPS						
			TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7
Densidade Aparente Nominal	NBR 11949	kg/m³	10,0	12,0	14,0	18,0	22,5	27,5	32,5
Densidade Aparente Mínima	NBR 11949	kg/m³	9,0	11,0	13,0	16,0	20,0	25,0	30,0
Condutividade Térmica Máxima (23°C)	NBR 12094	W/ m.K	-	-	0,042	0,039	0,037	0,035	0,035
Tensão por Compressão com deformação de 10%	NBR 8082	KPa	≥33	≥42	≥65	≥80	≥110	≥145	≥165
Resistência mínima à flexão	ASTM C-203	KPa	≥50	≥60	≥120	≥160	≥220	≥175	≥340
Resistência mínima ao cisalhamento	EN-12090	KPa	≥ 25	≥30	≥60	≥80	≥110	≥135	≥170
Flamabilidade (Se material classe F)	NBR 11948		Material Retardante à Chama						

Fonte: ABRAPEX, 2006.

Além disso, é importante ressaltar que o EPS não pode ser inflamado por faíscas ou resíduos em brasa e que, para o uso na construção civil, deve ser denominado como "Classe F", pois a categoria é considerada retardante e contrai em contato com o fogo, inibindo, assim, a sua combustão (BERTOLDI, 2007).

Segundo o Mundo Isopor (2023), dentre os principais benefícios do uso do EPS como material de construção, destaca-se a flexibilidade e resistência, economia de mão de obra, menor consumo de escoramentos, aço e concreto (no caso do uso de lajotas de EPS em lajes), obras mais ágeis, isolamento termoacústico, não propaga chamas e não absorve água. Neste sentido, o material ganhou destaque no ramo devido, principalmente, a otimização e versatilidade de seu uso, ganhando cada vez mais espaço no mercado da construção civil.

2.2 Sistemas construtivos

2.2.1 Sistemas construtivos industrializados

Nos últimos 250 anos, com o aprimoramento das atividades do meio técnico-científico, a sociedade industrial possibilitou que a expectativa de vida do ser humano dobrasse. Em contrapartida, para suprir a demanda da população, necessitou-se de um fluxo cada vez mais abundante de materiais, constituído da extração de recursos naturais não renováveis e transformando-os em uma somatória de resíduos originados dos processos as quais se destinam. Neste cenário, o setor da construção civil representa mais da metade desta cadeia de produção (JOHN, 2017).

Mesmo que responsável por uma parcela significativa do Produto Interno Bruto (PIB) nacional e considerado um importante propulsor do desenvolvimento social (CBIC, 2021), a indústria da construção civil destaca-se negativamente devido, principalmente, aos métodos produtivos ineficientes e ultrapassados e o consumo indeliberado de insumos, gerando, assim, desperdícios de materiais (ROTH E GARCIAS, 2009). Com isso,

> "A preocupação com a sustentabilidade e as medidas de mitigação dos impactos ambientas no setor da construção civil, que consistem principalmente na redução e otimização do consumo de materiais e energia, na redução de resíduos gerados, na preservação do ambiente natural e na melhoria da qualidade do ambiente construído, são destaque no cenário nacional" (MMA, 2014, *apud* GOMES E LACERDA, p.168, 2014).

Dessa forma, intensificou-se o surgimento de novos sistemas construtivos, com o propósito de elevar a qualidade dos projetos e otimizar a produtividade e período de construção. Atrelando-se ao uso de modernas tecnologias, tem-se à mitigação dos impactos ambientais e a diminuição de custos que, por sua vez, tendem a redução de tempo e otimização do uso dos materiais (MATEUS, 2004).

Um ponto de partida para obter-se a racionalização na construção civil é a implementação de componentes pré-fabricados nas obras, sendo o desempenho e

durabilidade da edificação integrada com o projeto, fabricação, montagem e a responsabilidade técnica do fabricante (BARTH E VEFAGO, 2008).

De acordo com Gomes e Lacerda (2014), as obras de estruturas pré-fabricadas transformaram os canteiros de obra em locais de montagem, o que possibilitou a redução de improvisos e desperdícios; assim, é tangível a mitigação dos impactos ambientais devido a racionalização dos processos construtivos.

Conforme referido na revisão sistemática realizado por Costa e Daltro, de modo geral, o sistema construtivo industrializado apresenta:

> "comportamento superior ao sistema construtivo convencional, desde a extração de matéria-prima, transporte, logística, execução, ocupação até a pós-ocupação da edificação, onde são visíveis em cada etapa alguns princípios de sustentabilidade, como a redução da utilização de água e geração de resíduos, uso de materiais recicláveis e racionalização" (COSTA e DALTRO, p. 13, 2017).

Dentre as principais tecnologias alternativas ao método construtivo convencional, encontram-se o Light Steel Framing (LSF), Light Wood Framing (LWF), sistema de Concreto/PVC e painel de Poliestireno Expandido (EPS) (COSTA E DALTRO, 2017; GABRIEL *et al.,* 2021).

2.2.2 Sistema construtivo em painéis de Poliestireno Expandido (EPS)

Os painéis como componente de vedação de uma edificação surgiram a partir do aprimoramento da indústria de materiais de construção e à aplicação de novas tecnologias. Com o emprego da engenharia de automação no âmbito da construção civil, sucedeu o desenvolvimento de um sistema construtivo composto por painéis de poliestireno expandido. Este sistema, também conhecido como *Monolite*, tem como origem um projeto da década de 80 na Itália, o qual foi empregado com o intuito de amenizar os estragos ocasionados por terremotos, sendo reconhecido oficialmente em 1985 através do certificado italiano *Certificato di`Idoneita Técnica*, homologado pelo Instituto Giordianos (ALVES, 2015).

2.2.2.1 Painel monolítico em EPS

Análogo a um sistema sanduíche, o EPS é estruturado por meio de malhas de aço produzidas com material de alta resistência (AR) com bitolas de 2 à 10 mm e um espaçamento entre 5 à 30 cm, fixadas sobre ambas superfícies da placa e finalizadas com revestimento de concreto e/ou argamassa, conforme apresentado na Figura 2 (BERTOLDI, 2007).

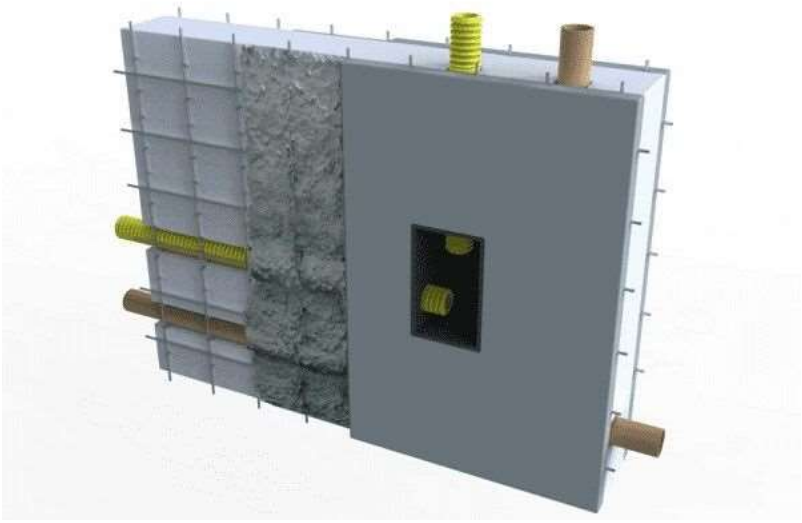


Figura 2 - Estrutura de painel de EPS, malha de aço e revestimento
Fonte: Estruturar Engenharia Júnior, 2022

Dentre as principais empresas que desenvolvem e comercializam produtos de EPS voltados a construção civil, encontram-se o Grupo Isorecort e Kingspan Isoeste. O Monopainel, fabricado pelo grupo Isorecort, tem como padrão painéis (LxExA) de 1000x80x3000 mm para alvenaria autoportante e de 1000x50x3000 mm para as alvenarias cujo a finalidade seja somente de vedação, as quais variam entre 10 e 12 kg/m³ de densidade. As telas metálicas eletrosoldadas que compõem o sistema são do tipo Q-61, formando uma malha de 15x15 cm de aço CA-60 de 3,4 mm de diâmetro; inclusive, utiliza-se distanciadores plásticos tipo DI, propiciando um posicionamento de 10 mm de distância entre malha de aço e placa de EPS (AECWEB, 2023a).

Além do painel estrutural e de fechamento, o Grupo Isorecort possui em seu catálogo o painel de canto (Figura tal 3a), cujo o objetivo é “estruturar e facilitar a montagem de placas, servindo como base, e contribuindo para o ajuste da geometria,

prumo e alinhamento, garantindo maior rigidez ao sistema durante a fase de montagem” (MONOPAINEL, p. 1, 2023); o painel curvo e pergolado (Figuras 3b e 3c), ampliando a sua empregabilidade arquitetônica; e, por fim, as escadas, apresentado na Figura 3d (MONOPAINEL, 2023).

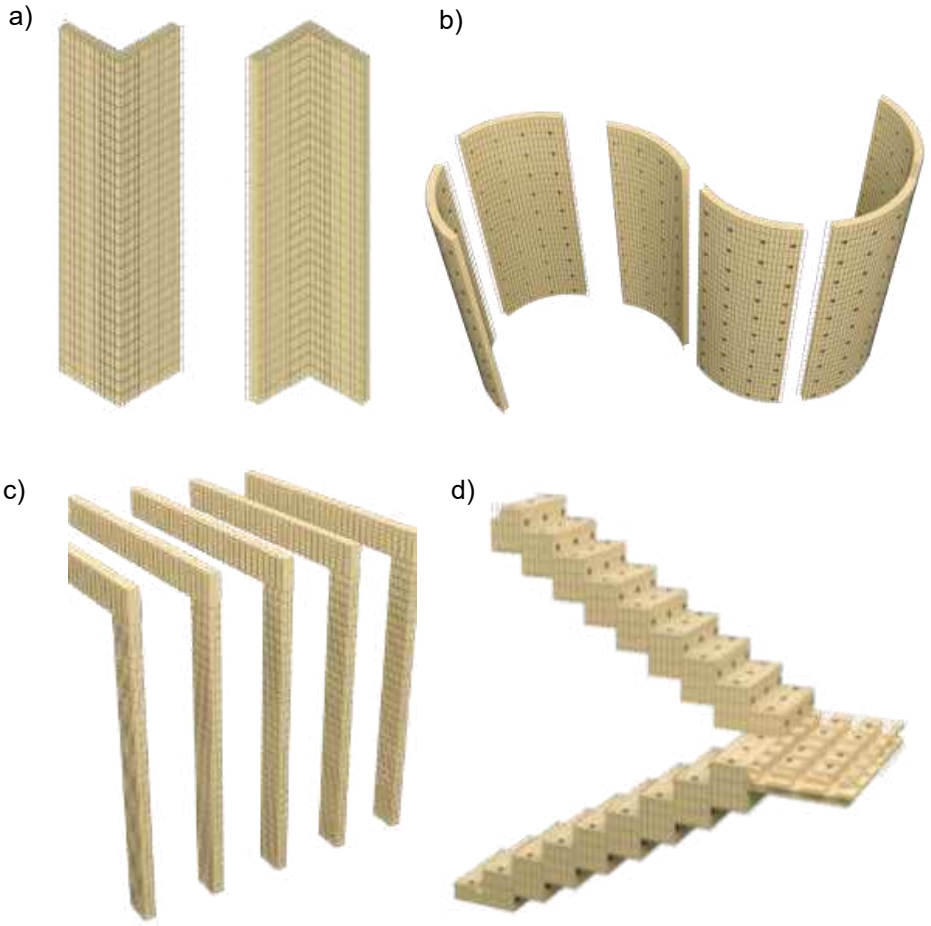


Figura 3 – Soluções em EPS da linha Monopainel sendo a) painel de canto, b) painel curvo, c) pergolado e d) escadaria
Fonte: Monopainel, 2023.

Por sua vez, a fábrica Kingspan Isoeste, comercializa painéis com núcleos de EPS de 80 mm e 100 mm de espessura, nas dimensões de 120 cm de largura por 280 cm ou 300 cm de altura, variando sua densidade em 10 a 15 kg/m³. As malhas de aço galvanizado possuem a bitola de 2,5 mm, organizados de maneira a apresentar espaçamentos de 80 mm na vertical e 75 mm na horizontal (Figura 4). Estas malhas possuem uma tensão admissível de 700 N/mm², ou seja, possuem uma resistência

de, aproximadamente, até 70 kgf/mm². As telas são presas à placa de EPS com grampos (conectores) de aço de 3 mm de diâmetro, formando, assim, o sistema sanduíche (MANUAL INSTALAÇÃO MONOLIT, 2022). Segundo o *site* de vendas das Kingspan Isoeste (2023a), o valor do painel monolit de 80 mm de espessura por 280 cm e 300 cm de altura estão a, respectivamente, R$310,18 e R$392,57; já o painel monolit de 100 mm de espessura estão a R$402,11 e R$430,84.

Figura 4 - Representação do painel monolítico em EPS da Kingspan Isoeste
Fote: Kingspan Isoeste, 2023

Segundo o Manual de Instalação Monolit (p. 10, 2022) “os painéis são fabricados com corte em um perfil que permita utilização da malha sem espaçadores, e sua utilização será determinada pela capacidade de se preencher as cavidades com argamassa, para que se formem micro colunas de reforço”. O conjunto final, EPS mais malhas de aço, resulta em uma estrutura leve, de aproximadamente 5 kg/m² e, com a aplicação do revestimento argamassado, o sistema aproxima-se a um peso de 100 kg/m².

Vale ressaltar que, para diferente demandas e necessidades de projeto, pode-se personalizar os tamanhos dos painéis de EPS, bem como a configuração e dimensões das malhas de aço.

2.2.2.2 Malhas de reforço

Para a consolidação do sistema, são empregados três tipos básicos de malhas de reforço, sendo estes em aço galvanizado nos formatos ‘L’, ‘U’ e plano.

A malha de reforço em ‘L’, ilustrado nas Figuras 5a (aplicada em obra) e 5b (representação gráfica com suas respectivas dimensões), é empregado nos encontros perpendiculares de paredes; já a que possui formato em ‘U’, é aplicado no perímetro interno de aberturas de portas e janelas (Figuras 6a e 6b), com o objetivo de impedir que o revestimento seja aplicado diretamente no EPS; por fim, a malha de reforço plano ou liso, é utilizado na diagonal de vãos a uma angulação de 45º (Figuras 7a e 7b), devido a presença de acúmulo de esforços nestes locais, além de auxiliar no transpasse nas áreas em que seja necessário realizar recortes na malha do EPS para a passagem de embutidos elétricos e hidráulicos (FÜHR, 2017; BERTOLDI, 2007; CAMARGO E FIGUEIREDO, 2019; MANUAL DE INSTALAÇÃO MONOLIT, 2022). Em relação a valores, segundo o *site* de vendas das Kingspan Isoeste (2023a), as malhas de reforço em ‘L’ e plano custam R$11,40 e a de formato em ‘U’ custa R$15,12.

a) b)

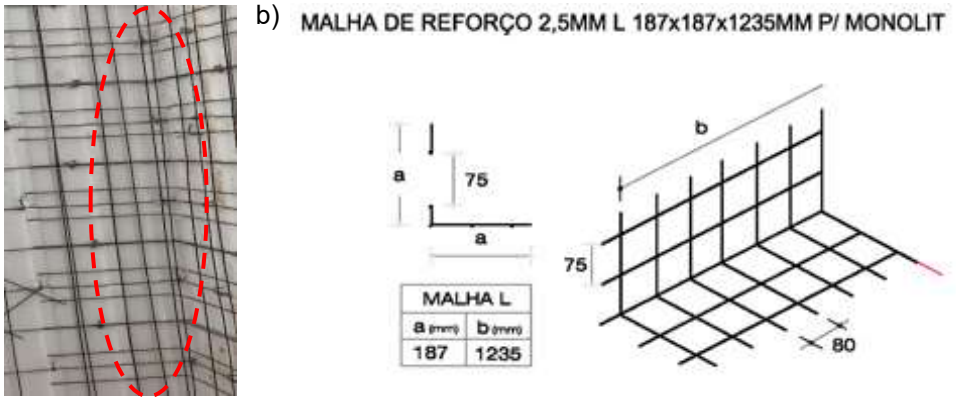
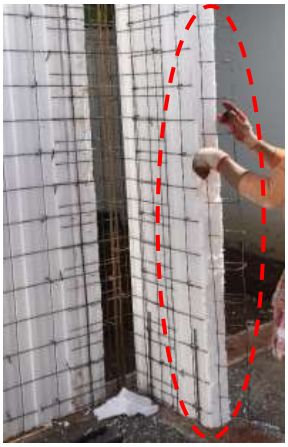
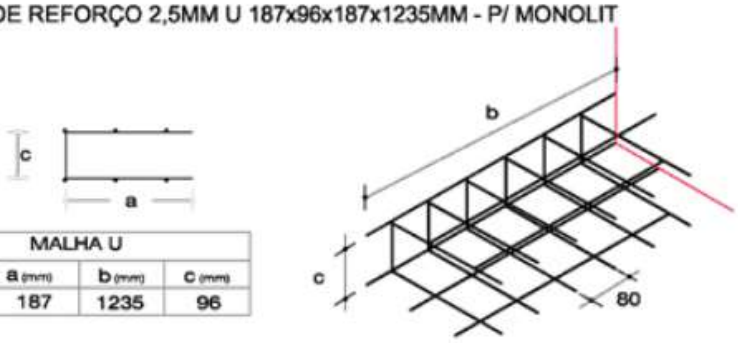


Figura 5 – a) reforço de canto ‘L’, aplicado em obra e b) representação gráfica do reforço de canto ‘L’, com suas respectivas dimensões
Fonte: Adaptado de Paula e Teixeira, 2019; Manual de Instalação Monolit, 2022.

a)



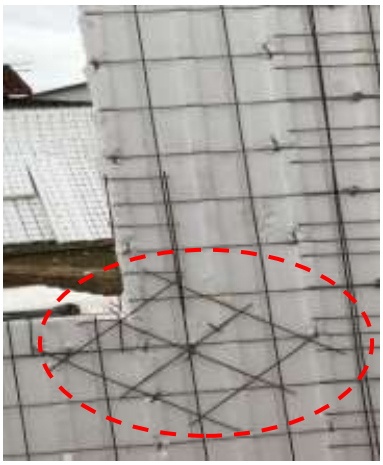
b) MALHA DE REFORÇO 2,5MM U 187x96x187x1235MM - P/ MONOLIT



MALHA U			
PANEL	a (mm)	b (mm)	c (mm)
EPS 80	187	1235	96

Figura 6 - a) reforço em 'U', aplicado em obra e b) representação gráfica do reforço em 'U', com suas respectivas dimensões
Fonte: Adaptado de Paula e Teixeira, 2019; Manual de Instalação Monolit, 2022.

a)



b) MALHA DE REFORÇO 2,5MM PLANA 375X1235mm P/ MONOLIT

MALHA PLANA
b = 1235 (mm)
a = 375 (mm)

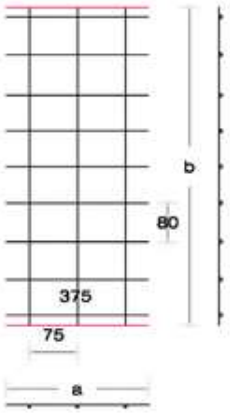


Figura 7 - a) reforço plano, aplicado em obra e b) representação gráfica do reforço plano, com suas respectivas dimensões
Fonte: Adaptado de Paula e Teixeira, 2019; Manual de Instalação Monolit, 2022.

Assim, segundo o Manual de Instalação Monolit (p. 12, 2022), "o objetivo da utilização destes reforços é formar uma estrutura única, interligando toda a montagem e fortalecer possíveis pontos críticos da estrutura". Além disso, o fornecedor enfatiza a necessidade da utilização de reforços em todos os encontros de placas.

2.2.2.3 Lajota EPS especial

Ainda, para completar o sistema construtivo em EPS, encontra-se no catálogo da Kingspan Isoeste a 'lajota EPS especial', apresentado na Figura 8, comercializada nos tamanhos de 400 e 500 mm de largura, 500 e 600 mm de comprimento e

espessura variável. Segundo o *site* da Kingspan Isoeste (2023b), tem-se como principais vantagens a presença de ranhuras, o que permite melhor aderência do concreto e revestimento; a ampliação do isolamento acústico (caso seja aplicado, também, vedações verticais em poliestireno expandido); leveza, o que resulta no alívio de cargas e, consequentemente, na redução de concreto e aço; aumento da produtividade e diminuição de desperdícios, característico de sistemas industrializados; e, por fim, a economia de formas (KINGSPAN ISOESTE, 2023b).

Figura 8 – Aplicação da lajota EPS especial
Fonte: Adaptado de Kingspan Isoeste, 2023

Outra opção fornecida para enchimento de lajes pré-moldadas é a ‘lajota EPS padrão’ (Figura 9), comercializada nas dimensões de 330 mm de largura por 70 mm de espessura, sendo este vendido em pacote com 17 unidades por R$105,01, e o de 400 mm de largura por 80 mm de espessura, vendido em pacote de 15 unidades por R$128,35; as duas alternativas possuem um comprimento máximo de 100 cm (KINGSPAN ISOESTE, 2023b).

Figura 9 - Lajota EPS padrão
Fonte: Kingspan Isoeste, 2023.

2.2.2.4 Escadaria

A Kingspan Isoeste não possui em seu catálogo modelo de escadas prontas, sendo necessário a adaptação dos blocos em EPS para esta finalidade. Contudo, já é realidade no setor a comercialização de kits de escada fácil como, por exemplo, o kit escada fácil de EPS com 16 degraus, destinada a uma altura máxima de 306 cm (ISOCORTE, 2023). Segundo o *site* do fornecedor, este modelo possui um valor de R$1.196,57.

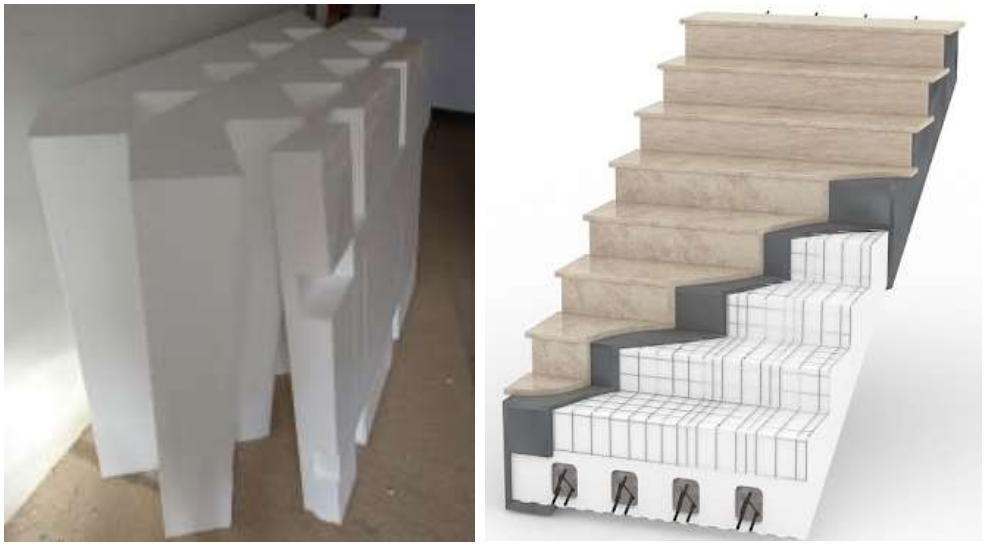


Figura 10 - Kit escada fácil de EPS com 16 degraus
Fonte: Isocorte, 2023.

2.2.2.5 Usabilidade

Segundo o Grupo Isofort (2023), a edificação em Monopainel de EPS permite uma construção mais rápida quando comparado à alvenaria tradicional devido, principalmente, a industrialização de montagem dos seus componentes; além disso, por tratar-se de um material já empregado em isolamentos termoacústico, o sistema proporciona este conforto, gerando economia com climatização e garantindo a mitigação de ruídos externos no interior do imóvel.

Conforme apontado pelo Manual de Instalação Monolit (2022) da Kingspan Isoeste, devido ao EPS não absorver água e, consequentemente, o impedimento de proliferação de fungos, o material previne a umidade e o surgimento de mofo; entre outros benefícios, encontra-se, também, as vantagens da “economia com materiais e mão de obra, devido a agilidade e praticidade de aplicação; redução dos deslocamentos e uso de andaimes na construção, prevenindo acidentes; sustentabilidade, uma vez que o EPS é 100% renovável” (MANUAL DE INSTAÇÃO MONOLIT, p. 4, 2022). Do ponto de vista de usabilidade,

> “O Painel Monolit permite total liberdade de layout devido a facilidade de serem cortados, unidos, emendados, curvados e vazados. É possível inserir qualquer tipo de acabamento ou revestimento, pois os painéis oferecem ao designer as mesmas bases de uma obra tradicional de cerâmica ou alvenaria.” (MANUAL DE INSTALAÇÃO MONOLIT, p. 8, 2022).

De acordo com a notícia divulgada pelo *site* AECweb escrita por Veloso (2023), com a iniciativa do Grupo Isorecort, a qualidade dos painéis monolíticos foram comprovadas através de 8 ensaios laboratoriais realizados pelo Instituto Lactec, sendo eles: ensaio de compressão centrada dos painéis, verificação do comportamento à solicitação por cargas suspensas, resistência a impactos de corpo mole, verificação da resistência a impactos de corpo duro, resistência a impacto de corpo mole em portas, fechamento brusco da porta, verificação do comportamento do Sistema de Vedação Vertical Interna e Externa (SVVIE) à ação de calor e choque térmico e a verificação da estanqueidade à água.

Segundo Rodrigues (2023, *apud* AECweb, 2023b), engenheiro e consultor técnico do Grupo Isorecort, os ensaios foram aprovados em 100% dos casos. A partir

dos resultados obtidos, pode-se calcular a capacidade máxima de suporte dos painéis, onde, para alvenarias autoportantes, admite-se edificações de até duas lajes; comprovou-se, também, a capacidade mínima de suporte, definido de acordo com a norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013); além da integridade dos painéis mediante a impactos e ações climáticas (VELOSO, 2023).

Internacionalmente, a resistência desta tecnologia já foi comprovada fora dos laboratórios; após um terremoto de 7,0 graus de magnitude na escala Richter na cidade de Kumamoto, no Japão, o complexo residencial localizado na aldeia de Kyushu, constituído por 480 casas em EPS (Figura 11) construídas pela empresa Japan Dome House, não sofreram nenhuma avaria (RAMOS, 2017).

Figura 11 - Complexo residencial em EPS no Japão
Fonte: Engenharia é, 2023.

2.3 Processo construtivo monolítico em EPS

2.3.1 Restrições de uso

A Diretriz SINAT Nº 011 (p. 5, 2014), referente a ‘Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de EPS, aço e argamassa, microconcreto ou concreto’, estabelece um conjunto de premissas de projeto que devem ser atendidos, a fim de evitar o contato da base da parede com a umidade, conforme listados a seguir:

- Adoção de beiral, em todo perímetro da edificação, com projeção horizontal de no mínimo, 600 mm;
- Adoção de calçada externa ao redor da edificação, com no mínimo 100 mm maior que a projeção do beiral;
- Adoção de inclinação mínima de 1% do piso da calçada em direção oposta aos componentes da base da parede;
- Adoção de desnível entre o piso externo acabado (calçada) e a base de apoio das paredes externas de, no mínimo, 50 mm;
- Adoção de desnível entre o piso externo acabado (calçada) e a base de apoio das paredes externas de, no mínimo, 50 mm;
- Adoção de impermeabilização, ou proteção, na região de interface entre a base da parede e o elemento de fundação;
- Adoção de impermeabilização, ou proteção contra ação da água, na base da parede em contato com o piso de áreas molháveis e molhadas (cozinha, área de serviço e banheiro) e na face externa de paredes externas.

Além disso, para a validade da Diretriz SINAT Nº 011 (2014), valem as definições dispostas na NBR 15575:2013, referente a 'Edificações habitacionais – Desempenho', bem como nos demais documentos técnicos complementares.

2.3.2 Fundação e gabarito

Para edificações cujo número de pavimentos não ultrapassem o total de dois, não se faz necessário o uso de pilares e vigas na construção com painéis monolíticos em EPS (COSTA, 2019). Tendo como uma das suas características principais a leveza em comparação ao sistema construtivo convencional, os componentes em EPS distribuem o carregamento por igual, gerando, assim, economia na fundação (GOMES, OLIVEIRA E GOMES, 2021); basicamente, a distribuição uniforme do carregamento se dá através do sistema de micro colunas propiciadas pelas malhas de aço e, a leveza, está relacionada ao peso reduzido da composição final (painel monolítico de EPS + revestimentos), de modo que, por estas características, o sistema construtivo em EPS de até dois pavimentos é caracterizado por empregar-se fundação

rasa do tipo radier (Figura 12) (MANUAL DE INSTAÇÃO MONOLIT, 2022; MONOPAINEL, 2023).

Figura 12 - Fundação rasa do tipo radier
Fonte: Monopainel: Sistema construtivo em EPS, 2023.

De acordo com o Manual de Instalações Monolit (2022) da Kingspan Isoeste, após o posicionamento das instalações hidrossanitárias e elétricas e executado a fundação de acordo com os cálculos estruturais, são fixados arranques de aço de 50 cm de comprimento com 3,4 mm a 5 mm de espessura; do comprimento total, 30 cm deve ficar acima do piso. As barras são distribuídas a cada 30 cm, alinhadas de acordo com o gabarito da obra e posteriormente conectados aos painéis, caracterizando a edificação como um único elemento. Com pequenas variações de posicionamento, o manual de instalação do Monopainel (2023) da Isorecort, orienta que, após 1 a 3 dias da etapa de concretagem, os arranques devem ser posicionados a cada 50 cm de distância, em ambos os lados dos painéis, conforme pode-se observar na Figura 13 o esquema gráfico da configuração da fundação, embutidos e arranques.

De acordo com a *web* série produzida pela empresa JR Construção (2021a), realizado em parceria com o Grupo Isorecort, que forneceu toda a assistência técnica para a demonstração do processo construtivo em Monopainel, para a fixação das barras na laje concretada, são realizados furos com o auxílio de um equipamento específico como, por exemplo, martelete perfurador, e, após aspirado o pó gerado

pelo serviço, os arranques são colados com chumbador químico, que nada mais é que uma argamassa de alta capacidade de aderência.

Figura 13 – Esquema de radier concretado com as devidas esperas de embutidos elétricos e hidráulicos e arranques
Fonte: Monopainel: Sistema construtivo em EPS, 2023.

2.3.3 Fixação dos painéis monolíticos em EPS

Após finalizado o gabarito da obra por meio dos arranques, inicia-se a fase de fixação dos painéis monolíticos de poliestireno expandido. Conforme disposto no manual de instalação do Monopainel (2023b) da Isorecort, os painéis são posicionados entre a configuração das barras de aço presos à fundação, partindo de um canto da edificação e seguindo nos dois sentidos para realizar o fechamento do cômodo. Para facilitar e auxiliar no processo de montagem, indica-se que os painéis sejam numerados de acordo com a montagem (MANUAL DE INSTALAÇÃO MONOLIT, 2022)

Como a largura das placas são padronizadas de fábrica, algumas adaptações são necessárias quando o encontro entre duas paredes fica menor que o tamanho padrão. Para isso, basta cortar a placa longitudinalmente de modo a ficar na largura necessária para o encaixe, deixando 20 cm de malha em cada extremidade para a união com a placa subsequente. Além disso, nesta etapa da obra, poderá haver o encontro com as esperas de conduítes e tubulações hidráulicas (Figura 14), por isso, aberturas deverão ser executadas por meio do derretimento do EPS com auxílio do soprador térmico (abordado no tópico 2.3.7) (JR CONSTRUÇÕES, 2021b).

Figura 14 - Conduite localizado dentro do perímetro do gabarito onde será instalada um painel monolítico em EPS
Fonte: Adaptado de JR Construções, 2021.

Aconselha-se que o fechamento seja executado por etapas, ou seja, um ambiente por vez e, em seguida, realizando a verticalização, através do prumo e alinhamento; segundo o manual Monopainel: Sistema Construtivo em EPS (p.4, 2023), “para alinhar os painéis, serão utilizadas réguas de alumínio (ou madeira aparelhada), formando duas linhas na horizontal, a primeira a 60 cm do piso, e a segunda a 200 cm da primeira”. Por fim, realiza-se o travamento dos painéis por meio dos transpasses de malhas deixadas propositalmente para a amarração na malha do painel seguinte, com arame recozido nº 18 retorcido, conforme destacado na Figura 15 (JR CONSTRUÇÕES, 2021c; MONOPAINEL, 2023).

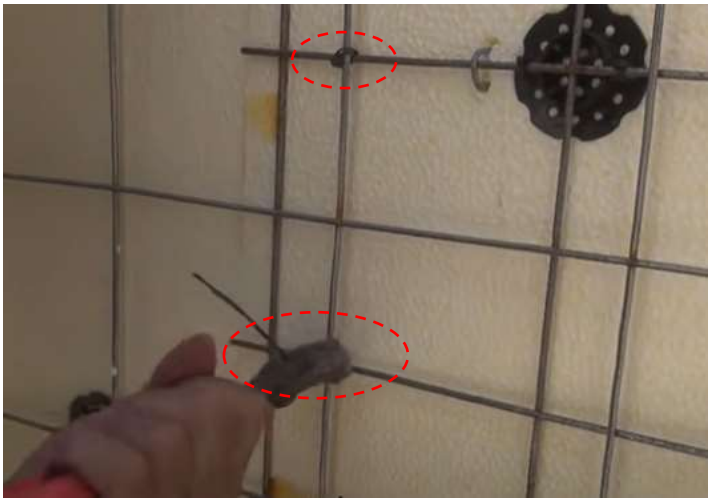


Figura 15 – Execução da amarração entre malhas dos painéis
Fonte: Adaptado de JR Construções, 2021.

Em paralelo à ancoragem entre os painéis, são posicionados a malhas de reforços nos locais pertinentes, conforme abordado no tópico 2.2.2.1, ‘Malhas de reforço’. Vale ressaltar que, algumas empresas, como o Grupo Isorecort, fornecem painéis de canto, dispensando, assim, a malha de reforço para este propósito (JR CONSTRUÇÕES, 2021b).

Segundo o Manual de Instalação Monolit (2022), para garantir a permanência da verticalidade das paredes, emprega-se escoras reguláveis na diagonal perpendicular às réguas de alinhamento, conforme exemplificado na Figura 16. Nesta sequência, executa-se a fixação de todos os painéis monolíticos de EPS, conforme as orientações do projeto arquitetônico e de modulação; em caso de um segundo piso, os processos se repetem, com exceção dos arranques, pois as telas de aço das paredes em EPS desempenham esta função.

Figura 16 - Escoramento dos painéis monolíticos em EPS
Fonte: Monopainel: Sistema construtivo em EPS, 2023.

2.3.4 Abertura de esquadrias

Para a abertura das portas que se pode aproveitar o canto do painel, realiza-se o corte no EPS nas medidas previamente estabelecidas para o encaixe da esquadria anteriormente ao posicionamento da placa entre os arranques e, com a alicate de corte de vergalhão, a malha correspondente ao perímetro do vão é cortada (Figura 17) (JR CONSTRUÇÕES, 2021b).

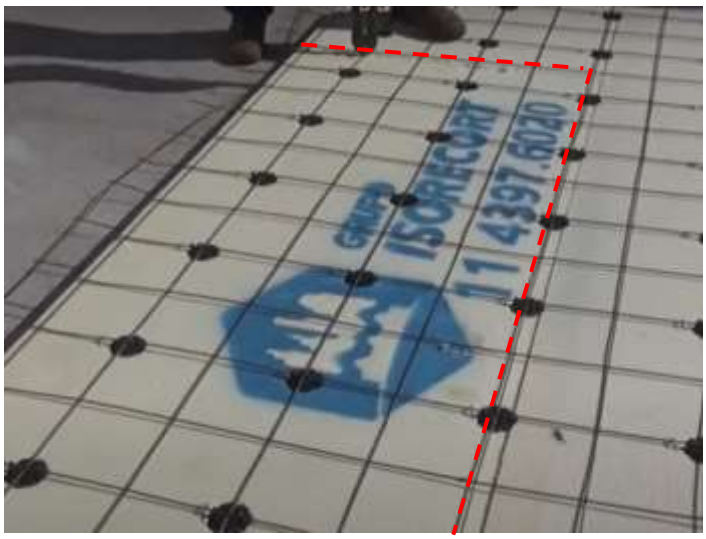


Figura 17 - Corte do painel em EPS e malha de aço para a abertura de vão
Fonte: Adaptado de JR Construções, 2021.

Nos locais onde se faz necessário a colocação das bandeiras das portas (parte da parede localizada entre a abertura e laje), recorta-se o painel nas medidas exatas e encaixa-se no local indicado, conforme demonstrado na Figura 18 (JR CONSTRUÇÕES, 2021b). A fixação desta parte com as demais paredes é realizada com as malhas de reforço, apresentadas no tópico 2.2.2.2. Este procedimento também é efetuado em locais que necessitem partes de painel que não contemplem a altura padronizada de fábrica.

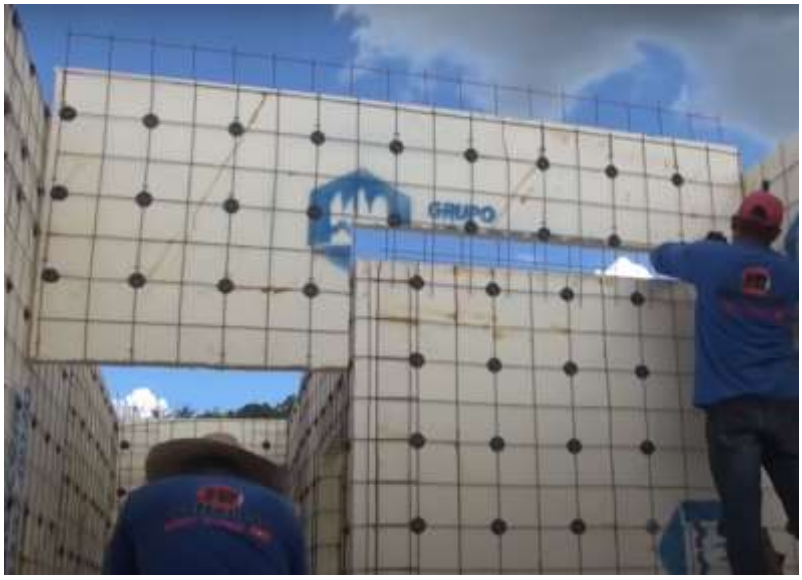


Figura 18 - Encaixe da bandeira da porta
Fonte: JR Construções, 2021.

Para as demais aberturas, cujo recorte prévio atrapalharia a montagem, prumo e alinhamento do sistema, orienta-se executar o recorte posterirormente a amarração e execução do revestimento argamassado (deixando a região do vão sem aplicação), pois, assim, tem-se maior estabilidade para o serviço (JR CONSTRUÇÕES, 2021b).

Segundo o manual Monopainel (2023), indica-se que as aberturas de portas e janelas sejam reenquadradas de modo a sobrar 2 cm de cada lado, para posterior fixação das esquadrias e batentes.

2.3.5 Instalações

Para a projeção do pensionamento das passagens elétricas e hidrossanitárias, demarca-se o traçado na superfície por meio de canetão ou *spray* e, com auxílio de um soprador de ar quente, o qual funde o poliestireno expando com facilidade, abre-se sulcos (Figura 19) por onde passará as tubulações e conduítes (Figura 20). Caso necessário o corte da malha para a passagem das instalações, deve-se aplicar uma sobretela de reforço neste ponto antes da etapa de revestimento. Além disso, as saídas de tubulações e caixas de luz, devem ser regulados de tal forma a ficar alinhados com a face concluída do revestimento (MANUAL DE INSTALAÇÃO MONOLIT, 2022; MONOPAINEL SISTEMA EM EPS, 2023). Após realizado as aberturas para o encaixe dos embutidos, os vãos são preenchidos com espuma expansiva de poliuretano (JR CONSTRUÇÕES, 2021d).

Figura 19 – Execução de sulco com o auxílio do soprador de ar quente
Fonte: JR Construções, 2021.

Figura 20 – A esquerda, execução da passagem dos conduites pelos sulcos e, a direita, abertura feira para a passagem de uma tubulação
Fonte: JR Construções, 2021.

2.3.6 Revestimento

A empresa JR Construções (2021e) orienta que algumas medidas sejam realizadas anteriormente ao processo de revestimento, com intuito de prevenir o surgimento de fissuras na superfície. Primeiramente, deve-se certificar que as malhas de aço não estejam encostando na placa de EPS, pois a argamassa deve passar entre ambas. Em segundo lugar, procurar presença de lacunas entre os painéis e, caso existam, devem ser preenchidas com espuma expansiva de poliuretano para que não ocorra a entrada de argamassa nestes pontos (evitando pontos de maior resistência). Por fim, aconselha-se que, em locais com grande volume de embutidos, sejam reforçadas com telas de aço.

Segundo o Manual de Instalação Monolit (2022), recomenda-se utilizar argamassa com cimento e agregados com granulometria variada no traço 1:3 (cimento:areia) e que, quando passado o processo de cura, atinja uma resistência final de pelo menos 20MPa. O manual de instalação do Monopainel (2023) indica, ainda, que seja acrescentado ao traço da argamassa 200 ml de aditivo para melhor aderência e 200 g de microfibra de polipropileno de 6 mm para cada saco de cimento.

Para a projeção da argamassa (podendo ser aplicado manualmente ou com o auxílio de um projetor pneumático), os painéis deverão estar obrigatoriamente

fixados na vertical para que, assim, ocorra a formação das micro colunas de concreto. Orienta-se que o revestimento seja executado em duas etapas: a primeira camada deve preencher a superfície até facear o lado externo da malha de aço, para evitar retração diferencial nas faces revestidas e, após a cura da argamassa, aplica-se a segunda camada até que se atinja a espessura de 35 mm de cada lado do painel (MANUAL DE INSTALAÇÃO MONOLIT, 2022). No caso do Monopainel (2023) do Grupo Isorecort, diminui-se a espessura para 30 mm sendo que, a segunda camada, deve ser aplicada em no máximo 48 h após a primeira. Além disso, orienta-se que seja realizado cura úmida por pelo menos 3 dias após a execução do revestimento.

2.3.7 Finalização

Com o revestimento aplicado, a construção continua com a montagem da laje que, preferencialmente, emprega-se o sistema treliçado com isopor; caso a edificação siga com um segundo pavimento, o processo construtivo repete-se até a fase de montagem da segunda laje. Com as vigotas e lajotas de EPS devidamente organizadas, são realizadas as passagens elétricas e hidrossanitárias, a montagem da platibanda e a execução da concretagem da laje, podendo esta ser finalizada com telhas ou apenas impermeabilizada (JR CONSTRUÇÕES, 2021f).

Após executado todas os passos abordas, são instaladas as esquadrias e inicia-se a etapa de acabamento, a qual ocorre nos mesmos moldes do sistema tradicional de alvenaria (MANUAL DE INSTALAÇÃO MONOLIT, 2023).

2.4 Modelagem da informação da construção (BIM)

O termo *Building Information Modeling* (BIM), traduzido como Modelagem da Informação da Construção, pode ser classificado de acordo com três grupos de compreensão: modelos, processos e sistemas. O primeiro ocorre sob o ponto de vista das etapas do ciclo de vida do empreendimento, onde seu uso está atrelado ao emprego de modelos digitais de uma construção; o segundo faz referência para além dos quesitos computacionais e tecnológicos vinculados a construção civil, mas

também como um meio de auxílio para o processo de gestão de negócios e da indústria da inovação; já o terceiro, está relacionado aos sistemas computacionais que dão suporte a modelagem, tendo, assim, um viés totalmente tecnológico (GASPAR, 2019).

O uso do BIM, de acordo com a Autodesk (2022b), empresa líder global em tecnologia de projetos e criação, está direcionado, principalmente, na criação e gerenciamento de dados durante o período de projeto, construção e operação. Com isso, “a BIM integra dados multidisciplinares para criar representações digitais detalhadas que são gerenciadas em uma plataforma aberta na nuvem para colaboração em tempo real” (AUTODESK, 2022b, p. 1). Assim, através de um trabalho colaborativo, onde os projetistas das diversas áreas possuem acesso simultâneo, permite que todos tenham conhecimento de, por exemplo, alterações realizadas em um determinado projeto e, a partir desta informação, possibilita que os demais responsáveis afetados por estas mudanças efetuem as devidas adequações, quando necessário.

A Autodesk (2022b), define o processo de BIM por meio de 4 etapas: planejar, projetar, construir e operar. A partir da modelagem BIM, é possível fornecer os dados necessários à equipe de planejamento, unido com informações da realidade da localidade do empreendimento, proporcionando a integração entre o meio natural e o meio construído. Com isso, inicia-se a fase de concepção, que consiste na elaboração dos projetos, análise, detalhamento e documentação; além disso, a partir deste estágio, é totalmente exequível e mais assertivo os processos de orçamentação e planejamento da obra. Para idealizar a proposta desenvolvida, o uso da BIM para o acompanhamento da construção é de suma importância; “a logística da construção do projeto é compartilhada com empresas contratadas e empreiteiras para assegurar a sincronização e a eficiência ideais” (AUTODESK, p.1, 2022b). Por fim, não menos importante, entra a etapa de operação, prevendo as manutenções, reformas e até mesmo desconstruções, com economia de custos.

2.4.1 Software Revit

Dentre os *softwares* disponibilizados no mercado para auxiliar equipes de arquitetura, engenharia e construção, encontra-se o Revit, fornecido pela Autodesk. Segundo a empresa, o uso do programa baseia-se, principalmente, na modelagem de formas, estruturas e sistemas em 3D; simplificação do processo de documentação, a partir de revisões instantâneas das plantas, elevações, tabelas e seções à medida que os projetos são alterados; e, por fim, “capacitar equipes multidisciplinares com conjuntos de ferramentas especializadas e um ambiente de projeto unificado” (AUTODESK, 2022c, p. 1).

O Revit é fundamentado em setores que incluem ferramentas específicas para as disciplinas da AEC, sendo subdividido em projeto de arquitetura, engenharia estrutural, engenharia de MEP (mecânica, elétrica e tubulações) e construção. Dentro desta classificação, tem-se como interesse para o presente estudo as ferramentas pertinentes ao desenvolvimento do projeto arquitetônico.

2.4.1.1 Projeto de arquitetura

Entre os principais recursos para a arquitetura, encontra-se o projeto para a documentação, podendo gerar “plantas de piso, elevações, cortes, tabelas, vistas 2D e 3D e renderizações de forma rápida e precisa” (AUTODESK, p. 1, 2022d). Através da análise proporcionada pelo *software*, pode-se otimizar as fases do projeto desde seu estágio inicial, possibilitando a estimativa de custos mais assertivas e a monitoração do empreendimento durante sua construção e posterior desempenho da vida útil da edificação. Além disso, a visualização 3D renderizada permite uma visão e entendimento do projeto através da realidade virtual que, por sua vez, pode ser aprimorado a partir de *plugins* como, por exemplo, o Enscape 3D (Figura 21). Por fim, por meio das ferramentas de coordenação e colaboração, é possível compartilhar e sincronizar informações do projeto entre os interessados, tornando um ambiente de projeto unificado (AUTODESK, 2022d).

Figura 21 - Imagem renderizada a partir do *plugin* Enscape 3D
Fonte: Archdaily, 2022.

3 ESTUDO DE CASO

Devido a versatilidade do sistema, o qual pode ser aplicado em diferentes propostas arquitetônicas, a construção em painel monolítico de EPS também vem ganhando destaque no Brasil, sendo empregado em obras residenciais (Figura 22), comerciais/ industriais (Figura 23) e, até mesmo, em edificações públicas, como, por exemplo, centros municipais de educação infantil (Figura 24).

Figura 22 - Obra residencial em Varginha – MG
Fonte: Monopainel, 2023.

Figura 23 - Galpão industrial em São Bernardo do Campo - SP
Fonte: Grupo Isorecort, 2019.

Figura 24 - Centro Municipal de Educação Infantil em Manaus – AM
Fonte: EPS Brasil, 2023.

Tendo em vista a tendência do uso dos sistemas construtivos industrializados, em destaque o painel de EPS como vedação vertical e estrutural (autoportante), estudos em torno deste material e sua aplicabilidade vêm sido desenvolvidas para melhor compreender suas peculiaridades em relação ao sistema construtivo convencional como, por exemplo, o trabalho desenvolvido por Barreto (2017), que traz um olhar projetual, e o trabalho desenvolvido por Bertoldi (2007), o qual traz a análise de 2 (dois) estudos de casos onde foi aplicado o sistema construtivo em EPS de maneiras distintas.

3.1 Edifício residencial – Ceará Mirim/ RN

O estudo desenvolvido por Barreto (2017) teve por objetivo elaborar um projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar localizado no litoral do Rio Grande do Norte, especificamente no Condomínio Bosque da Praia, conforme destacado na Figura 25, acessado pela Rodovia 306, na praia Jacumã em Ceará Mirim. A localidade de implantação foi escolhida devido a possibilidade de avaliar 2 (dois) critérios de desempenho dos painéis monolíticos, sendo, a primeira, em relação ao conforto ambiental da edificação, devido ao calor e ventos intensos durante o dia e a queda de temperatura durante a noite na região e, a segunda, a liberdade de explorar o potencial arquitetônico do sistema construtivo em EPS, devido a horizontalidade do terreno.

Figura 25 – Área destinada ao empreendimento Condomínio Bosque da Praia
Fonte: Adaptado de Barreto, 2017.

O terreno utilizado como base para o estudo de Barreto (2017), localiza-se dentro do condomínio na rua Projeta nº 8, quadra G, nº 101, nas medidas de 20 m na extremidade posterior do lote, 25 m no sentido leste e 20,69 m a oeste, formando uma área irregular, conforme destacado na Figura 26.

Figura 26 – Localidade do terreno utilizado como base para o estudo
Fonte: Adaptado de Barreto, 2017.

Para a elaboração do projeto, levou-se em consideração condicionantes ambientais, como o reconhecimento da zona climática que, para a região em estudo, que é caracterizada por um clima tropical úmido, ou seja, clima quente e umidade elevada. Nesta conjuntura, Barreto (2017) utilizou-se de algumas recomendações projetuais para esta zona, como a ventilação cruzada, sombreamento e iluminação natural. Além disso, fez necessário adequar-se às exigências legais no âmbito condominial, através das normas construtivos do Condomínio Bosque da Praia; municipal, descritas no Plano Diretor da cidade; e estaduais (BARRETO, 2017).

Com o intuito de aproximar-se a realidade do mercado da construção civil, o projeto foi direcionado a clientes reais, constituída por um casal de arquiteta e engenheiro civil e dois filhos, uma menina de 7 anos e um menino de 10 anos. Mesmo sem data definida para execução, o propósito do empreendimento é “uma casa de praia para ser utilizada nas férias de veraneio e alguns feriados e finais de semana durante o ano para a família e amigos” (BARRETO, p. 88, 2017).

A partir do programa de necessidades da família, determinou-se os ambientes constituintes da residência, sendo estes: piscina externa, hidromassagem, área gourmet e sala de jogos, formando as áreas de lazer; living, lavabo, sala de estar, sala de jantar e terraço, para as áreas de convivência; 1 suíte master, 3 suítes, varandas individuais e *home theater* compondo o setor íntimo; e, por fim, os ambientes de serviço, formado pela garagem, cozinha, área de serviço e dependência.

3.1.1 Desenvolvimento projetual

Para o desdobramento do projeto arquitetônico, Barreto (2017) baseou-se no conceito ‘União e Conversão’, onde “a união está relacionada à capacidade de utilizar do sistema construtivo ao seu favor e unir todos os aspectos de desempenho construtivo que um sistema industrializado propõe com os princípios de habitabilidade” (BARRETO, p. 91, 2017). Já a conversão, relaciona-se a usufruir de todas as vantagens proporcionadas pelo atributo autoportante das placas monolíticas em EPS, transpassando os limites de projetos executados no sistema construtivo tradicional, habitualmente rígidos e fechados.

Assim, buscou-se trazer à habitação a união dos ambientes internos e externos a partir da distribuição espacial em ‘L’ e a conversão do estilo arquitetônico cubista aplicando-se formas alongadas com cheios e vazios (aberturas, cortinas de vidro e pórticos de proteção solar). Ainda, a autora destaca que

> “A conformação alongada aliada ao uso de balanços e grandes beirais, além de satisfazer o conceito de união do sistema construtivo com o conforto térmico do usuário, corrobora para a conversão da rigidez empregada em tecnologias autoportantes, gerando sensação de leveza na composição formar.” (BARRETO, p. 92, 2017)

Além de todos os conceitos arquitetônicos empregados para a concepção da edificação como, por exemplo, radiação solar e zoneamento, algumas peculiaridades pertinentes a construção com painéis monolíticos de EPS foram levados em consideração. Por tratar-se de uma tecnologia industrializada com caráter racional, ou seja, as padronizações de dimensões são pré-estabelecidas em chão de fábrica, é de suma importância que o projeto arquitetônico e projetos complementares estejam completamente delimitados, para que não sejam necessários posteriores adaptações no canteiro de obra, pois isso refletiria na inviabilidade econômica do sistema.

Levando em consideração as padronizações dimensionais dos componentes do sistema, Barreto (2017) utilizou-se como diretriz a noção de modularidade para a distribuição espacial da edificação, a partir do esquema em malha GRID de 1,20x1,20 m (Figura 27), na justificativa de que “as dimensões são resultado da padronagem dos painéis monolíticos integrantes do sistema construtivo, os quais possuem largura de 1,20 m e altura variável, de maneira que os cortes dos painéis se detenham apenas na abertura de esquadrias” (BARRETO, p. 93, 2017).

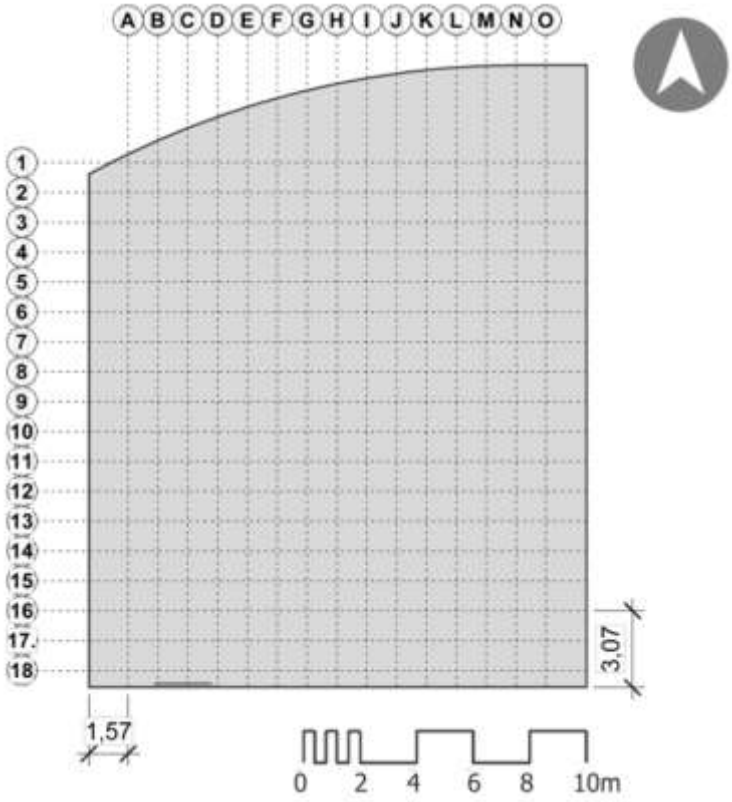


Figura 27 – Sistema em malha GRID de 1,20x1,20 m disposto sobre o terreno
Fonte: Barreto, 2017.

Com o objetivo de vislumbrar o cenário da praia nos pontos mais altos da residência unido com a limitação de dois pavimentos para que os painéis desempenhem sua função estrutural, fez necessário utilizar do limite de altura permitido pelo Plano Diretor, de 7,50 m. Além disso, para o emprego dos cheios e vazios idealizados para o empreendimento, definiu-se 4 (quatro) eixos verticais, apontados pelas letras A, B, C e D na Figura 28, que contempla a maior direção do terreno, para desempenhar o papel estrutural (BARRETO, 2017). Ainda, pela Figura 28, observa-se a divisão realizado pela autora dos zoneamos do pavimento térreo, sendo o setor íntimo localizado no segundo piso.

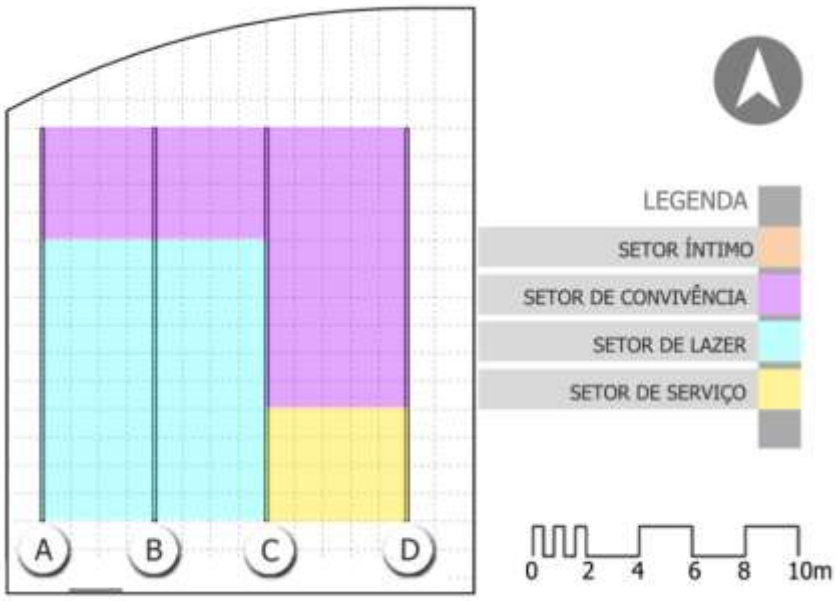


Figura 28 - Divisão dos eixos estruturais (A, B C e D) e divisão dos setores do pavimento térreo
Fonte: Barreto, 2017.

Ao todo, foram desenvolvidas 4 propostas, sendo a quarta e última opção a escolhida. No geral, Barreto (2017) partiu-se do princípio da propriedade autoportante do sistema empregado, assim, iniciou-se com a concepção do pavimento superior, por tratar-se de áreas que possuem maior necessidade de divisórias e, em sequência, o setor de convivência, no qual predomina-se os ambientes mais integrados, facilitando o alinhamento da maioria das paredes nos eixos pré-estabelecidos. Assim, configurou-se a edificação sobre o platô, compreendido pela área correspondente ao radier, tipo de fundação adotada para a construção em questão.

Tendo como objetivo obter ambientes integrados sem deixar de lado a privacidade de seus usuários, Barreto (2017) distribuiu as áreas de lazer, convivência e de serviço no pavimento térreo e as áreas íntimas no pavimento superior. No pavimento inferior, observado na Figura 29, tem-se o hall como acesso principal a edificação que, além da presença da escadaria que permite a circulação ao piso superior, possui o pé direito dublo, trazendo a sensação de união dos dois pavimentos por meio do mezanino. Juntamente com o segundo acesso, que se dá através da garagem, permite aos seus usurários circularem aos demais cômodo da residência, composto por sala de jogos, *home* cinema, sala de estar, jantar e cozinha integrados, área de lazer com uma ampla piscina, área *gourmet*, lavabos e áreas de serviço.

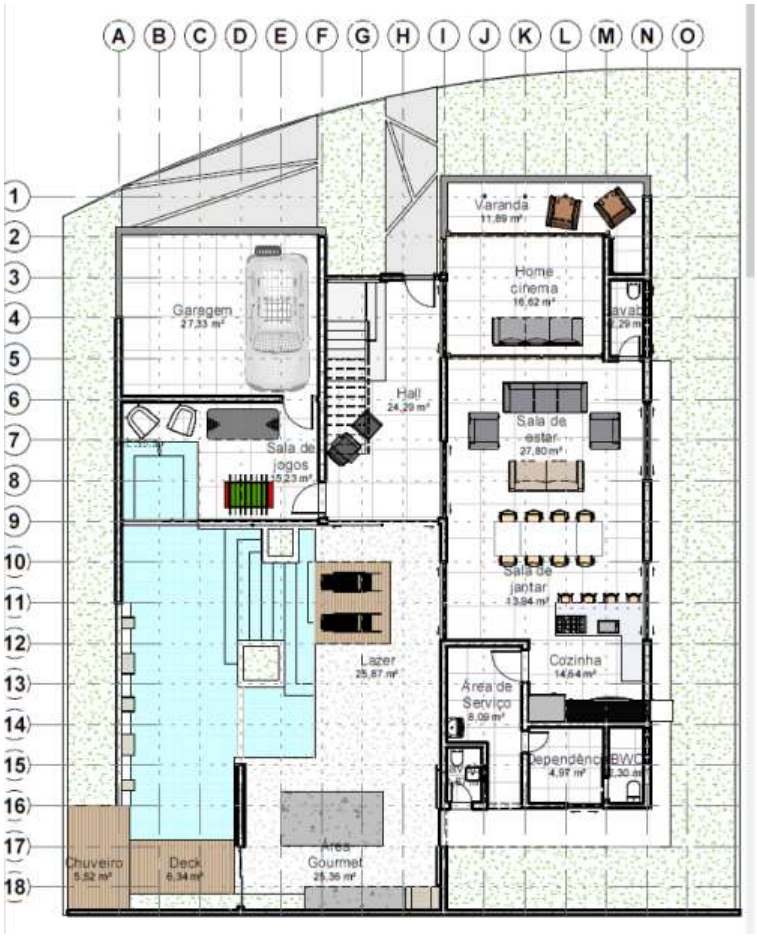


Figura 29 - Planta baixa do pavimento térreo
Fonte: Barreto, 2017.

Segunda a autora, além de todos os benefícios apontados, tem-se como vantagem o isolamento acústico que o sistema construtivo em EPS proporciona ao ambiente *home* cinema que, unido ao revestimento em madeira, o qual intensifica ainda mais a redução da reverberação sonora devido a sua superfície irregular, formam uma composição de materiais que possibilitam obter um ambiente aconchegante (BARRETO, 2017).

Já no pavimento superior, apresentado na Figura 30, localiza-se as suítes, conectados por meio de um extenso corredor que, inteirado ao terraço, possibilita uma visão de grande parte dos demais ambientes comuns. Além disso, das varandas, acessadas pelos dormitórios, tem-se a vista para o mar.

Figura 30 - Planta baixa do pavimento superior
Fonte: Barreto, 2017.

Barreto (2017) baseou-se em 3 (três) padrões de painéis monolíticos de EPS fornecidos pela empresa Paredes Betel: 12, 10 e 8 cm de espessura. A primeira dimensão fora utilizada sobre os eixos estruturais; a segunda, nas paredes que não se encontram nos eixos estruturais do pavimento inferior e platibanda e perímetro do reservatório, para, respectivamente, auxiliar na absorção das cargas provenientes do pavimento superior e em detrimento dos pontos de carga e tensão as quais estão sujeitas; e, por fim, a terceira fora empregada nas demais paredes do pavimento superior. Todas as espessuras apontadas contam com o reforço de conectores de 2,76 mm de diâmetro e finalizadas com malhas de aço galvanizado de 2,1 a 5 mm em ambas as faces. Além disso, as laterais recebem uma camada de microconcreto de 25 MPa de 3,5 cm, totalizando 7 cm de espessura de acabamento. Vale ressaltar que um dos fatores que garante a durabilidade do sistema é o cobrimento mínimo das malhas de aço e que, ainda, “a resistência mecânica é garantida pelas telas de aço

interligadas por conectores de aço e camada de micro concreto de pelo menos 25 MPa” (TEMSUSTENTÁVEL, 2017, *apud* BARRETO, p. 111, 2017).

Para as lajes, Barreto (2017) também adotou a solução em EPS. Semelhante aos painéis utilizados para a vedação vertical, os blocos para as lajes se diferem, basicamente, por não possuir uma superfície plana, sendo as cavidades destinadas como esperas para a armadura positiva (Figura 31). Devido a diferença de cargas atuantes no pavimento superior e cobertura, a autora optou por duas espessuras de laje fácil (nomenclatura utilizada pelo fornecedor); para o primeiro caso, utilizou-se a de 10 cm e, para a cobertura, a de 8 cm. Ambas as situações receberam 4 cm de recobrimento de concreto armado e, de acordo com sua localidade, uma determinada espessura de acabamento.

Figura 31 – Laje fácil
Fonte: Barreto, 2017.

A partir de todas as conjunturas estabelecidas para o empreendimento, Barreto (2017) chegou a uma solução volumétrica para a fachada e área de lazer, sendo os resultados apresentado nas Figuras 31 e 32. Observe-se o emprego de grandes beirais de laje em balanço e espaços abertos e, ainda, acabamentos em pele de vidro, madeira, pedras e pinturas claras, gerando a sensação de leveza idealizada.

Figura 32 - Renderização da fachada
Fonte: Barreto, 2017.

Figura 33 – Renderização da área de lazer
Fonte: Barreto, 2017.

Com o desenvolvimento do projeto arquitetônico para uma casa de veraneio em Ceará Mirim/ RN, Barreto (2017) destaca a importância do conhecimento das principais características do sistema construtivo, bem como seus benefícios e restrições para, assim, difundir assertivamente a sua empregabilidade projetuais e posterior execução. Neste sentido, a autora aponta a escassez de referencial bibliográfico e, principalmente, a falta de normas de padronização e, por isso, a necessidade de adaptar-se a partir das informações fornecidas pela empresa fornecedora dos materiais em EPS.

3.2 Edifícios residenciais – Florianópolis/ SC

A análise realizada por Bertoldi (2007) teve como base duas construções reais localizadas em Florianópolis – SC. A primeira obra (Figura 34) de 235,78 m² de área construída, executada no ano 2000, localiza-se no bairro Jurerê. Os painéis monolíticos de EPS de 10x100x260 cm, sendo, respectivamente, de espessura, largura e altura, foram empregados exclusivamente para vedação vertical da edificação, sendo a estrutura realizada em concreto armado. Por sua vez, a segunda obra (Figura 35), localizada no bairro Pantanal, também construída no ano de 2000, teve seus 114,74 m² de área construída em painel de 5x100x260 cm, empregados não somente como vedação, mas também com a finalidade estrutural.

Figura 34 - Vista da obra de Jurerê concluída
Fonte: Bertoldi, 2007.

Figura 35 - Vista da obra de Pantanal concluída
Fonte: Bertoldi, 2007.

3.2.1 Obra 1: Jurerê, Florianópolis – SC

O primeiro caso trata-se de uma edificação de dois pavimentos. Conforme se pode observar nas plantas baixas apresentadas na Figura 36, no térreo, localiza-se a sala de estar/ jantar, lavabo, cozinha, área de serviço, varandas, área de churrasqueira e garagem para duas vagas; no segundo pavimento, encontra-se o setor íntimo, composto por uma suíte, dois quartos, banheiro e sala privativa (BERTOLDI, 2007).

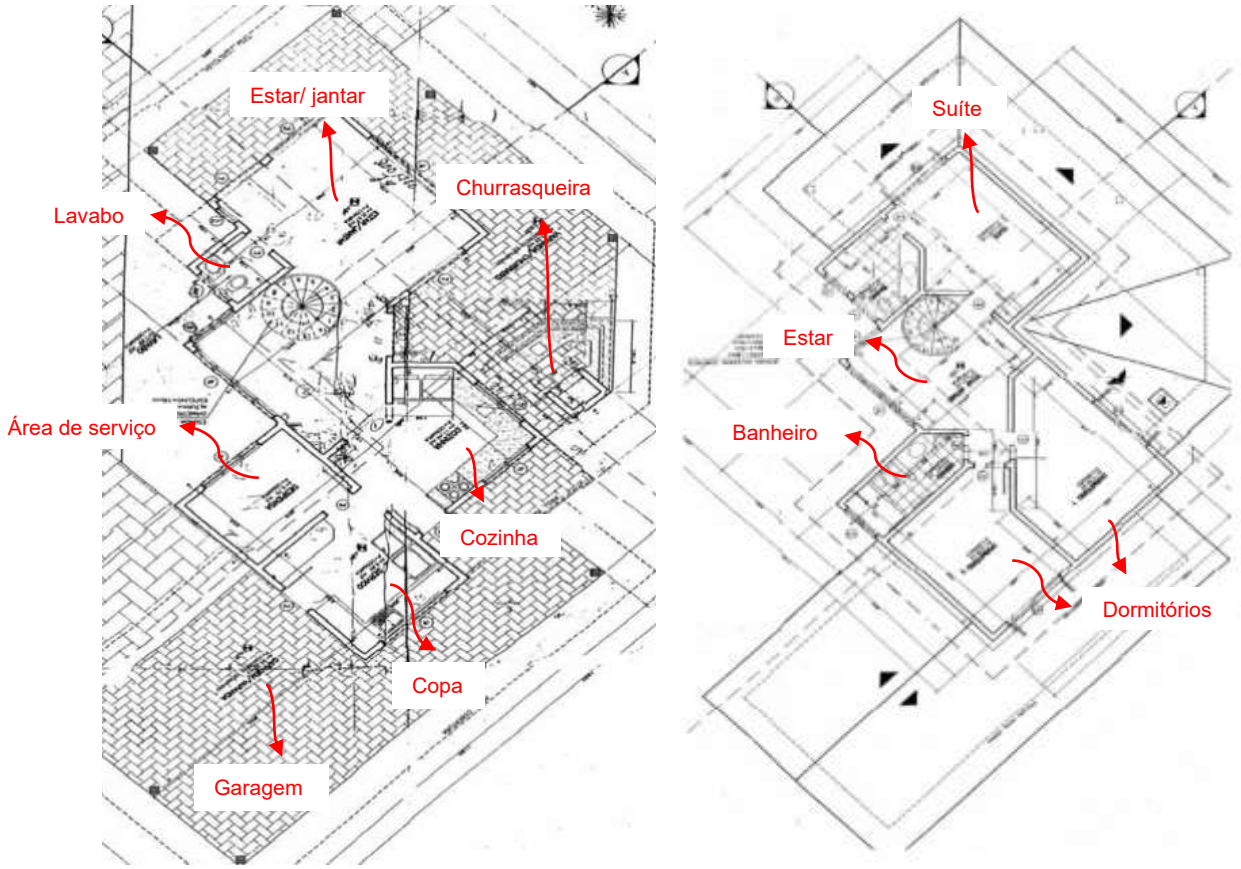


Figura 36 - A esquerda, planta baixa do pavimento térreo e, a direita, planta baixa do pavimento superior
Fonte: Adaptado de Bertoldi, 2007.

Nesta obra, empregou-se painéis de EPS recortados em formato de onda nas dimensões de 10x100x260 cm. Para obtenção desta espessura, uniu-se duas placas de 5 cm com o auxílio de fios de aço de mesma bitola da malha, sendo este composto por aço CA 50 de 3,4 mm de diâmetro, eletrosoldadas de tal maneira a formar uma malha de 75x150 mm. As esperas de 50 cm de comprimento deixadas para o encaixe

dos painéis foram executadas em aço CA 60 de 4,2 mm de diâmetro, dispostos a cada 50 cm de distância (Figura 37) (BERTOLDI, 2007).

Figura 37 – A esquerda, painéis de EPS com o formato ondulado destinado a vedação vertical da edificação e, a direita, esperas espaçadas a cada 50 cm
Fonte: Bertoldi, 2007.

Segundo Bertoldi (2007), a equipe responsável pela execução da obra possuía experiência somente no sistema construtivo convencional de alvenaria. Por este motivo, após realizado os serviços de contenção e de aterro, as atividades iniciaram-se com a execução do muro, para que, assim, a equipe compreendesse o processo executivo do sistema construtivo em painel monolítico de EPS (conforme abordado no tópico 2.3).

Com o intuito de racionalizar o espaço e evitar o acúmulo de materiais no canteiro de obra, a entrega dos painéis ocorreu em dois momentos: no primeiro, o necessário para efetuar o levantamento dos muros e paredes do pavimento térreo e, somente depois, para as paredes do segundo pavimento.

Para a construção de 67 m de extensão de muro, destinou-se uma equipe de 4 pessoas, a qual levou cerca de 3 horas para a finalização. Esta mesma equipe, levou, aproximadamente, o período de 1 dia para a realização da vedação vertical do pavimento térreo; nesta etapa, as armaduras dos pilares foram posicionadas anteriormente (Figura 38) e, somente após a montagem painéis, realizou-se o fechamento das formas. Segundo Bertoldi (2007), com este procedimento, proporcionou a ancoragem dos painéis de vedação com os pilares. Além disso, foram reforçados com as malhas em ‘U’ a superfície dos painéis em contato com as vigas

do pavimento superior. Para a execução da passagem dos embutidos elétricos e hidráulicos, necessitou de apenas um funcionário para a tarefa.

Figura 38 – A esquerda, detalhe das armaduras dos pilares devidamente posicionadas e, a direita, inicio da montagem dos painéis do pavimento térreo
Fonte: Bertoldi, 2007.

Para o segundo piso, empregou-se a laje pré-moldada composta pelas vigotas e blocos de EPS, pois, de acordo com Bertoldi (p. 97, 2007), fora uma “solução viável, econômica e tecnicamente, com facilidade e rapidez de execução das instalações”. A partir das esperas dos pilares deixadas para a ancoragem do 2º pavimento, a execução sucedeu-se conforme o 1º pavimento, com a diferença de que, desta vez, iniciou-se pela montagem das formas externas dos pilares. Na Figura 39, pode-se observar, a esquerda, o início da montagem do pavimento superior, com detalhe às paredes do pavimento térreo, já com a primeira demão do revestimento argamassado aplicado; a direita, encontra-se os painéis montados e travados com suas respectivas formas de pilares e vigas.

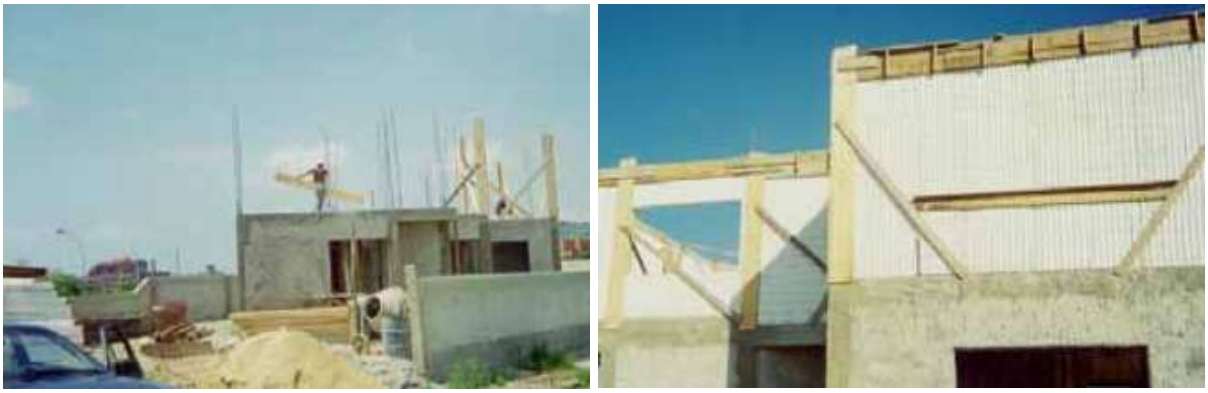


Figura 39 - A esquerda, início da montagem do pavimento superior, a direita, os painéis e formas montados e travados
Fonte: Bertoldi, 2007.

Seguindo os moldes da segunda laje, a cobertura foi realizada a partir dos painéis previamente produzidos, já considerando as inclinações dos ângulos determinados em projeto. Para a execução do telhado, aproveitou-se a resistência apresentada pelos painéis com somente uma camada de revestimento argamassado aplicado, sendo apoiado o madeiramento das terças e cumeeira sobre eles (Figura 40) (BERTOLDI, 2007).

Figura 40 - Execução do madeiramento da cobertura
Fonte: Bertoldi, 2007.

De acordo com Bertoldi (2007), o revestimento argamassado fora aplicado através da projeção pneumática, conforme apresentado na Figura 41. Para a primeira camada, com a espessura média de 20 mm, utilizou-se o traço 1:3 (brita zero e área

média:cimento) e relação água/cimento de 0,30. A segunda camada diferenciou-se apenas pelo emprego da areia média não peneirada como agregado e a adição de fibras de *nylon* para prevenir o surgimento de fissuras devido as tensões internas proveniente da cura do revestimento aplicado.

Figura 41 - Aplicação do revestimento argamassado através da projeção pneumática
Fonte: Bertoldi, 2007.

O tempo de execução desta obra fora de cinco meses, sendo que, as etapas relacionadas aos painéis de EPS, obtiveram o resultado esperado: rapidez e produtividade no canteiro de obra (BERTOLDI, 2007).

3.2.2 Obra 2: Pantanal, Florianópolis – SC

A segunda obra, trata-se de uma edificação executada no sistema construtivo de EPS, tendo os painéis empregados com a finalidade estrutural e de vedação, apresentando apenas quatro pilares em toda obra para, somente, a sustentação da caixa d'água. O primeiro pavimento é formado por dois dormitórios, banheiro, sala de estar/ jantar, cozinha, área de serviço e garagem (Figura 42). O segundo pavimento, contempla uma suíte e mezanino, que possibilita a visão da sala de estar/ jantar, conforme apresentado na Figura 43 (BERTOLDI, 2007).

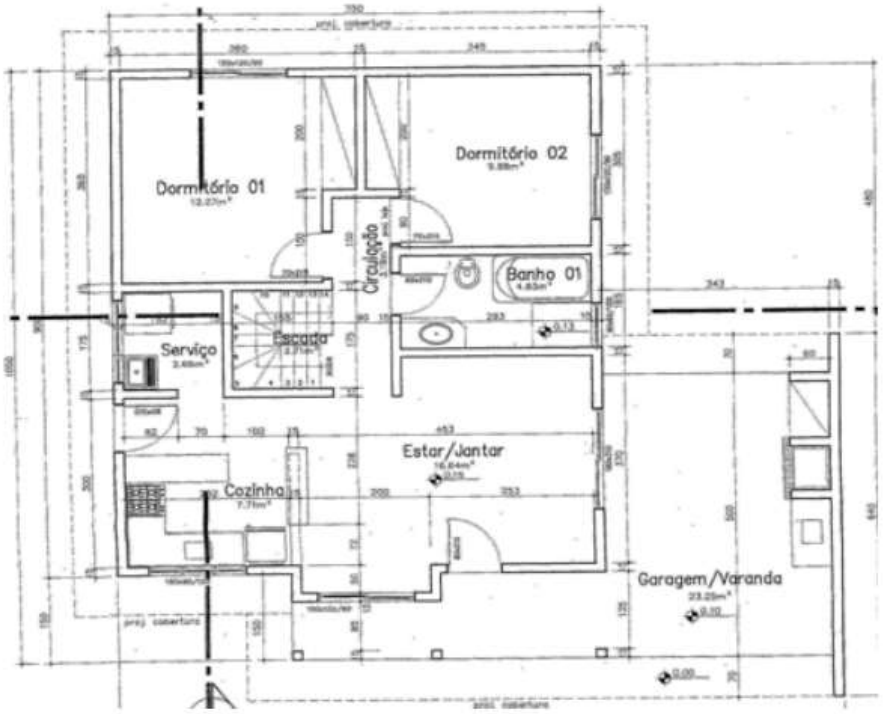


Figura 42 - Planta baixa do pavimento térreo
Fonte: Bertoldi, 2007.

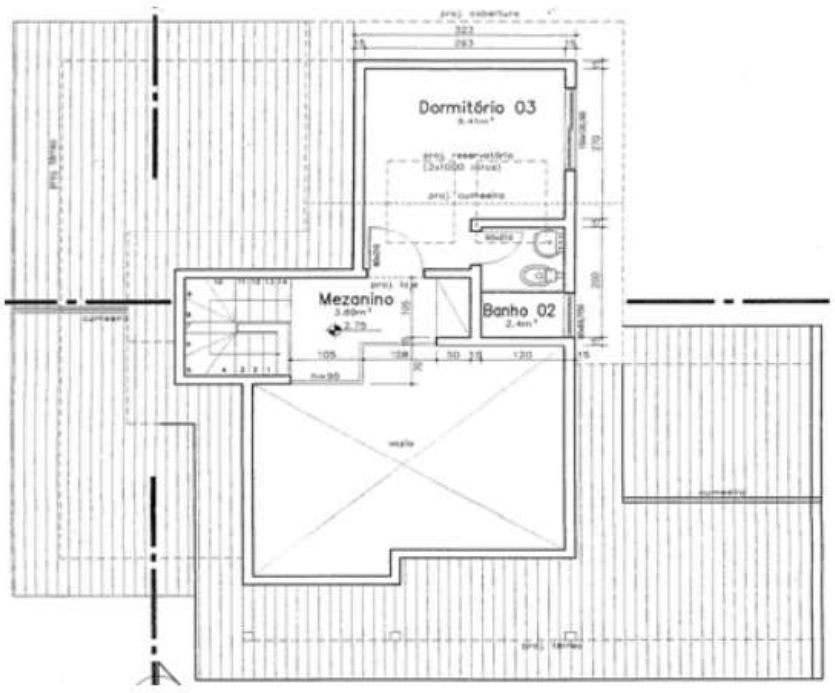


Figura 43 - Planta baixa do segundo pavimento
Fonte: Bertoldi, 2007.

Segundo Bertoldi (2007), a obra foi executada por uma equipe de quatro profissionais, sendo terceirizado os serviços complementares, como, por exemplo, instalações elétricas, hidráulicas e carpintaria. Como o primeiro caso, esta equipe também nunca havia tido contato com o sistema construtivo em EPS, tornando-se necessário orientações prévias.

A fundação utilizada na obra em questão foi a de sapatas e vigas baldrames, tendo as esperas de 40 cm de comprimento fixadas a cada 50 cm de distância. A partir de uma sequência de montagem previamente determinada, o encaixe dos painéis seguiu conforme previsto no projeto da edificação, iniciando-se pelos cantos e realizando o transpasse das telas conforme o andamento da obra. Vale ressaltar que, os vãos de portas e janelas foram previamente abertos, conforme pode-se observar na Figura 44.

Figura 44 – Montagem dos painéis de EPS já com a abertura das esquadrias realizadas
Fonte: Bertoldi, 2007.

Após executado o alinhamento e travamento dos painéis, por meio do auxílio de réguas e escoramentos internos de madeira, seguiu-se com as instalações elétricas e hidráulicas. Nesta etapa, Bertoldi (2007) destaca a facilidade e agilidade de execução do serviço, descartando a demanda de auxiliares e ferramentas para quebra e corte necessários para a passagem de embutidos na alvenaria convencional, além da limpeza do canteiro devido a não geração de resíduos.

Para a realização da etapa do revestimento argamassado, com o auxílio de um projetor pneumático, empregou-se o traço de 1:3,5 com uma relação de água/cimento de 0,30, sendo que, para a 1ª demão, utilizou-se areia média e brita zero e, para a segunda camada, somente areia média. Em ambas as camadas, utilizou-se o cimento CP V ARI, aditivo plastificante e fibras de polipropileno (BERTOLDI, 2007). Na Figura 45, observa-se a 1ª demão de argamassa do pavimento térreo finalizado.

Figura 45 - Primeira camada de revestimento argamassado do pavimento térreo finalizado
Fonte: Bertoldi, 2007.

Vale ressaltar que, para evitar o empenamento do painel, a projeção do revestimento interno e externo foram aplicados sequencialmente no mesmo dia. Além disso, durante o período de cinco dias, as paredes eram umedecidas para garantir a cura da argamassa (BERTOLDI, 2007).

De acordo com Bertoldi (2007), para o sequenciamento do segundo pavimento, executou-se uma cinta de amarração, onde foram apoiadas as vigotas da laje pré-moldada (as quais foram preenchidas com blocos de EPS). Além disso, foram fixadas as esperas de aço, conforme realizado no primeiro pavimento. Nas paredes correspondentes ao vazio do mezanino, efetuou-se a montagem dos painéis em sequência das paredes inferiores, realizando o transpasse das malhas entre elas (Figura 46).

Figura 46 – Execução da montagem dos painéis do segundo pavimento
Fonte: Bertoldi, 2007.

Após aplicado a primeira camada de revestimento nas paredes do pavimento superior, iniciou-se a construção da cobertura com a estrutura em madeira e talhamento cerâmico, sendo as terças apoiadas diretamente nos painéis de poliestireno expandido, conforme observado na Figura 47. Posteriormente, executou-se a segunda camada de revestimento, dando sequência as etapas finais de acabamento e finalização da obra (BERTOLDI, 2007).

Figura 47 - Execução da cobertura da edificação
Fonte: Bertoldi, 2007.

3.2.3 Análise obras de Florianópolis

Segundo Bertoldi (2007), no geral, as obras analisadas apresentaram aspetos positivos no que se refere a produção e construtividade do sistema, devido, principalmente, a facilidade com que as equipes se adaptaram ao novo sistema construtivo, significativa redução de resíduos sólidos, rapidez de execução e facilidade de manuseio dos painéis, devido ao seu peso reduzido. Além disso, o autor analisou a performance dos painéis de EPS quanto o desempenho térmico e estrutural.

Em relação ao desempenho térmico, verificou-se que, em relação as exigências normativas (ABNT - NBR 15220/2005), para o critério de atraso térmico, obteve-se resultados superiores ao do valor limite recomendado, sendo de 122% no primeiro caso e de 66,7% no segundo, podendo associar este resultado a maior eficiência quanto ao isolamento térmico do sistema. Em relação ao desempenho térmico global da edificação, baseada pela normativa espanhola NBE-CT-79, a transmitância térmica da primeira obra apresentou resultados favoráveis, abaixo do limite permitido, o que não ocorreu na segunda obra; isso se deve, principalmente, pela espessura inferior dos painéis de EPS aplicados no segundo caso. Além disso, ambas as obras não apresentam riscos de condensações intersticiais, ocasionadas devido a diferença de temperatura das superfícies da parede (BERTOLDI, 2007).

No critério desempenho estrutural, baseado nos Projetos de Normas 02.136.01.001, 02.136.01.002 e 02.136.01.004, em relação ao desempenho estrutural e de fachadas e paredes internas, no que tange aos ensaios de corpo mole, os painéis:

> “demonstraram condições satisfatórias para resistir a impactos externos, de fora para dentro, localizadas no pavimento térreo e para paredes sofrendo impactos internos, quando localizadas as paredes nos demais pavimentos, mantendo-se estáveis, sem apresentar alterações, como fissuras, falhas e rupturas, de qualquer espécie.” (BERTOLDI, p. 118, 2007)

Em relação aos ensaios de corpo duro, também se atingiu resultados satisfatórios. Apenar de danos superficiais, a integridade da estrutura do painel monolítico de EPS e malhas de aço foram mantidas (BERTOLDI, 2007).

4 METODOLOGIA

Tendo como propósito compreender o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS e seu processo executivo, bem como realizar a modelagem de um projeto arquitetônico empregando este material através do *software* Revit, o presente trabalho pode ser classificado quanto à abordagem, objetivo e procedimento técnico como, respectivamente, quali-quantitativa, exploratória e estudo de caso.

Segundo Merriam e Tisdell (2016, *apud* Mattar e Ramos, 2021), enquanto a natureza da abordagem qualitativa foca no processo, compreensão e significado, gerando resultados ricamente descritivos, o método quantitativo possui caráter experimental, empírico e estatístico, utilizando-se de instrumentos para coleta de dados. Já a pesquisa exploratória, conforme destaca Gil (1991, p. 41), “tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a constituir hipóteses”. Por fim, o estudo de caso trata-se, como compreendido por Nascimento (2016, p. 5), “do estudo de certo caso singular visando descoberta de fenômenos em determinado contexto. Enfatiza a interpretação de fenômeno específico e busca retratar a realidade de maneira complexa e profunda”.

A primeira etapa do trabalho fundamentou-se na revisão bibliográfica referente aos sistemas construtivos, particularmente no que tange o uso do EPS como alternativa às fontes tradicionais, bem como o procedimento executivo do sistema. Abordou-se, também, o uso do Revit como ferramenta BIM na elaboração de projetos de engenharia e arquitetura. A segunda etapa teve como objetivo levantar estudos de casos nas quais abordassem o desenvolvimento do projeto arquitetônico e o processo construtivo em painel monolítico em EPS. Por fim, a última etapa deste trabalho consiste na modelagem de uma edificação unifamiliar com o objetivo de abordar o processo construtivo do sistema em painéis de EPS a partir da construção virtual.

5 DESENVOLVIMENTO DA MODELAGEM DE UMA EDIFICAÇÃO RESIDENCIAL APLICANDO O SISTEMA CONSTRUTIVO EM EPS

Para a modelagem do sobrado no *software* REVIT empregando o sistema construtivo em painel monolítico em EPS, utilizou-se como base o projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar de 179,87 m² disposta sobre um terreno de 420 m², desenvolvido com o auxílio do *software* AutoCAD, conforme apresentado na planta de localização/ implantação na Figura 48.

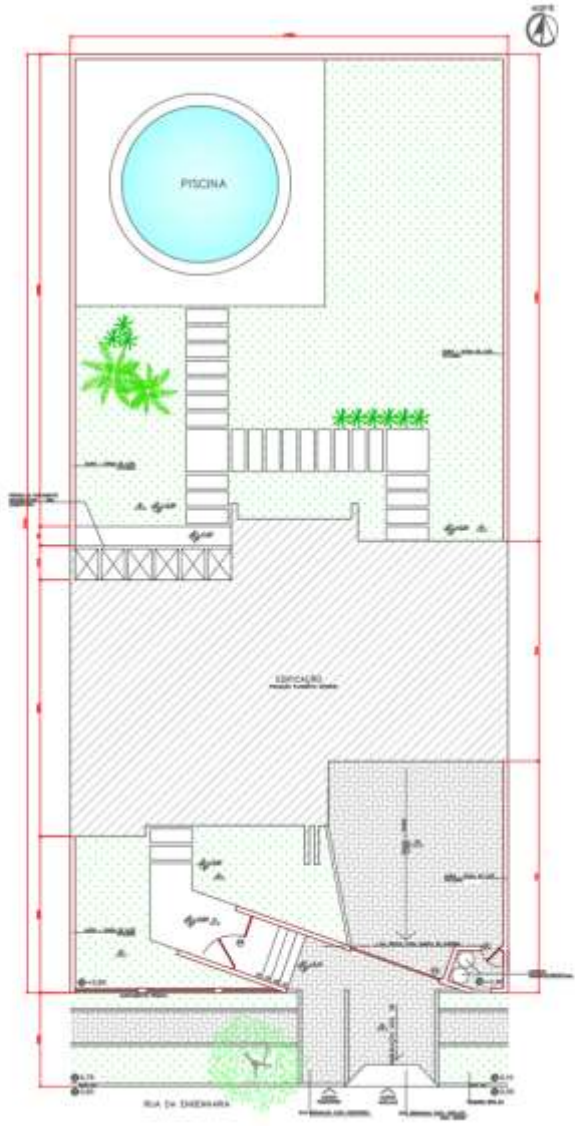


Figura 48 – Planta de localização/ implantação
Fonte: CONTERNO, 2023.

O pavimento térreo, observado na Figura 49, é constituído pela garagem/ churrasqueira, hall de entrada, área social/ cozinha, lavabo, área de serviço e escada, a qual dá acesso ao pavimento superior (Figura 50); por sua vez, este encontra-se as áreas íntimas que, através de uma área de circulação, dá acesso a dois dormitórios, um banheiro e uma suíte *master* com sacada.

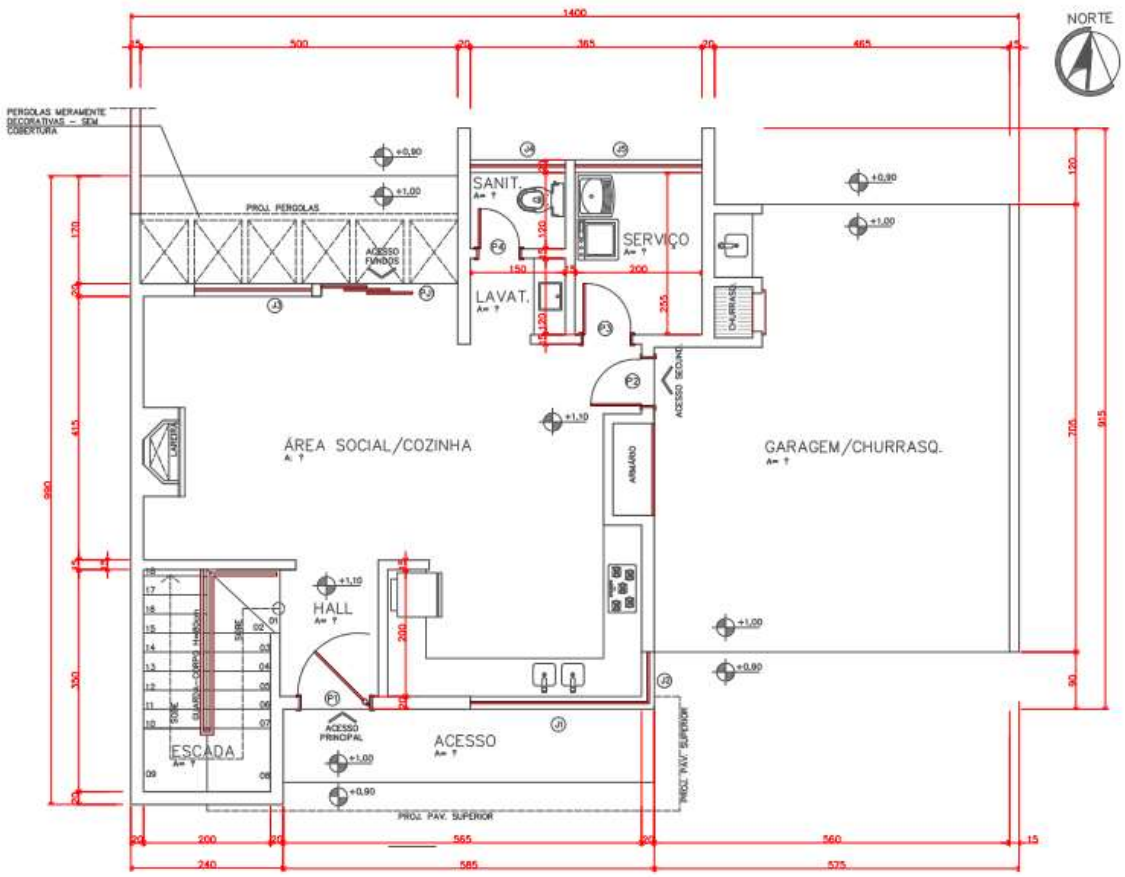


Figura 49 - Planta baixa pavimento inferior
Fonte: CONTERNO, 2023.

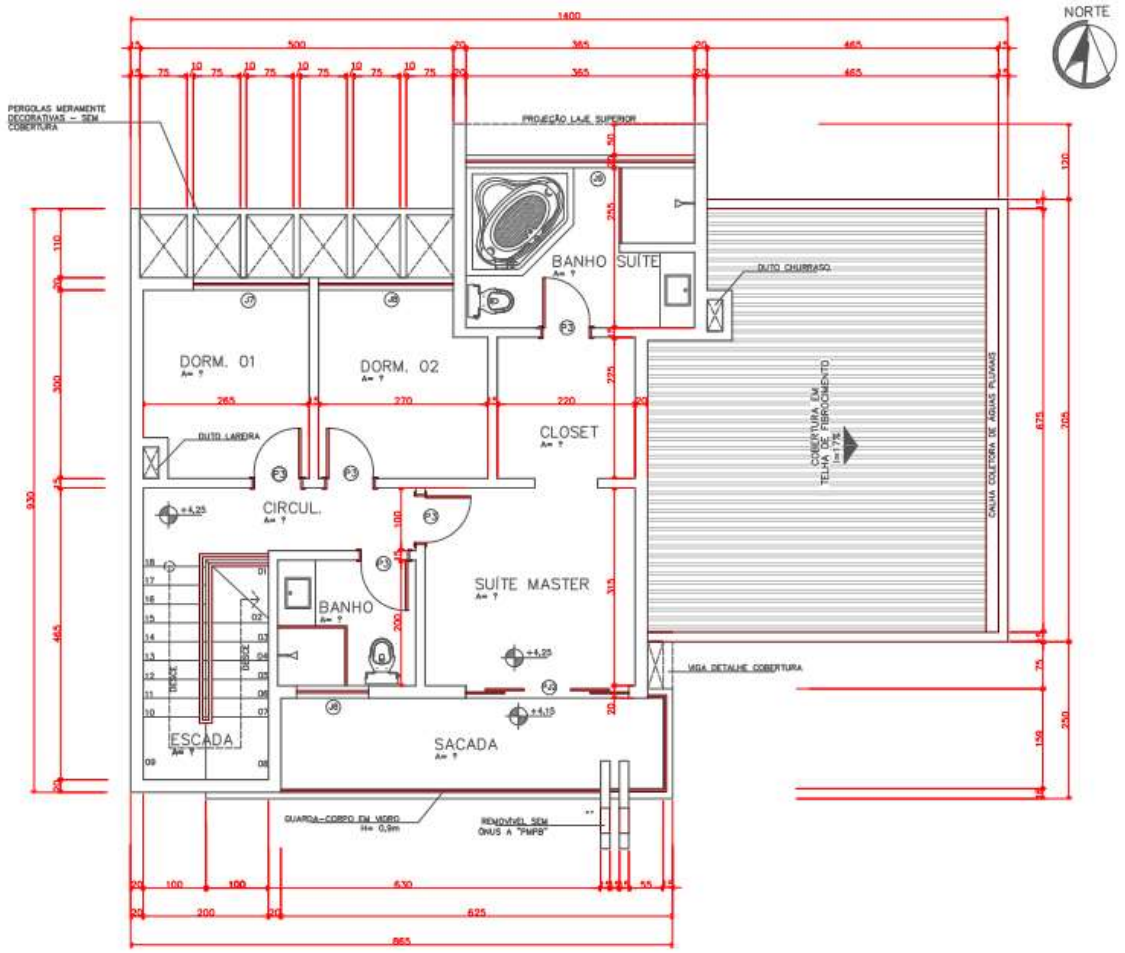


Figura 50 - Planta baixa pavimento superior
Fonte: CONTERNO, 2023.

A partir do arquivo ‘.dwg’ do projeto arquitetônico, importou-se as pranchas para o *software* Revit, utilizando-as como referência para a modelagem.

5.1 Fundação e gabarito

Por tratar-se de uma construção leve, quando comparado aos métodos construtivos tradicionais, não se faz necessário a execução de fundações robustas, sendo facilmente suportado por fundações rasas do tipo sapata corrida, viga baldrame e radier (opção empregada como sistema de fundação do presente projeto). Segundo Silva (2015, p. 25), “estas fundações são mais utilizadas, principalmente devido ao baixo custo e facilidade de execução”.

De acordo com a APL Engenharia (p. 1, 2019), empresa especializada em soluções geotécnicas, de fundações e concreto, “o radier é composto por uma laje

espessa de concreto armado que ocupa toda a área da edificação, conforme cálculos e projeto". Por não haver a disponibilidade do ensaio de sondagem do terreno para determinar a resistência do solo e, assim, dimensionar corretamente a espessura do radier, além de não ter como finalidade da presente pesquisa a realização de cálculos estruturais, optou-se por utilizar uma dimensão aproximada de 10 cm. Porém, vale ressaltar que é imprescindível que esta avaliação seja realizada para determinar o melhor tipo e dimensões da fundação a ser aplicado.

Para a execução do radier, realiza-se a distribuição de uma camada de brita de aproximadamente 7 cm de espessura mais lona apropriada para a impermeabilização, tendo como objetivo evitar que a armadura da fundação entre em contato com matérias orgânicas e umidade proveniente do solo (SILVA, 2015; APL, 2019). Para tal representação, moldou-se esta camada na área correspondente a implantação da edificação a partir de uma família de 'piso' (Figura 51), com a espessura total de 7 cm de lastro de brita e uma camada de membra para representar a lona plástica, cuja a espessura é desprezível. Na sequência, a partir de uma família de 'laje de fundação' (Figura 52), inseriu-se sobre o lastro a camada de 10 cm correspondente ao radier.

Figura 51 - Família de piso representativa da camada de 7 cm de brita e lona plástica
Fonte: Autoria própria, 2023.

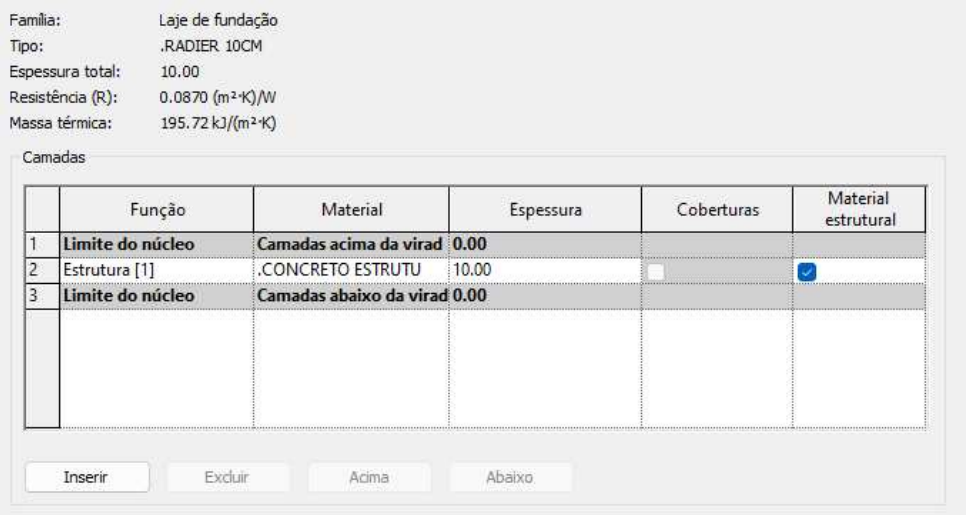


Figura 52 - Família de laje de fundação representativa do radier com 10 cm de espessura
Fonte: Autoria própria, 2023.

Com o piso modelado, a armadura é inserida a partir da ferramenta ‘armadura na área’ e, após delimitado a área a ser contemplada com o vergalhão, preenche-se a configurações de bitola e espessamento da armadura conforme especificado em projeto. Para exemplificação, utilizou-se a malha pop reforçada de 15x15 cm, produzida com aço CA-60 na bitola 4,2 mm, indicada para pisos de concreto e áreas como garagens e estacionamentos (AÇOMAIS, 2023) (Figura 53).

Figura 53 - Configuração da malha de aço do radier
Fonte: Autoria própria, 2023.

Seguindo o processo construtivo do sistema, a próxima etapa compreenderia a inserção das esperas para o gabarito e encaixe dos painéis monolítico de EPS. Contudo, por tratar-se de vergalhões localizados fora do elemento estrutural e perpendicular a superfície da laje, dificultou-se a introdução destes elementos dentro do domínio da ferramenta.

5.2 Paredes

Com a delimitação dos ambientes propiciado pelo arquivo ‘dwg.’, moldou-se as paredes em EPS com suas respectivas malhas de aço galvanizado que contempla o sistema. Baseando-se nas dimensões de fábrica dos painéis fornecido pela Kingspan Isoeste, criou-se uma família a partir da ferramenta ‘parede estrutural’, configurando a estrutura do material de modo a representar o painel de Isopor de 80 mm de espessura, conforme apresentado na Figural 54.

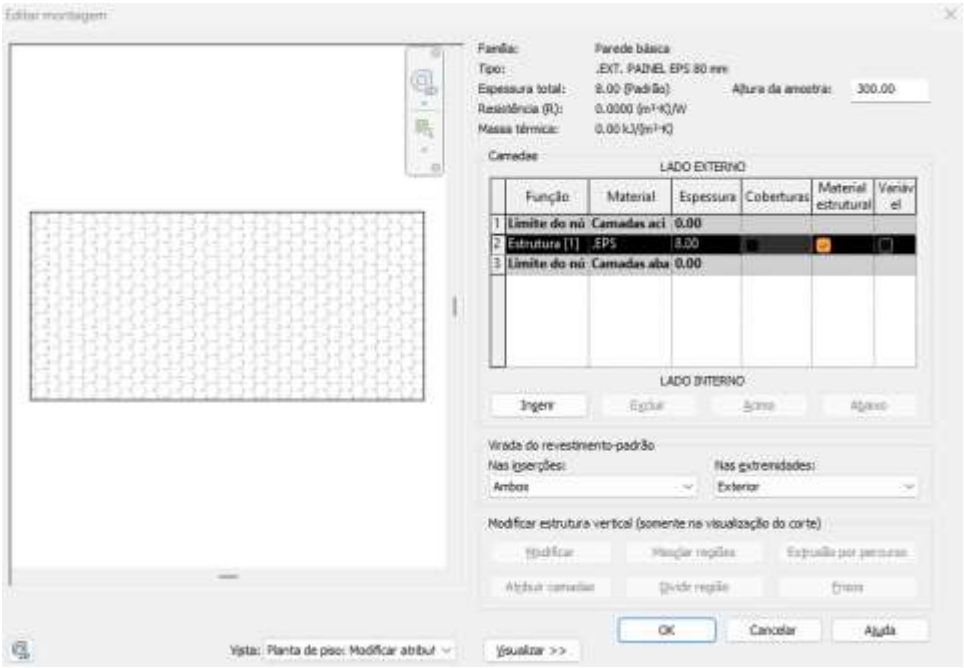


Figura 54 - Família de parede básica representativa do painel de EPS com 8 cm de espessura
Fonte: Autoria própria, 2023.

Para caracterizar a placa, preencheu-se as informações de identidade do produto, desde a descrição ao fabricante e modelo (Figura 55). Além disso, criou-se um padrão de preenchimento hexagonal, a partir do aplicativo ‘Calculadora de hachuras 1.2’, de tal modo a representar as pérolas de poliestireno expandido, observado na Figura 56a; para a aparência renderizada, utilizou-se uma imagem da textura superficial do EPS (Figura 56b).

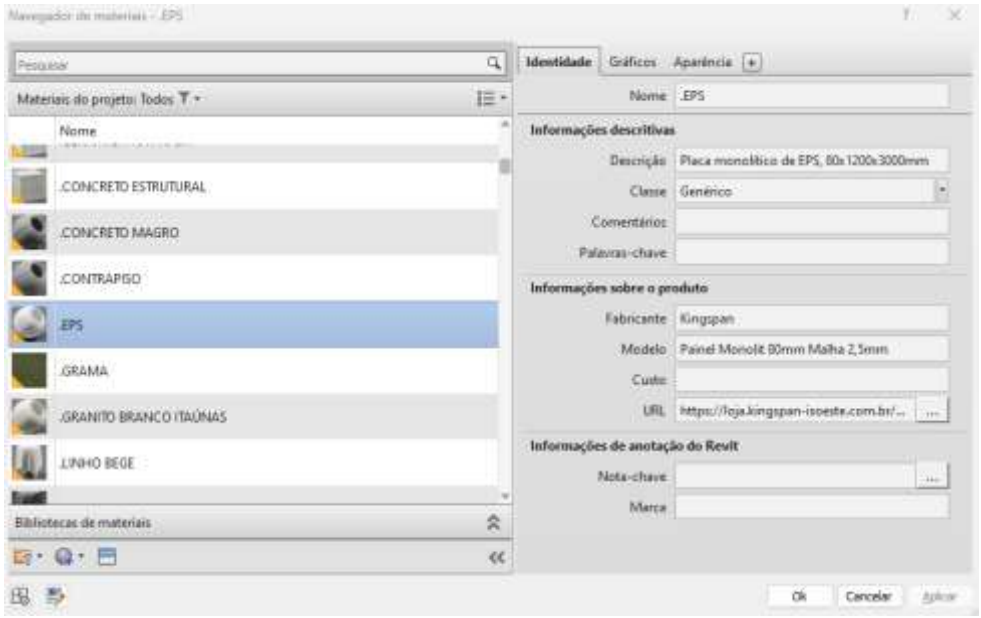
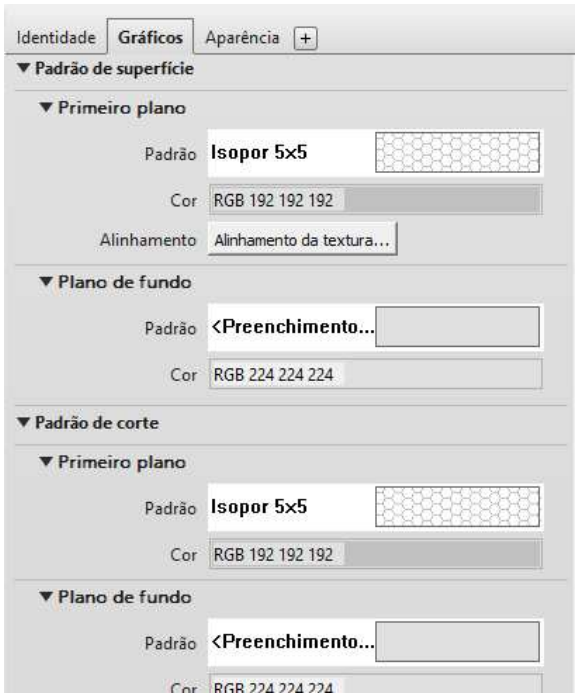


Figura 55 – Configuração de identidade do material EPS com as respectivas informações do fabricante
Fonte: Autoria própria, 2023.

a)



b)

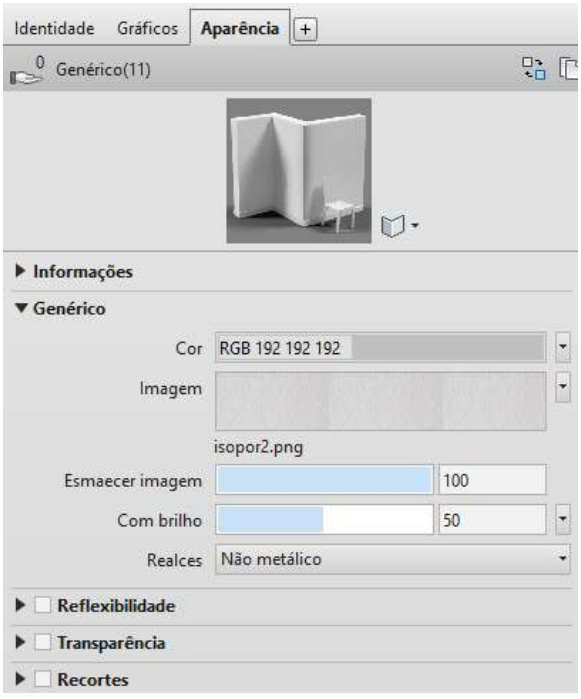


Figura 56 – Configuração de a) gráficos e b) aparência do material EPS
Fonte: Autoria própria, 2023.

Para facilitar a diferenciação dos revestimentos e acabamentos externos dos internos, optou-se por utilizar famílias de paredes distintas, identificadas, respectivamente, por '.EXT.' e '.INT.'. Com o material configurado, criou-se as paredes

de tal modo a ficarem centralizadas ao gabarito, formando, assim, o ‘esqueleto’ da edificação (Figura 57).

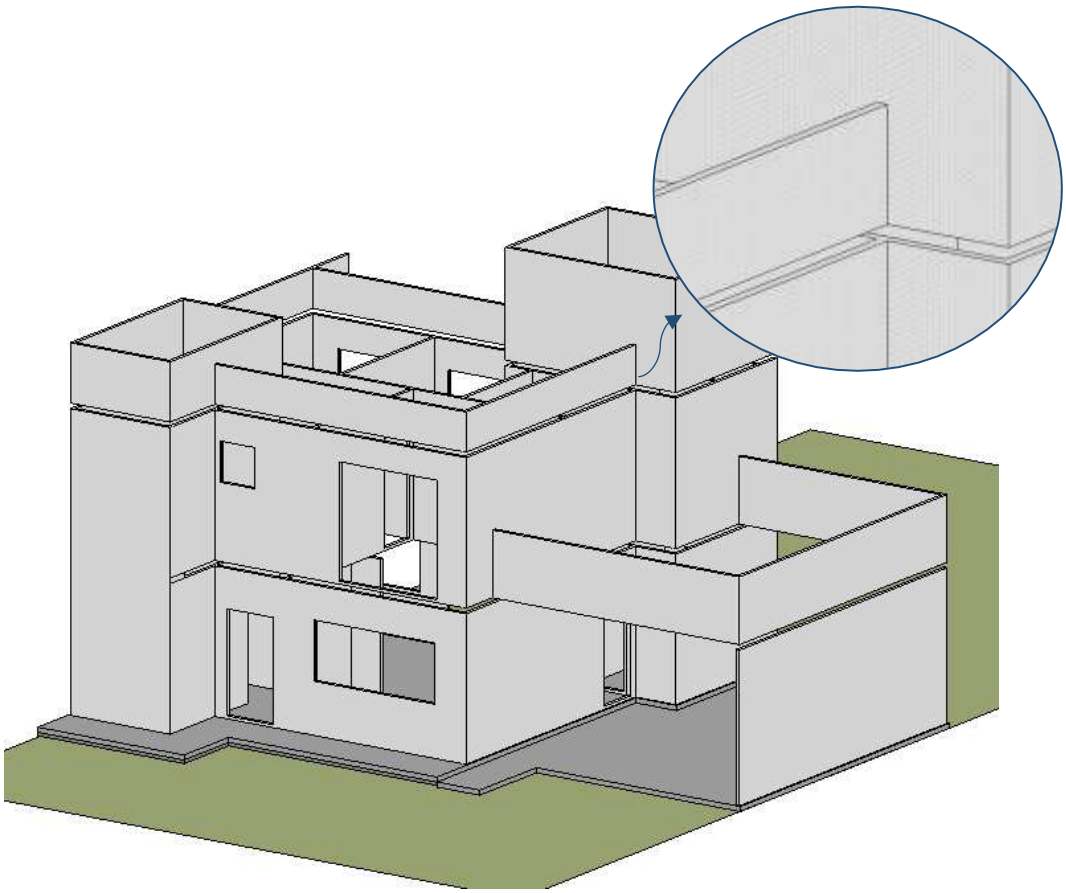


Figura 57 - Parede 'osso' compreendida pelos painéis de EPS, com destaque ao detalhamento gráfico do material
Fonte: Autoria própria, 2023.

A partir da estrutura criada, segue a modelagem com a inserção das malhas de aço galvanizado, através da ferramenta ‘armadura na área’. Vale ressaltar que, para que este recurso esteja habilitado, é imprescindível que as paredes possuam a finalidade estrutural.

Com o painel selecionado, basta ativar o comando de armadura e configurar as suas propriedades de acordo com o produto de mercado; conforme o catálogo da Kingspan Isoeste, os fios de aço galvanizado de 2,5 mm de diâmetro são dispostos formando um espaçamento de 80 mm na vertical e 75 mm na horizontal. Apesar de existir a opção de que a malha seja moldada em ambos os lados do EPS, preencheu-se as informações de modo a inserir as malhas em apenas um lado da superfície por

vez, de acordo com Figura 58. Este procedimento fora adotado pois, por questões construtivas, deixa-se os traspasses das malhas da superfície externa para que seja possível a amarração com a malha do painel superior, o que não é possível internamente, já que a laje é apoiada diretamente nos painéis autoportantes. Este detalhe pode ser melhor observado na Figura 59.

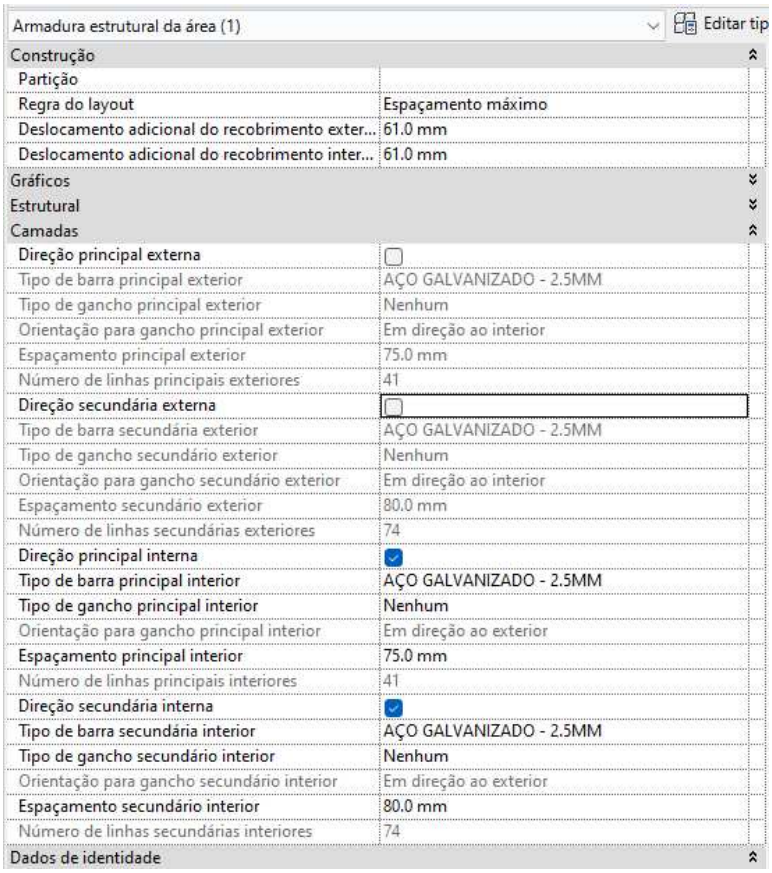


Figura 58 - Configuração da malha de aço dos painéis de EPS
Fonte: Autoria própria, 2023.

Outro fator a ser considerado, é o espaçamento deixado entre o painel de EPS e a malha de aço. Segundo a AECweb (2023a), no Monopainel Isorecort Standard, é deixado um afastamento de 10 mm entre os arranjos por meio de distanciadores plásticos tipo DI. Deste modo, ajustou-se o deslocamento adicional do recobrimento externo e interno em 61 mm, afim de garantir este espaçamento, conforme apresentado na Figura 58.

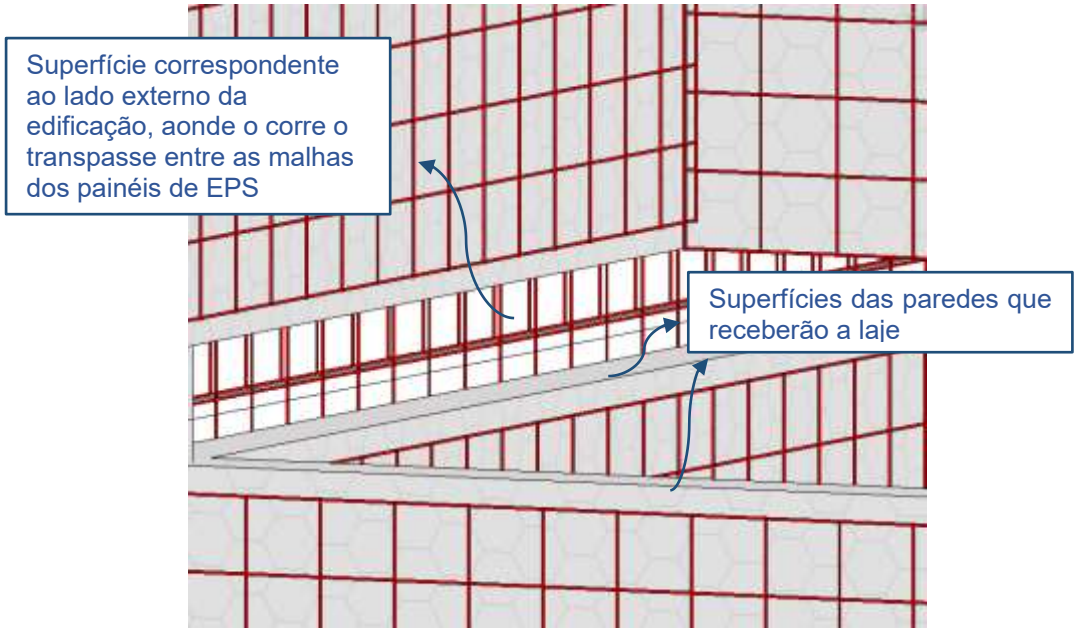


Figura 59 - Detalhe construtivo referente as malhas de aço dos painéis de EPS
Fonte: Autoria própria, 2023.

Assim, com estas informações pré-definidas, desenha-se o perímetro desejado, levando em consideração que, dentre as opções disponibilizadas pela Kingspan Isoeste, considerou-se placas de EPS com 120 cm de largura por 300 cm de altura. Além do mais, no canteiro de obra, para que haja rigidez no conjunto, é deixado rebarbas de aço com intuito de realizar a amarração com a malha do painel subsequente, seja horizontalmente ou verticalmente; por este motivo, delimitou-se a malha de aço de modo a prologar 11 cm a mais em direção ao pavimento superior (correspondente a espessura da laje) e, conforme exemplificado na Figura 60, 10 cm a mais para um dos lados do painel; contudo, realizar este detalhamento horizontal em toda a superfície da edificação, tratando-se de 2 pavimentos, externamente e internamente, torna-se inviável este nível de detalhamento.

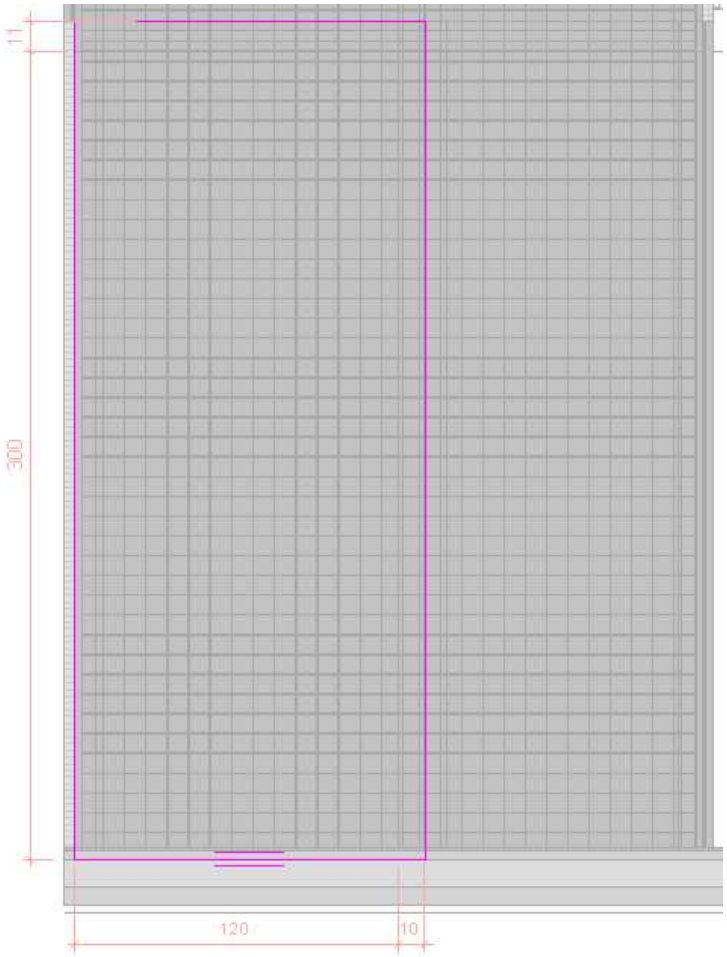


Figura 60 - Destelhamento do transpasse horizontal e vertical das malhas de aço nas placas de EPS
Fonte: Autoria própria, 2023.

Com as placas de EPS e malhas de aço modeladas no *software*, a próxima etapa consiste em inserir as malhas de reforço: em ‘U’, ‘L’ e plana.

5.3 Malhas de reforço

Para a inserção das malhas de reforço lisa, utilizou-se novamente a ferramenta ‘armadura na área’, delimitando-se uma área de modo a formar a angulação de 45º em relação aos cantos da esquadria, conforme apresentado na Figura 61.

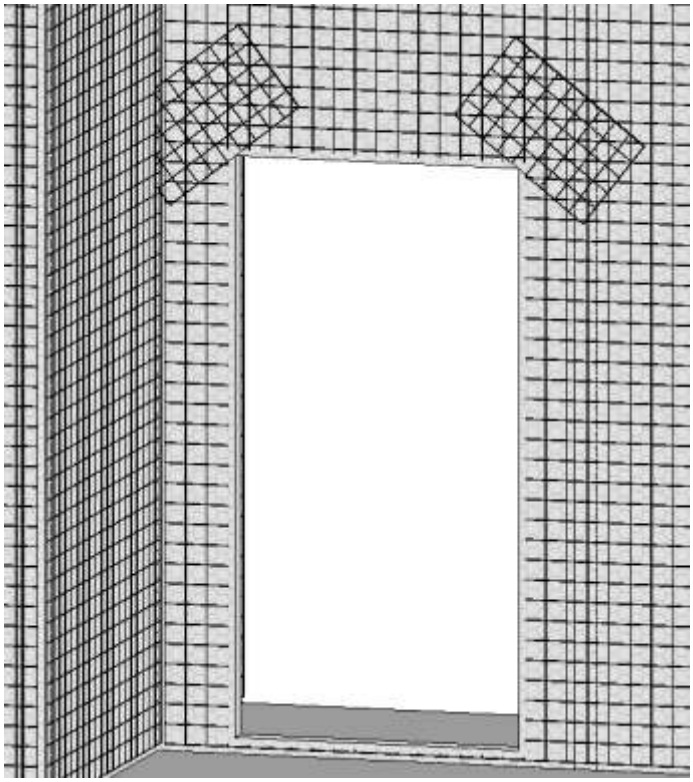


Figura 61 - Inserção das malhas de reforço lisa nos cantos das esquadrias
Fonte: Autoria própria, 2023.

Para as malhas de reforço nos formatos ‘U’ e ‘L’, não se encontrou maneira de modelar utilizando as ferramentas padrão de estrutura e de aço. Uma solução a este impasse, seria a criação de famílias de malhas de reforço nas quais fossem possível a inserção automática nos locais desejados, porém, caso exequível, seria necessário um nível avançado no domínio do *software*.

5.4 Escada

Para a modelagem da escadaria de acesso ao pavimento superior, realizou-se a partir de uma família de escada pré-moldada de concreto já configurada no *software*, no qual duplicou-se suas propriedades (Figura 62) e, posteriormente, substitui-se o material ‘.CONCRETO ESTRUTRAL’ para ‘.EPS’ e especificou-se o ‘PORCELANATO 60X60 PORTOBELLO’ para o acabamento dos pisos e espelhos (Figura 63). Assim, apesar de, novamente, ter-se empecilhos devido a inserção das armaduras, possibilitou a visualização do material empregado (Figura 64).

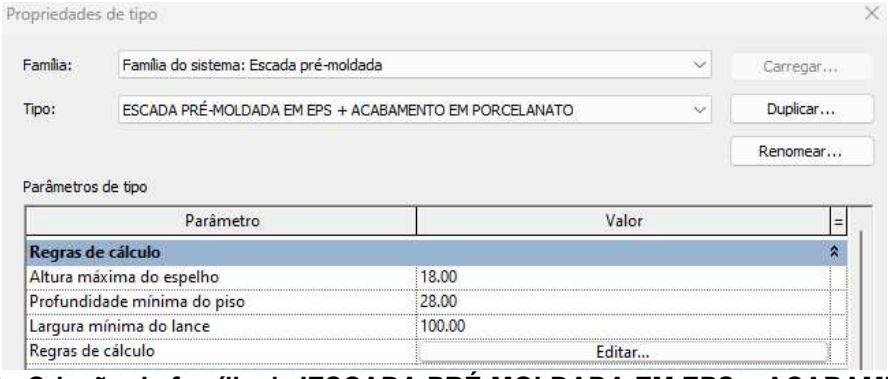


Figura 62 - Criação da família de 'ESCADA PRÉ-MOLDADA EM EPS + ACABAMENTO EM PORCELANATO'
Fonte: Autoria própria, 2023.

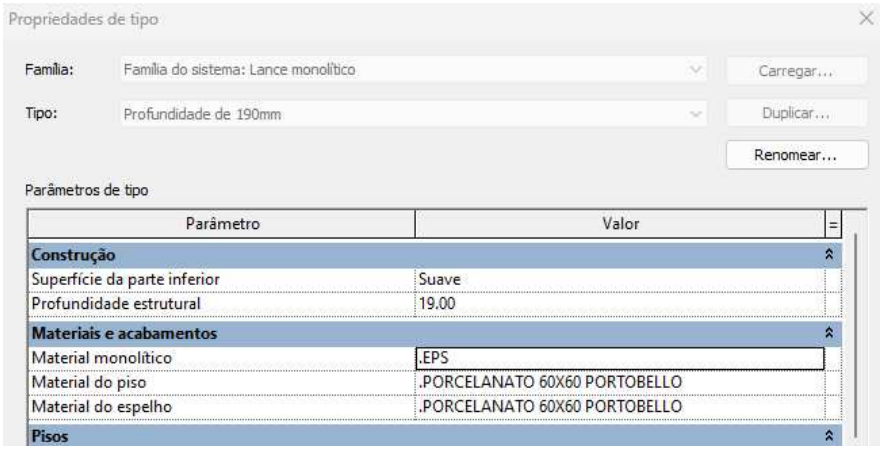


Figura 63 - Configuração das propriedades dos materiais da escada de EPS
Fonte: Autoria própria, 2023.

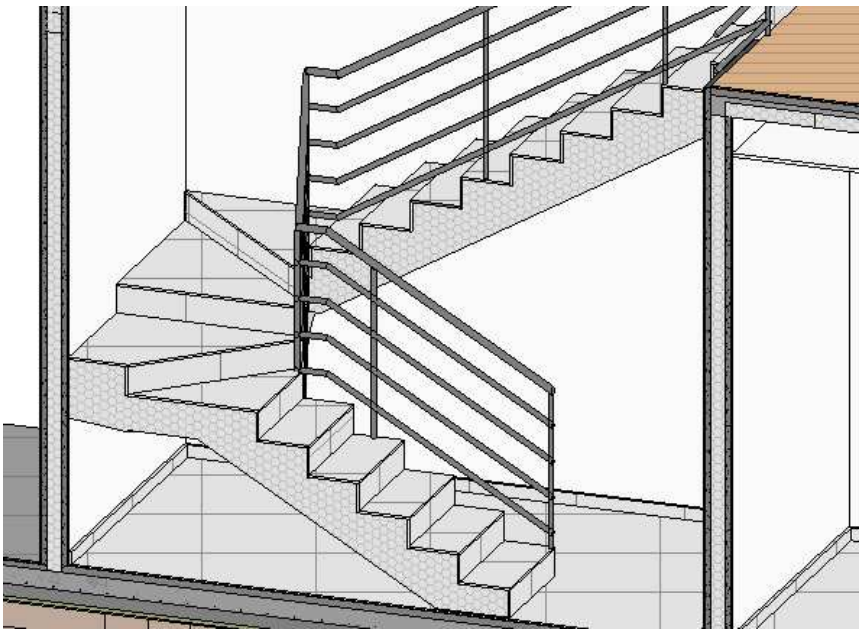


Figura 64 - Escada pré-moldada em EPS
Fonte: Autoria própria, 2023.

5.5 Lajes

Prosseguindo com o conceito de uma estrutura leve e levando em consideração a carga reduzida dos painéis do segundo pavimento, justamente por tratar-se de painéis monolíticos em EPS, empregou-se o sistema de lajes pré-moldadas composta por vigotas e enchimento com blocos de EPS, tanto para a laje do segundo pavimento quanto para a laje da cobertura.

Seguindo o mesmo argumento adotado para definir a espessura do radier, para as lajes utilizou-se vigotas de tamanho intermediário, o H8, a qual possui uma altura de 8 cm. Já para os blocos de EPS, a partir das dimensões padrões fornecidos pela Kingspan Isoeste, adotou-se as medidas de 80x400x500 mm (espessura x largura x comprimento). Para a modelagem destes elementos, utilizou-se como base famílias pré-existentes, disponibilizadas gratuitamente na *internet*.

Assim, com base nas recomendações da empresa Presence (2023), fornecedor de lajes treliçadas, seguiu-se as recomendações mínimas de cobrimento, que, para uma altura de enchimento de 8 cm, deve possuir, pelo menos, 3 cm de espessura de capa de concreto (Figura 65), totalizando uma altura de 11 cm.

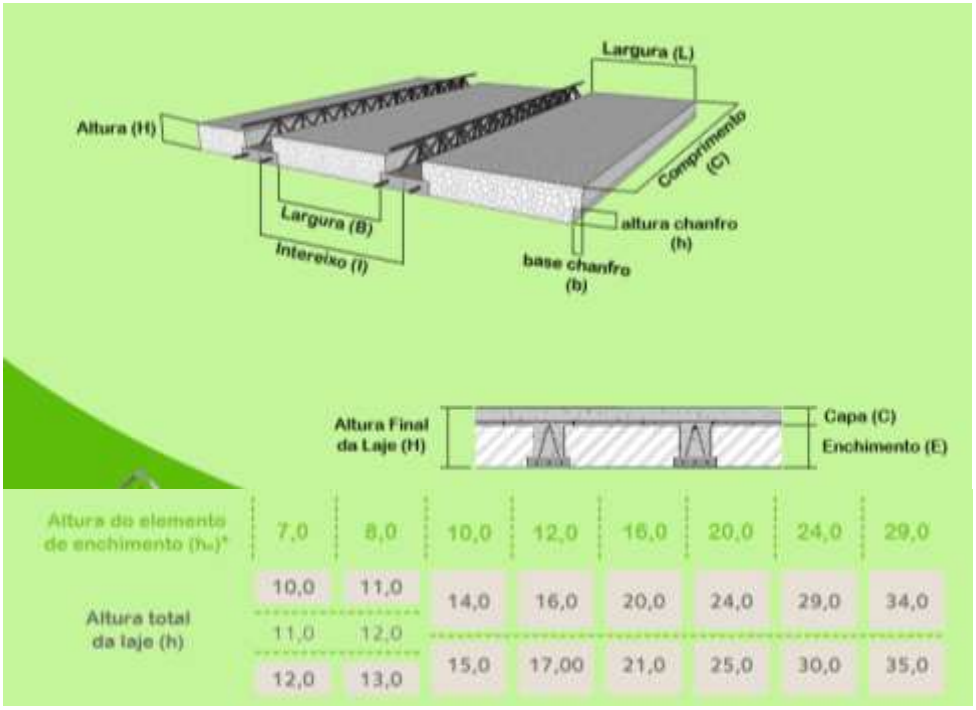


Figura 65 - Altura do elemento de enchimento *versus* altura total da laje
Fonte: Grupo Presence, 2023.

Com as dimensões dos elementos definidas, a modelagem segue com a inserção destes no modelo, a partir da ferramenta – viga (Figura 66). Por tratar-se de uma família paramétrica, ou seja, é possível delimitar o comprimento desejado no momento da introdução do material, as vigotas foram inseridas de acordo com o menor vão a ser vencido. Já os blocos de EPS, iniciou-se com o bloco com o tamanho padrão, porém, à medida que não fora possível o encaixe do mesmo, duplicava-se a família de acordo com as medidas necessárias para cobrir a região desejada, conforme destacado na Figura 67.

Figura 66 - Ferramenta para a inserção dos elementos 'vigota treliçada' e 'lajota de EPS'
Fonte: Autoria própria, 2023.

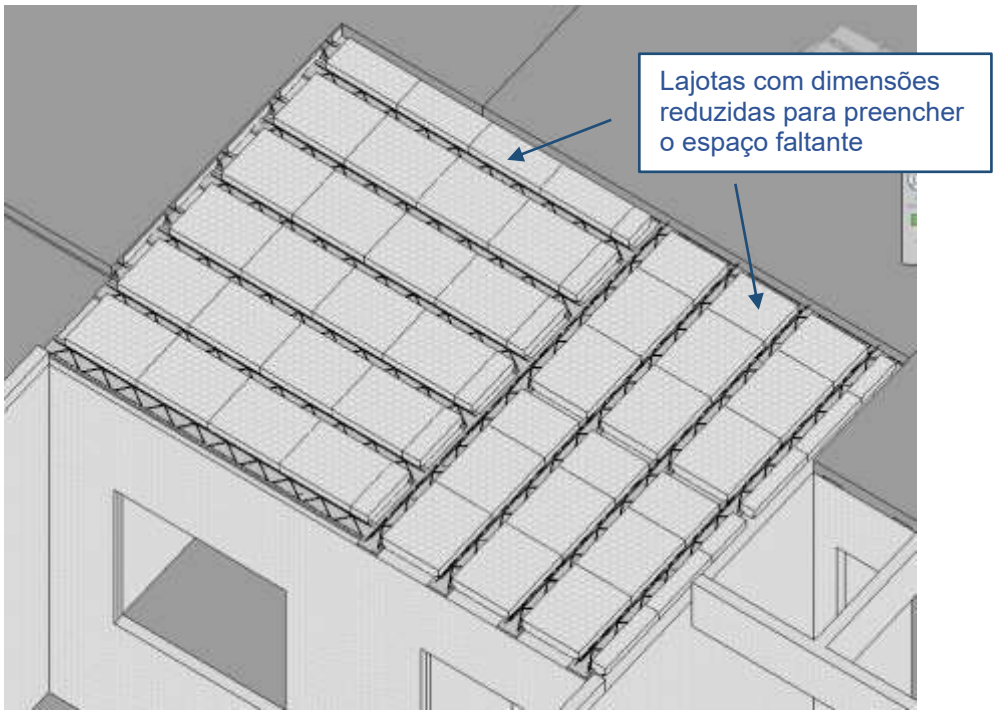


Figura 67 - Lajes pré moldada com vigotas e enchimento de EPS, com destaque a diferenciação dos tamanhos das lajotas
Fonte: Autoria própria, 2023.

Por tratar-se de um procedimento manual, a inserção dos materiais torna-se uma atividade lenta. Uma alternativa para automatizar o processo, é a criação de uma família parametrizada que, ao demarcar o comprimento da vigota, insira automaticamente a lajota de EPS. Neste caso, por não se tratar de uma família completa, usou das ferramentas ‘copiar’ e ‘agrupar’ para agilizar a modelagem.

5.6 Revestimento argamassado e acabamento

Por questões de simplificação, optou-se por modelar o revestimento argamassado e acabamento como ‘parede composta’, que, nada mais é, a estruturação das camadas em uma única família. Vale ressaltar que, efetivamente, o acabamento é uma das últimas etapas realizados em obra, sendo a ordem dos serviços abordados no presente estudo de caso não, necessariamente, condizente com a realidade.

5.6.1 Parede

A partir da duplicação de um dos tipos de parede arquitetônica pré-existentes no Revit, as camadas a serem concebidas são editadas dentro da estrutura da família. Considerando, a título de exemplo, um acabamento de pintura acrílica, configura-se dois elementos, tendo um a função (Figura 68a) de substrato, localizado no núcleo, e o outro de acabamento, localizado no extremo das camadas. Seguindo as recomendações do fabricante, a espessura do revestimento argamassado deve ser de 35 mm, aplicado em ambos os lados do painel (MANUAL DE INSTAÇÃO MONOLIT, 2022); assim, adotou-se este valor como espessura (Figura 68b) para o revestimento argamassado e 5 mm para a pintura. Por fim, manipula-se as informações de identidade, gráfico e aparência de cada material (Figural 68c), conforme realizado na concepção do painel em EPS.

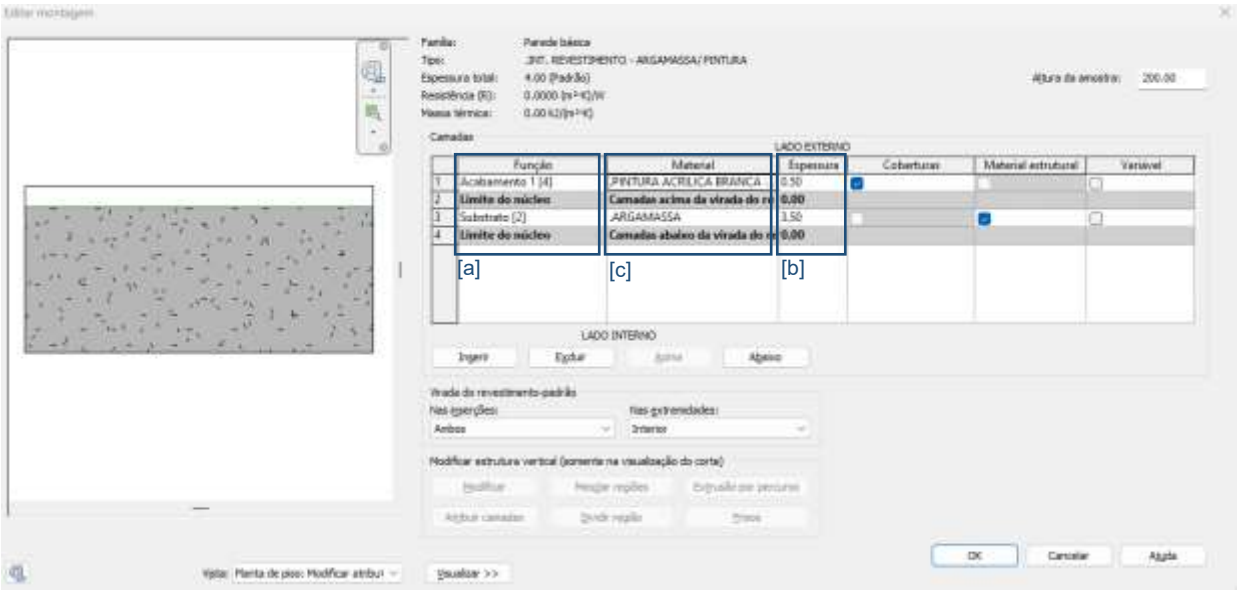


Figura 68 - Configuração do revestimento e acabamento das paredes
Fonte: Autoria própria, 2023.

Assim, seguindo o mesmo princípio, criou-se um tipo para cada acabamento previsto em projeto. Após configurado os revestimentos, seguiu-se inserindo-os rente as placas de EPS, de modo que a malha de aço se situe no interior da argamassa (Figura 69).

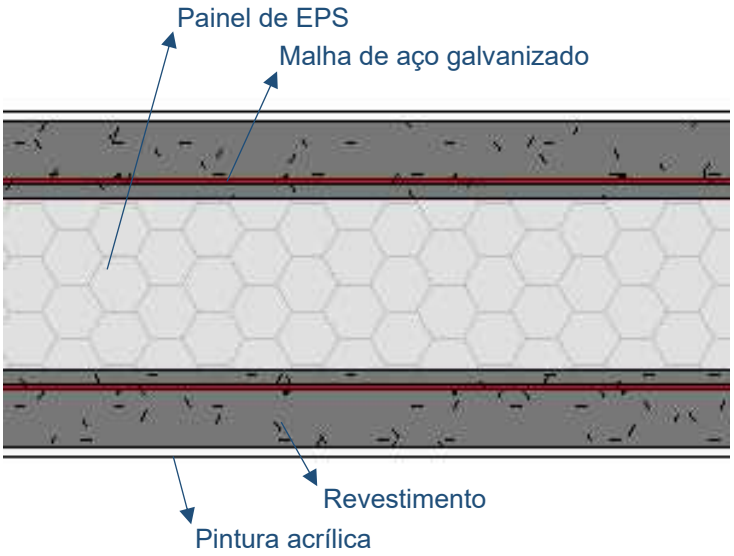


Figura 69 - Corte da parede para visualização do painel de EPS + malhas de aço + revestimento argamassado e acabamento
Fonte: Autoria própria, 2023.

5.6.2 Piso

Para a modelagem do revestimento e acabamento dos pisos, seguiu os mesmos procedimentos conforme mencionado no tópico ‘5.5.1 Paredes’, com a exceção de, primeiramente, ter-se desenhado o contrapiso e, posteriormente, o acabamento, sendo ambos criados a partir de uma família de piso arquitetônico.

No contrapiso, adotou-se uma espessura padrão de 4 cm para todas as áreas, (exceto na área de banho, onde aplicou-se um contrapiso de 3 cm para obter-se o desnível de 1 cm do box), sendo desenhado o perímetro a ser preenchido pelo material separadamente em cada cômodo, como destacado na Figura 70, para, posteriormente, realizar a modelagem da impermeabilização dos ambientes (áreas molhadas); neste caso, a impermeabilização das áreas molhadas fora considerada juntamente com a estrutura do contrapiso (Figura 71), sendo aplicada nos banheiros, área de serviço, laje impermeabilizada e pisos externos. Outro fator para evitar a modelagem de um contrapiso inteiriço, é por aproximar-se ainda mais a realidade construtiva, pois as paredes são encaixadas diretamente na laje, refletindo, assim, no quantitativo dos materiais.

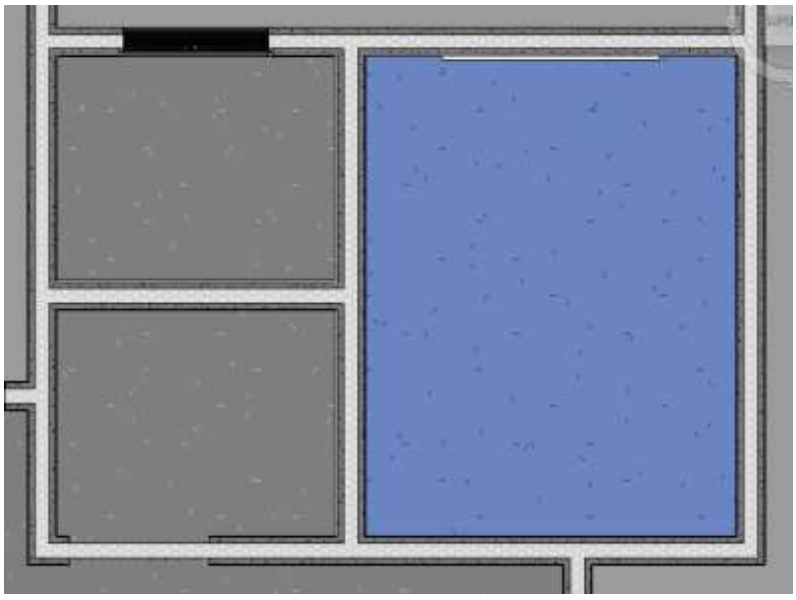


Figura 70 - Contrapiso modelado por ambiente
Fonte: Autoria própria, 2023.

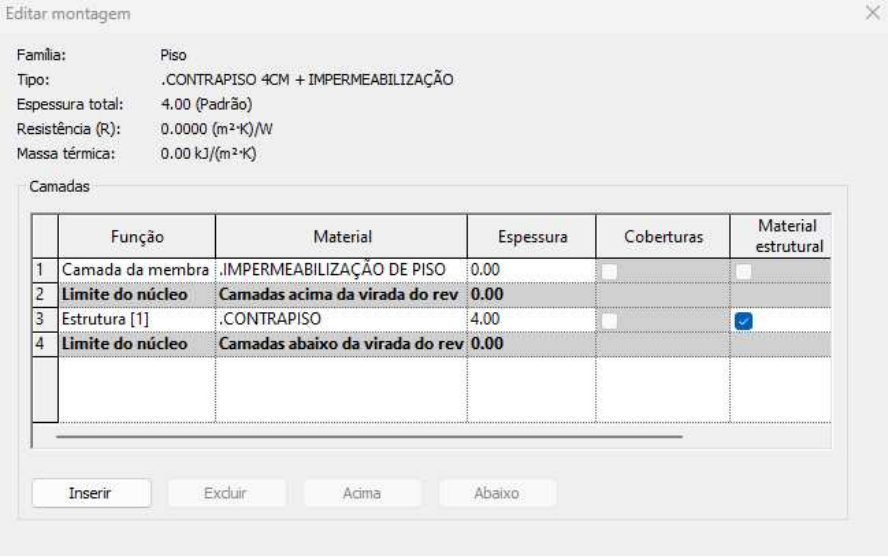


Figura 71 - Configuração do contrapiso de 4 cm + impermeabilização aplicado nas áreas molhadas
Fonte: Autoria própria, 2023.

Adotou-se revestimento cerâmico do tipo porcelanato nas áreas do térreo e áreas molhadas do pavimento superior, podendo observar os detalhes do acabamento, tanto de piso, quanto da parede, na Figura 72. Nas áreas íntimas, optou-se pelo revestimento em piso laminado. Vale ressaltar que, os acabamentos adotados para o sistema de construção em EPS, segue os mesmos critérios que de uma edificação executada em alvearia tradicional.

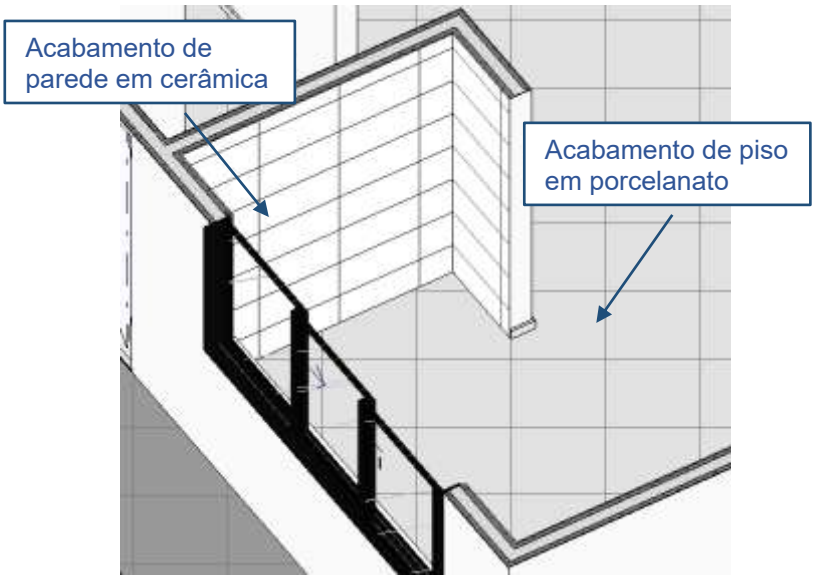


Figura 72 - Detalhe dos acabamentos cerâmicos de parede e piso
Fonte: Autoria própria, 2023.

5.6.3 Teto

Para o acabamento de teto, adotou-se o forro em gesso, com uma altura de deslocamento de 273 cm em relação ao piso acabado. O elemento forro de gesso fora criado a partir da família ‘forro composto’, alterando o material da estrutura para ‘placa de gesso’, o qual adotou-se uma espessura de 2 cm, conforme observado na Figura 73.

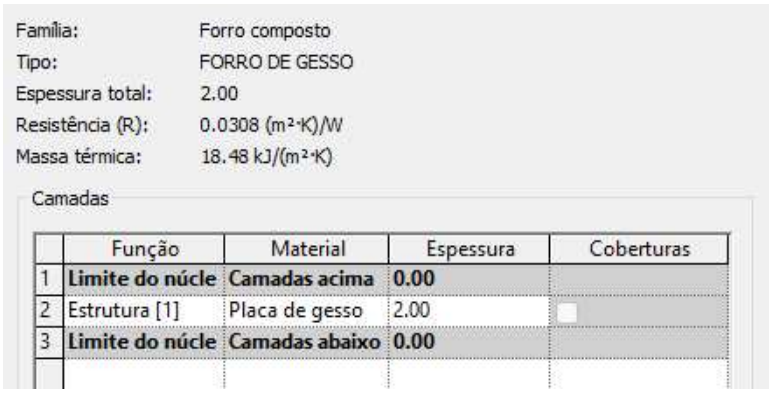


Figura 73 - Configuração do material 'forro de gesso'
Fonte: Autoria própria, 2023.

Além de trazer um acabamento refinado ao ambiente, o forro em placa, independente do material, possibilita a ocultação da laje pré-moldada (Figura 74) com maior facilidade, pois, por trata-se de uma superfície irregular, demandaria um maior trabalho para realizar o nivelamento e revestimento argamassado, levando em consideração, ainda, a dificuldade para realizar estes serviços em teto.

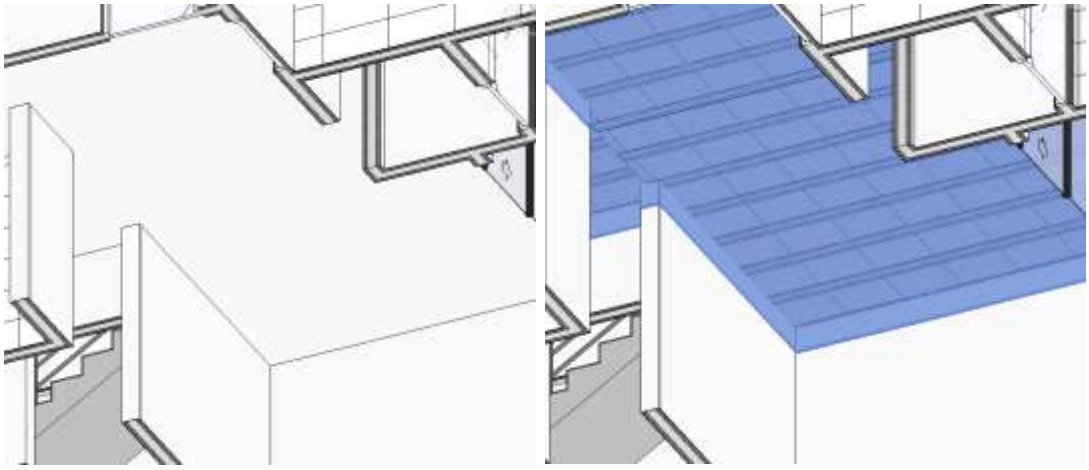


Figura 74 - Aplicação do forro de gesso nos ambientes (visualização superior)
Fonte: Autoria própria, 2023.

5.7 Cobertura

Empregou-se para a cobertura a estrutura simples de madeira sobre a laje, realizando o fechamento em telha de fibrocimento (Figura 75). Nesta a etapa, destaca-se importância da inserção de calhas, para que não haja o acúmulo de águas pluviais na cobertura.

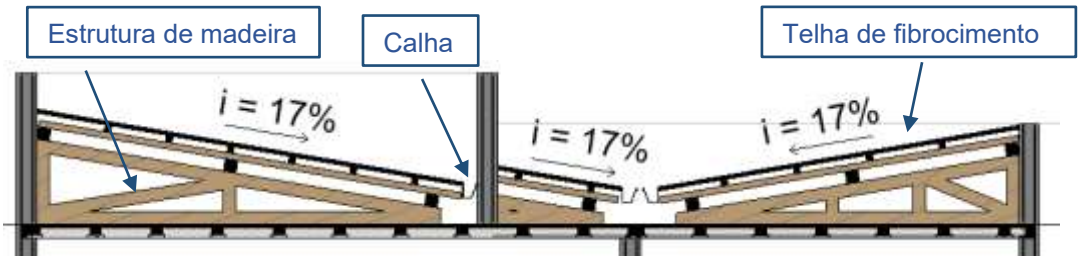


Figura 75 – Talhamento da cobertura com telha de fibrocimento estruturada em trama de madeira
Fonte: Autoria própria, 2023.

5.8 Análise da modelagem

Ao executar a modelagem dos painéis monolíticos de EPS, realizando o máximo de detalhamento, dentro dos limites das ferramentas fornecidas pelo *software* e, principalmente, o seu domínio, possibilitou a melhor visualização dos elementos.

Porém, como observado no decorrer do desenvolvimento da modelagem do sistema construtivo em painéis de EPS empregando Revit, a ferramenta demonstrou-se não sendo ideal para o seu desenvolvimento detalhado, pois tornou-se um serviço extremamente manual, o que tornaria o seu uso inviável para a elaboração de projetos voltado à execução de obra.

Um dos maiores obstáculos para a realização da modelagem do sistema construtivo em EPS foi a execução das malhas de aço e vergalhões, principalmente, devido a necessidade de realizar a modelagem das armaduras de variados padrões em áreas que não contempla uma mesma superfície e, em sua grande maioria, fora dos elementos estruturais, como, por exemplo, as malhas de reforço em 'L', que, por sua vez, impossibilita o uso das ferramentas padrões de ‘estrutura’ e ‘aço’. Além disso, por mais que o estudo em questão trouxe como enfoque apenas a disciplina de arquitetura, o próprio sistema construtivo exige do profissional um grande domínio nas ferramentas estruturais e, ainda, seria necessário o uso de outros *softwares* específicos da disciplina para completar o déficit de recursos do Revit.

Neste sentido, uma alternativa aos profissionais que empregam diariamente o processo construtivo em EPS e que necessitam do desenvolvimento do projeto arquitetônico, seria a criação de famílias paramétricas para cada componente do sistema, refletindo em modelos mais otimizados e detalhados. Unido a este fator, a especialização dos recursos estruturais, tanto no Revit quanto em outros *softwares* da área, é indispensável, devido ao encadeamento de malhas de aço.

Por fim, apesar das dificuldades, foi possível desenvolver um trabalho visual e didático, como se pode observar no decorrer do desenvolvimento da modelagem do sobrado, bem como nas pranchas do projeto arquitetônico, cortes e elevações (em anexo), os quais teve como destaque os materiais em EPS. Vale ressaltar que, devido a isenção de elementos estruturais como, por exemplo, pilares e vigas, optou-se por não realizar a modelagem dos elementos pertinentes ao projeto hidrossanitário e elétrico, pois não haveriam grandes incompatibilidades entre as disciplinas, focando, assim, apenas no projeto arquiteto e detalhamento do processo construtivo. Além disso, por tratar-se de uma residência de pequeno porte, as poucas passagens dos embutidos através da laje podem ser facilmente ajeitadas de maneira a perfurar somente os blocos de EPS, componente destinado apenas com a funcionalidade de enchimento.

6 CONCLUSÃO

Sabe-se que o mundo industrializado possibilitou uma maior comodidade ao ser humano. Em contrapartida, tem-se como desvantagem o consumo desenfreado dos recursos naturais que, em sua maioria, não se renovam. A construção civil, apesar de grande propulsora da economia, é um dos setores que mais contribui no consumo destes materiais, bem como a geração de resíduos sólidos e gasosos, os quais ocasionam a poluição do meio ambiente. Tendo em vista a necessidade da reformulação do modo como o homem constrói, diversos sistemas construtivos industrializados vêm ganhando espaço no mercado como, por exemplo, o sistema construtivo em painéis de poliestireno expandido (EPS).

Baseado em uma estrutura sanduíche, as placas formadas pelo núcleo em EPS envolto por malhas de aço, tem como seu principal componente (o poliestireno expandido), um material não poluente, 100% renovável e que proporciona um maior isolamento termoacústico da edificação. Além disso, por tratar-se de um elemento industrializado e leve, propicia uma construção mais rápida, limpa e, se aplicado corretamente, economia à obra, quando comparado com a alvenaria tradicional. As malhas de aço unidas ao revestimento argamassado, criam um sistema de micro colunas que, além de proporcionar uma distribuição uniforme do carregamento à fundação, oferece a resistência necessária para a construção.

Contudo, apesar de comprovado sua eficácia e segurança e a necessidade da implementação de sistemas alternativos na construção civil, é notória a escassez de referencial teórico bem como normativas que padronizem o processo construtivo em painéis de EPS. Em sua grande maioria, as informações pertinentes ao material e sua aplicação, vem de inciativas privadas fornecedoras do insumo.

Com os estudos de caso analisados em torno do sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS, observa-se a versatilidade da sua aplicação em projetos arquitetônicos e a evolução do seu processo executivo (comparação dos anos 2000 aos dias atuais), evidenciando o emprego pleno de malhas de reforço e a dispensabilidade de cintas de amarração entre os painéis do pavimento inferior e superior. Além disso, atualmente, tem-se a aplicação de novos materiais que facilitam

ainda mais na execução obra como, por exemplo, os painéis de canto e escadas pré-fabricadas em EPS.

Na modelagem do projeto arquitetônico empregando este modelo construtivo, apesar de utilizado um *software* BIM, tornou-se uma atividade extremamente manual. Caso as malhas de aço fossem amarradas e posicionadas aos painéis no canteiro de obra, a modelagem realizada seria de suma importância para a extração da quantidade de aço necessário para a aquisição do material; porém, atualmente, estes painéis vêm montados de fábrica. Uma alternativa a este impasse, seria a criação de uma família paramétrica para a inserção dos painéis, o que, contudo, exige do profissional um conhecimento avançado no Revit. Neste sentido, torna-se inviável a projeção detalhada do sistema construtivo em EPS no Revit nos moldes apresentados, resultando em algo mais educativo e visual do que realmente exequível.

Como indicação de novos estudos, tem-se a criação de famílias parametrizadas dos componentes do sistema construtivo em EPS, os quais resultariam num projeto totalmente aplicável em obra, além de possibilitar a extração mais assertiva dos quantitativos de materiais.

REFERÊNCIAS

ACOMAIS. **Site da AÇOMAIS**, 2023. Malha Pop: Como e por que utilizar na obra. Disponível em: <https://acomais.com.br/malha-pop-como-utilizar/>. Acesso em: 03 jun. 2023.

AECWEB. **Site da AECweb**, 2023a. Saiba como montar os painéis monolíticos de EPS na obra. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/saiba-como-montar-os-paineis-monoliticos-de-eps-na-obra/19235>. Acesso em: 03 jun. 2023.

ALEIXO, H. S. P.; SILVA JUNIOR, L. A. Compatibilização de projetos utilizando a ferramenta BIM aplicada na modelagem de uma residência unifamiliar. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, Ponta Grossa, v. 11, n. 2, p. 37 – 148, ago. 2019. Disponível em: <https://revistas.uepg.br/index.php/ret/article/view/13412/209209211229>. Acesso em: 03 jun. 2023.

ALVES, J. P. O. **Sistema construtivo em painéis de EPS**. 2015. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2015.

APL ENGENHARIA. **Site da APL Engenharia**, 2019. Fundação radier: Como funciona e quais são os seus benefícios?. Disponível em: <https://blog.apl.eng.br/fundacao-radier-como-funciona-e-quais-sao-os-seus-beneficios/ >. Acesso em: 03 jun. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-5: Desempenho térmico de edificações.** Parte 5: Medições da resistência térmica e de condutividade térmica pelo método fluximétrico**.** Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho.** Rio de Janeiro, 2013.

AUTODESK. **Site da Autodesk**, 2023a. Projete e construa com BIM: Modelagem de informação da construção. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/solutions/bim>. Acesso em: 03 jun. 2023.

AUTODESK. **Site da Autodesk**, 2023b. Vantagens da BIM: Quais são os benefícios da BIM?. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/solutions/bim/benefits-of-bim>. Acesso em: 03 jun. 2023.

AUTODESK. **Site da Autodesk**, 2023c. O que é o Revit?. Disponível em: <https://www.autodesk.com.br/products/revit/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>. Acesso em: 03 jun. 2023.

AUTODESK. **Site da Autodesk**, 2023d. Ferramentas de BIM para arquitetos. Disponível em: < https://www.autodesk.com.br/products/revit/architecture>. Acesso em: 03 jun. 2023.

BARRETO, B. V. *et al.* O BIM no cenário de arquitetura e construção civil brasileiro. **Construindo**, Belo Horizonte, v. 8, n. 2, jul./dez. 2016. Disponível em: <http://revista.fumec.br/index.php/construindo/article/view/4811>. Acesso em: 03 jun. 2023.

BARRETO, M. N. **Casa de EPS**: Edifício residencial em painéis monolíticos de poliestireno expandido. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Arquitetura e Urbanismo) - Curso de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

BARTH, F; VEFAGO, L. H. Tecnologia de fachadas pré-fabricadas. **ArquiTextos**, São Paulo, ano 08, n. 092.07, jan. 2008. Disponível em: <https://vitruvius.com.br/revistas/read/arquitextos/08.092/178Possibilidade>. Acesso em: 03 jun. 2023.

BERTOLDI, R. H. **Caracterização de sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço**: Dois estudos de caso em Florianópolis. 2007. Trabalho de Conclusão do Curso (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BERTOLINI, L. **Materiais de construção: patologia, reabilitação, prevenção**. Trad. Leda Maria Marques Dias Beck, São Paulo: Oficina de textos, 2010.

BRASIL. Decreto Nº 10.306, de 2 de abr. de 2020. Estabelece a utilização do *Building Information Modelling* na execução direta ou indireta de obras e serviços de engenharia realizada pelos órgãos e pelas entidades da administração pública federal, no âmbito da Estratégia Nacional de Disseminação do *Building Information Modelling*- EstratégiaBIMBR, instituída pelo Decreto nº 9.983, de 22 de agosto de 2019. **Diário Oficial da União**, Brasília, v. 65, p. 5, abr. 2020.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Site oficial do Ministério do Meio Ambiente**, 2023. Construção Sustentável. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/planejamento-ambiental-e-territorial-urbano/urbanismo-sustentavel/constru%C3%A7%C3%A3o-sustent%C3%A1vel.html>. Acesso em: 03 jun. 2023.

CAMARGO, G. M.; FIGUEIREDO, F. B**. Análise de viabilidade de implementação da vedação com painéis monolíticos de EPS como substituto à alvenaria convencional na cidade de Dourados – MS**. Trabalho de Conclusão do Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2019.

CBIC - CÂMERA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Informativo Econômico**. Brasília, 2021.

COSTA, J. E. M. C.; DALTRO, A. T. Sistemas construtivos industrializados utilizados no brasil: Uma revisão sistemática da literatura. **Encontro em Engenharia da Edificações e Ambiental**, Cuiabá, v. 5, nov. 2017. Disponível em: <https://eventosacademicos.ufmt.br/index.php/eeea/eeea2017/paper/view/5824>. Acesso em: 03 jun. 2023.

COSTA, L. F. T. **Casa de EPS**: análise do uso dos painéis monolíticos de poliestireno expandido em construções residenciais. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário CESMAC, Maceió, 2019.

EPS BRASIL. **Site da EPS Brasil**, 2023. O que é EPS?. Disponível em: <https://www.epsbrasil.eco.br/eps/index.html>. Acesso em: 03 jun. 2023.

FÜHR, A. G. **Análise estrutural e de custos de estruturas de concreto armado com vedações verticais com painéis monolíticos em EPS e com blocos cerâmicos**. 2017. Trabalho de Conclusão do Curso (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2015.

GABRIEL, A. H. *et al.* Estudo da Viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na Produção de Edificações. **RUNA:** Repositório Universitário da Ânima, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/17298>. Acesso em: 03 jun. 2023.

GASPAR, J. A. M. **O significado atribuído a BIM ao longo do tempo.** Trabalho de Conclusão de Curso (Mestrado em Arquitetura, Tecnologia e Cidade) - Curso de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Unicamp, Campinas, 2019.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 3 ed. São Paulo: Editora Atlas S. A., 1991.

GOMES, J. B. M.; OLIVEIRA, L. G. P.; GOMES, O. D. B. Sistema Construtivo em Painel Monolítico em EPS: Estudo do Processo Executivo. **RUNA:** Repositório Universitário da Ânima, 2021. Disponível em:

<https://repositorio.animaeducacao.com.br/handle/ANIMA/19366>. Acesso em: 03 jun. 2023.

GOMES, J. O.; LACERDA, J. F. S. B. Uma visão mais sustentável dos sistemas construtivos no Brasil: Análise do estado da arte. **Revista E-TECH**: Tecnologias para Competitividade Industrial, Florianópolis, v. 7, n. 2, p. 167 – 186, jul. 2014. Disponível em: <https://etech.sc.senai.br/revista-cientifica/article/view/469/357>. Acesso em: 03 jun. 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍTICA. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção 2020**. Brasil, 2022.
ISOCORTE. **Site da Isocorte**, 2023. Loja Virtual. Disponível em: <https://isocorte.com.br/produto/kit-escada-facil-de-isopor-eps-com-16-degraus/>. Acesso em: 03 jun. 2023.

ISOFORTE. **Site da Isoforte**, 2023. Monopainel de EPS (Isopor) Grupo Isofort. Disponível em: <https://isofort.com.br/p/monopainel/#local>. Acesso em: 03 jun. 2023.

JOHN, V. M. Materiais de Construção e o Meio Ambiente. In: JOHN, V. M. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** 3 ed. São Paulo: IBRACON, cap. 4, 2017.

JR CONSTRUÇÕES. **3 segredos antes de rebocar a parede de EPS - Casa de Isopor #parte15**. YouTube, 09 abr. de 2021e. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Z8SiS5DAdOc&list=PLCts35EV1FL1dq4kXjQreNX1IC2ZeIXwq&index=26>. Acesso em: 03 jun. 2023.

JR CONSTRUÇÕES. **Aprenda a montar as paredes. Casa de Isopor #parte11**. YouTube, 03 mar. de 2021b. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=l5zI5thJgT4&list=PLCts35EV1FL1dq4kXjQreNX1IC2ZeIXwq&index=22>. Acesso em: 03 jun. 2023.

JR CONSTRUÇÕES. **Como iniciar as paredes. Casa de Isopor #parte10**. YouTube, 25 fev. de 2021a. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rSBKP5RSXe8>. Acesso em: 03 jun. 2023.

JR CONSTRUÇÕES. **Como passar os eletrodutos nas paredes de Isopor. Casa de Isopor parte 14**. YouTube, 06 abr. de 2021d. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=DFV-JAR0nZc&list=PLCts35EV1FL1dq4kXjQreNX1IC2ZeIXwq&index=25>. Acesso em: 03 jun. 2023.

JR CONSTRUÇÕES. **Como prumar e alinhar as paredes de Isopor - Casa de Isopor #parte13**. YouTube, 29 mar. de 2021c. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=LSrJjSinF5k&list=PLCts35EV1FL1dq4kXjQreNX1IC2ZeIXwq&index=24>. Acesso em: 03 jun. 2023.

JR CONSTRUÇÕES. **Primeira camada de argamassa na parede de EPS - Casa de Isopor #parte16**. YouTube, 13 abr. de 2021f. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SGUvjiN0DYA&list=PLCts35EV1FL1dq4kXjQreNX1IC2ZeIXwq&index=27>. Acesso em: 03 jun. 2023.

KINGSPAN ISOESTE. **Manual de Instalação Monolit**. v. 7, p. 01 – 33, set. 2022.

KINGSPAN ISOESTE. **Site da Kingspan Isoeste**, 2023a. Loja Online. Disponível em: <https://loja.kingspan-isoeste.com.br/>. Acesso em: 03 jun. 2023.

KINGSPAN ISOESTE. **Site da Kingspan Isoeste**, 2023b. Lajota EPS Especial. Disponível em: <https://kingspan-isoeste.com.br/lajota-eps-especial/>. Acesso em: 03 jun. 2023.

MATEUS, R. F. M. S. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 2004. Trabalho de Conclusão do Curso (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Minho, Braga, 2004.

MERRIAM, S. B. TISDELL, E. J**. Qualitative research: A guide to design and implementation**. 8 ed. San Francisco: Jossey-Bass, 2016 *apud* MATTAR, J.; RAMOS, D. K. (2021).

MINISTÉRIO DA CIDADE. **Diretriz Sinat nº 011**: Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa, microconcreto ou concreto. Brasília, jun. 2014.

MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO. **NBE CT-79: Norma básica de la edificación.** Condiciones térmicas en los edificios. 1. ed. Madrid: Ministerio de Obras Publicas Y Urbanismo, 1979.

MONOPAINEL. **Site do Monopainel**, 2023. Linha Monopainel. Disponível em: < https://monopainel.com.br/nossos-produto>. Acesso em: 03 jun. 2023.

MUNDO ISOPOR. **Site do Mundo Isopor**, 2023. EPS Isopor: Da produção ao descarte. Disponível em: <https://www.mundoisopor.com.br/downloads/ebook-eps-isopor.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2023.

NASCIMENTO, F. P. Classificação da Pesquisa. Natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos. In: NASCIMENTO, F. P. **Metodologia da Pesquisa Científica:** teoria e prática – como elaborar TCC**.** Brasília: Thesaurus, cap. 6, 2016.

PRAVESI, D.; PFÜTZRENREUTER, A. H.; KUHN, J. A. Estudo comparativo dos sistemas construtivos Light Steel Frame e de placas monolíticas de poliestireno expandido. **XIII FAAP:** Fórum Ambiental da Alta Paulista, Tupã, v. 13, p. 50 – 58, jul. 2017.

PRESENCE. **Site do Grupo Presence**, 2023. Informativo. Disponível em: <https://grupopresence.com.br/laje-trelicada>. Acesso em: 03 jun. 2023.

RAMOS, A. T. M. No Japão estão sendo construídas casas de isopor resistentes a terremotos. **Engenharia é**, jul. 2017. Disponível em: <https://engenhariae.com.br/editorial/arquitetura/no-japao-estao-sendo-construidas-casas-de-isopor-resistentes-a-terremotos>. Acesso em: 03 jun. 2023.

RODRIGUES, D. Qualidade dos painéis monolíticos é comprovada por ensaios laboratoriais. Entrevistador: VELOSO, V. **AECweb**, São Paulo, 2023b. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/qualidade-dos-paineis-monoliticos-e-comprovada-por-ensaios-laboratoriais/18672>. Acesso em: 03 jun. 2023.

RODRIGUES, K. C. *et al.* Mapeamento sistemático de referências do uso do BIM na compatibilização de projetos na construção civil. **REEC:** Revista Eletrônica de Engenharia Cilvil, Goiás, v. 13, n. 1, jan./jun. 2017. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/bitstream/ri/17383/5/Artigo%20-%20Karen%20Campos%20Rodrigues%20-%202017.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2023.

ROTH, C. G.; GARCIAS, C. M. G. Construção Civil e a Degradação Ambiental. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v. 7, n. 13, jan./jun. 2009. Disponível em: <file:///C:/Users/ribei/Documents/Eng.%20Civil/2023.1/TCC/2023.1/Referencial%20te%C3%B3rico/169-Texto%20do%20artigo-629-1-10-20111021.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2023.

SILVA, R. G. D. **Viabilidade técnica do sistema construtivo Light Wood Frame na construção de uma unidade habitacional de dois pavimentos. Estudo de caso no município de Arcos-MG**. 2015. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Formiga, Formiga, 2015.

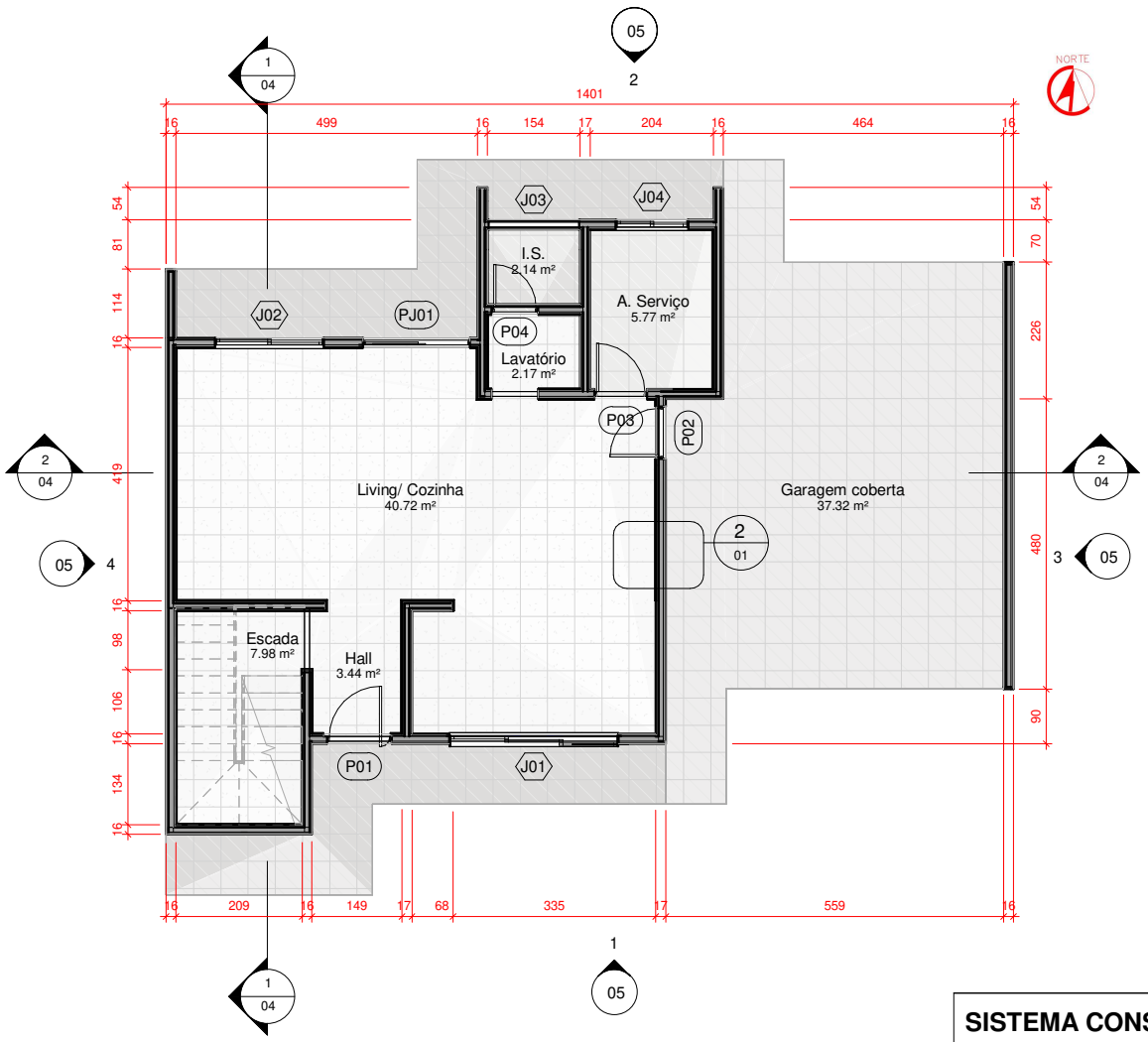
SOUZA JUNIOR, A. M.; MAIA, C. C. L. L.; CORREIO, P. R. P.A. Compatibilização de projeto arquitetônico, estrutural e sanitário: Uma abordagem teórica e estudo de caso. **Monografias Ambientais**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 3236 – 3244, mar. 2014.

Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/12787/pdf>. Acesso em: 03 jun. 2023.

TEMSUSTENTAVEL. **Site da Tem Sustentável**. EPS, uma tendência na construção para um futuro melhor. 2017 *apud* BARRETO, M. N. (2017).

VELOSO, V. Qualidade dos painéis monolíticos é comprovada por ensaios laboratoriais. **AECweb**, São Paulo, 2023. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/qualidade-dos-paineis-monoliticos-e-comprovada-por-ensaios-laboratoriais/18672>. Acesso em: 03 jun. 2023.

ANEXOS – Plantas baixas, cortes, elevações e detalhamentos.



01.PAVIMENTO TÉRREO - PLANTA BAIXA ARQUITETÔNICA - 107,23 M²

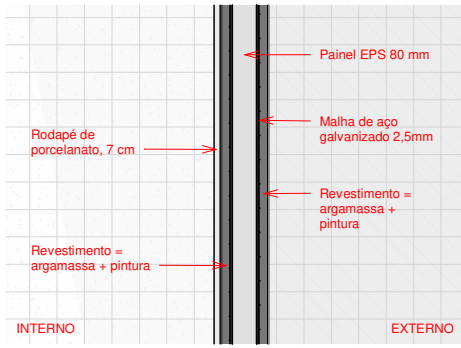
ESCALA: 1 : 75

TABELA DE JANELAS - TÉRREO

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	L (cm)	A (cm)	PEIT. (cm)	QTD.
J01	JANELA DE CORRER, 3 FOLHAS, ALUMÍNIO E VIDRO	280	120	110	1
J02	JANELA DE CORRER, 2 FOLHAS, ALUMÍNIO E VIDRO	180	120	100	1
J03	JANELA BASCULANTE, 2 FOLHAS, ALUMÍNIO E VIDRO	150	70	160	1
J04	JANELA DE CORRER, 2 FOLHAS, ALUMÍNIO E VIDRO	120	120	100	1

TABELA DE PORTAS - TÉRREO

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	A (cm)	L (cm)	QTD.
P01	PORTA PIVOTANTE EXTERNA, 1 FOLHA, MADEIRA BRANCA	210	100	1
P02	PORTA DE ABRIR EXTERNA, 1 FOLHA, MADEIRA BRANCA	210	80	1
P03	PORTA DE ABRIR INTERNA, 1 FOLHA, MADEIRA BRANCA	210	80	1
P04	PORTA DE ABRIR INTERNA, 1 FOLHA, MADEIRA BRANCA	210	70	1
PJ01	PORTA DE CORRER EXTERNA, 2 FOLHAS, ALUMÍNIO E VIDRO	230	170	1



A1. DETALHE DAS CAMADAS DO PAINEL DE EPS

ESCALA: 1 : 15

SISTEMA CONSTRUTIVO EM EPS

DESCRIÇÃO DA PRANCHA

PLANTA BAIXA E DETALHAMENTO EXECUTIVO

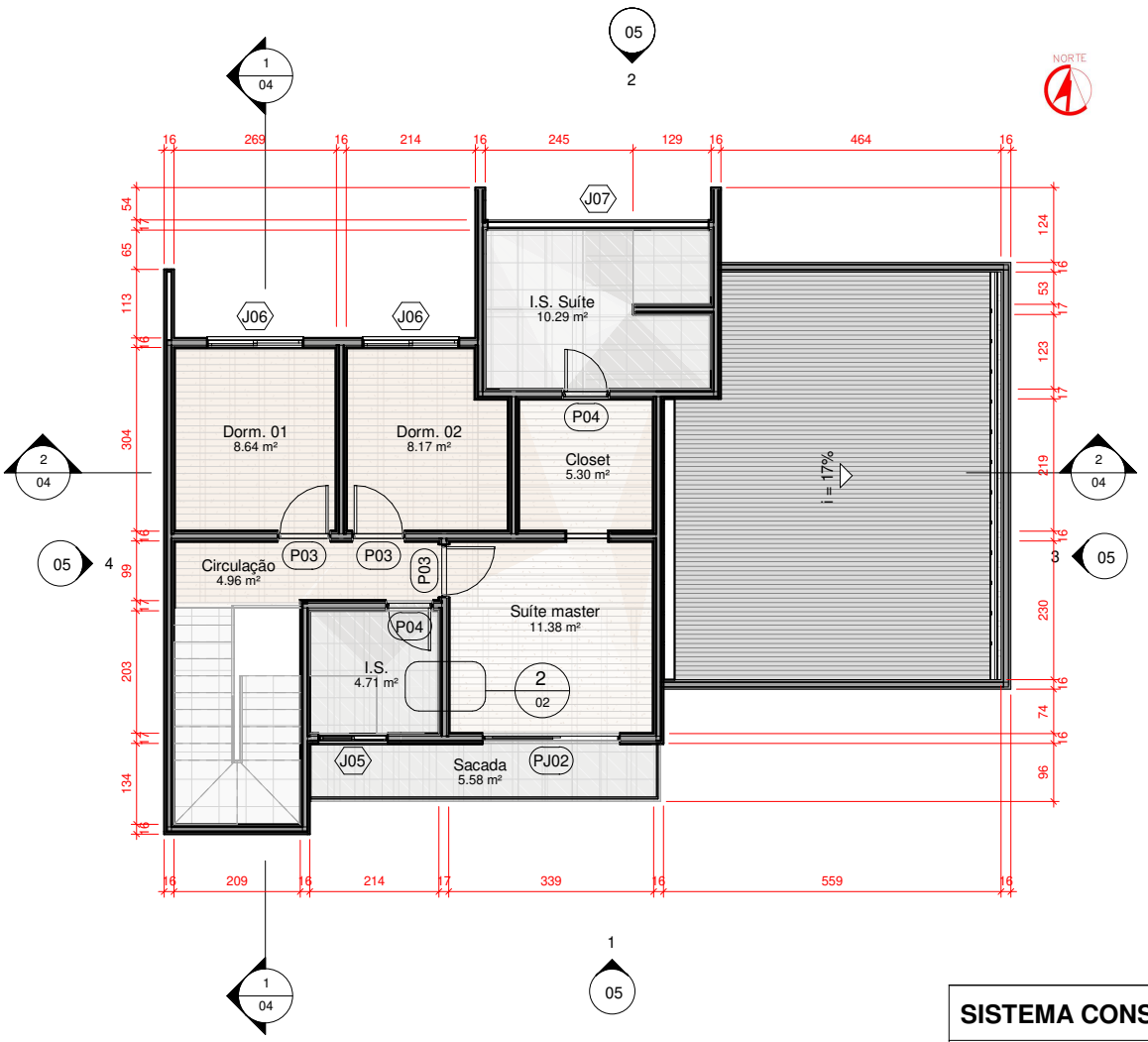
PAVIMENTO TÉRREO

REVISÃO: R1 - 07/06/2023 Thais Ribeiro

NOME DO ARQUIVO:

PRANCHA 01

ESCALA Como indicado



02.PAVIMENTO SUPERIOR - PLANTA BAIXA ARQUITETÔNICA - 68,11 M²

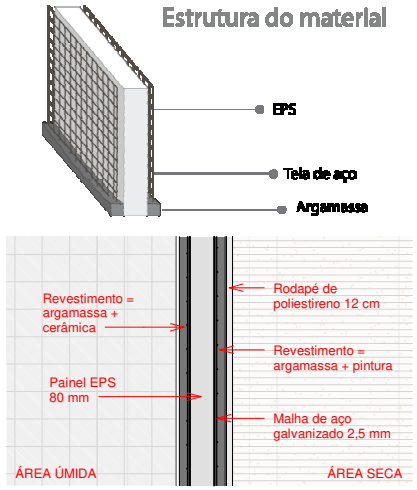
ESCALA: 1 : 75

TABELA DE JANELAS - PAVIMENTO SUPERIOR

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	L (cm)	A (cm)	PEIT. (cm)	QTD.
J05	JANELA DE CORRER, 2 FOLHAS, ALUMÍNIO E VIDRO	120	60	150	1
J06	JANELA DE CORRER, 2 FOLHAS, ALUMÍNIO E VIDRO	160	120	120	2
J07	JANELA BASCULANTE, 5 FOLHAS, ALUMÍNIO E VIDRO	370	60	160	1

TABELA DE PORTAS - PAVIMENTO SUPERIOR

CÓDIGO	DESCRIÇÃO	A (cm)	L (cm)	QTD.
P03	PORTA DE ABRIR INTERNA, 1 FOLHA, MADEIRA BRANCA	210	80	3
P04	PORTA DE ABRIR INTERNA, 1 FOLHA, MADEIRA BRANCA	210	70	2
PJ02	PORTA DE CORRER EXTERNA, 2 FOLHAS, ALUMÍNIO NA COR PRETA COM VIDRO DUPLO DE BAIXA EMISSIVIDADE	230	220	1



A2. DETALHE DAS CAMADAS DO PAINEL DE EPS

ESCALA: 1 : 15

SISTEMA CONSTRUTIVO EM EPS

DESCRIÇÃO DA PRANCHA

PLANTA BAIXA E DETALHAMENTO EXECUTIVO

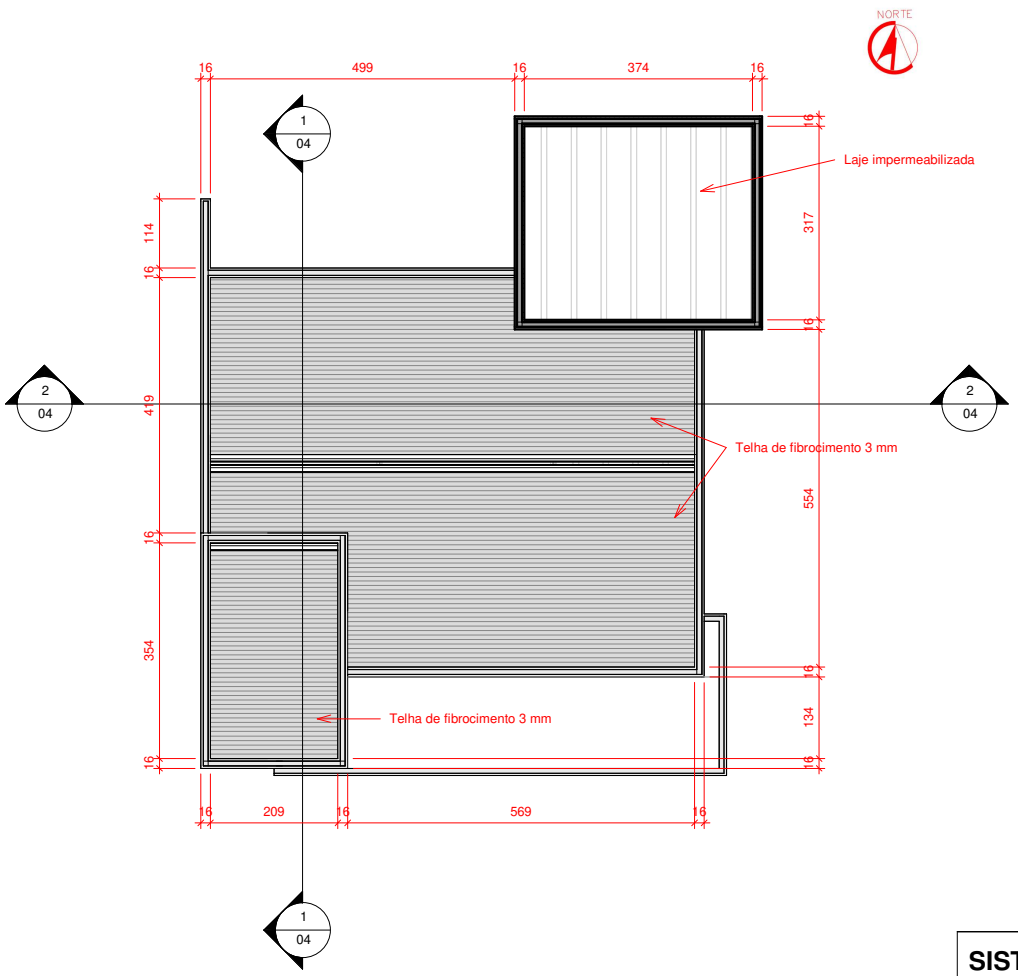
PAVIMENTO SUPERIOR

REVISÃO: R1 - 05/31/23 Thais Ribeiro

NOME DO ARQUIVO:

PRANCHA 02

ESCALA Como indicado



03.COBERTURA - PLANTA BAIXA ARQUITETÔNICA

ESCALA: 1 : 75

LEVANTAMENTO DO MATERIAL DE PAREDE - GERAL

NOME MATERIAL	DESCRIÇÃO	ÁREA (m²)
PAV. TÉRREO		
. TINTA CINZA CLARO		2.95
.ARGAMASSA	Argamassa de cobertura, traço 1:3 (cimento:areia)	290.42
.CERÂMICA 30 X 60 cm	Revestimento "A" 30x60 Idea Bianco Acetinado Portobello	51.13
.EPS	Placa monolítico de EPS, 80x1200x3000mm	176.41
.IMPERMEABILIZAÇÃO DE PAREDE	Impermeabilização polimérica para áreas molhadas internas	51.13
.PINTURA ACRÍLICA BRANCA	Tinta acrílica na cor branca	218.39
.PINTURA ACRÍLICA CINZA CLARO	Tinta acrílica na cor cinza claro	4.51
.REVESTIMENTO CERÂMICO	Revestimento cerâmico para aplicação em fachada	16.40
.TINTA CINZA ESCURO		6.97
PAV. SUPERIOR		
. TINTA CINZA CLARO		5.70
.ARGAMASSA	Argamassa de cobertura, traço 1:3 (cimento:areia)	411.32
.CERÂMICA 30 X 60 cm	Revestimento "A" 30x60 Idea Bianco Acetinado Portobello	64.72
.EPS	Placa monolítico de EPS, 80x1200x3000mm	204.09
.IMPERMEABILIZAÇÃO DE PAREDE	Impermeabilização polimérica para áreas molhadas internas	64.72
.PINTURA ACRÍLICA BRANCA	Tinta acrílica na cor branca	268.87
.PINTURA ACRÍLICA CINZA CLARO	Tinta acrílica na cor cinza claro	61.12
.REVESTIMENTO CERÂMICO	Revestimento cerâmico para aplicação em fachada	16.60
.TINTA CINZA ESCURO		38.34
COBERTURA		
. TINTA CINZA CLARO		9.58
.ARGAMASSA	Argamassa de cobertura, traço 1:3 (cimento:areia)	152.99
.EPS	Placa monolítico de EPS, 80x1200x3000mm	77.72
.PINTURA ACRÍLICA BRANCA	Tinta acrílica na cor branca	132.39
.PINTURA ACRÍLICA CINZA CLARO	Tinta acrílica na cor cinza claro	17.49
.REVESTIMENTO CERÂMICO	Revestimento cerâmico para aplicação em fachada	3.10
.TINTA CINZA ESCURO		21.09
Total geral		2368.17

SISTEMA CONSTRUTIVO EM EPS

DESCRIÇÃO DA PRANCHA

PLANTA BAIXA E LEVANTAMENTO DE MATERIAL

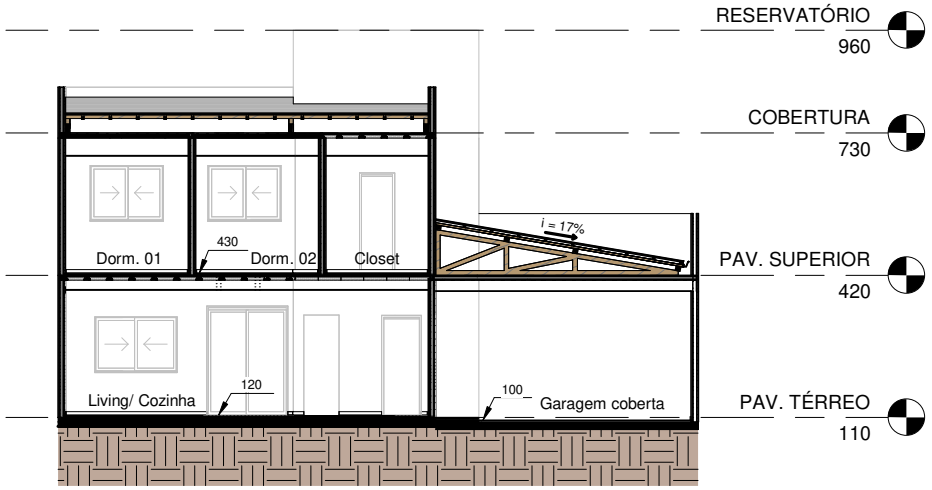
PAVIMENTO COBERTURA

REVISÃO: R1 - 06/05/23 Thais Ribeiro

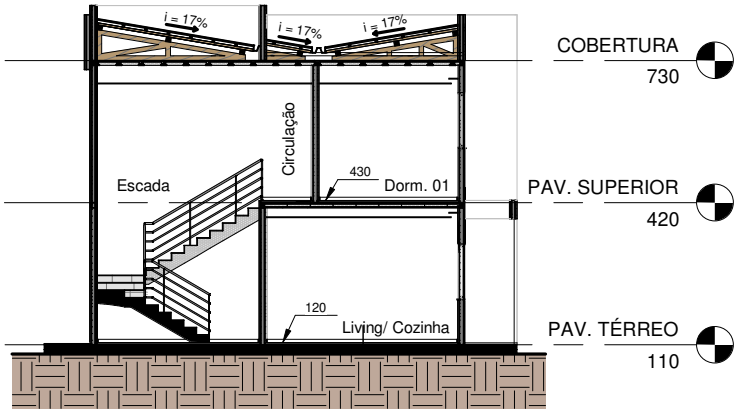
NOME DO ARQUIVO:

PRANCHA 03

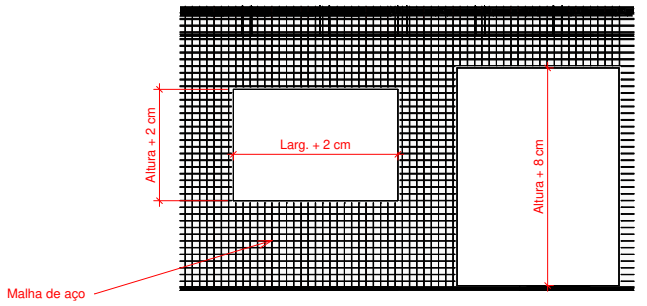
ESCALA 1 : 75



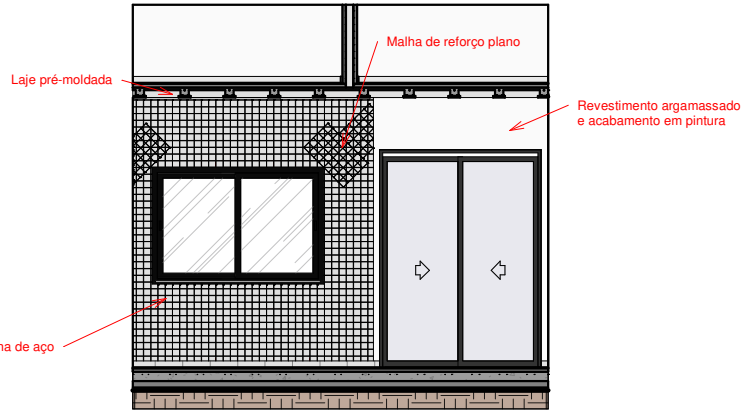
CORTE A
ESCALA: 1 : 100



CORTE B
ESCALA: 1 : 100



DETALHE DO RECORTE DA TELA NOS VÃOS DAS ESQUADRIAS
ESCALA: 1 : 50



DETALHE DAS ARMADURAS DE REFORÇO
ESCALA: 1 : 50

SISTEMA CONSTRUTIVO EM EPS

DESCRIÇÃO DA PRANCHA

CORTES E DETALHE DOS VÃOS DAS ESQUADRIAS

VISÃO GERAL DA EDIFICAÇÃO

REVISÃO: R1 - 06/05/23 Thais Ribeiro

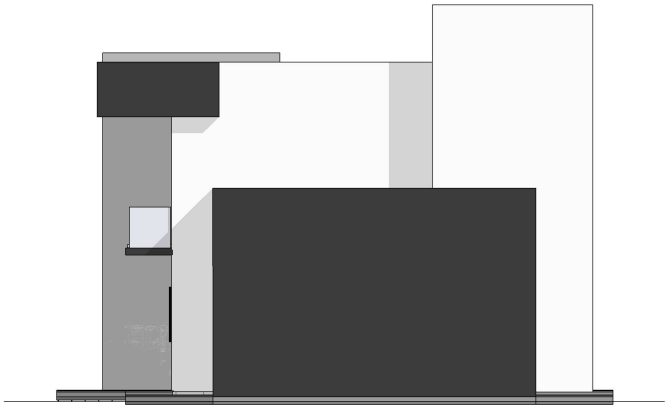
NOME DO ARQUIVO:

PRANCHA 04

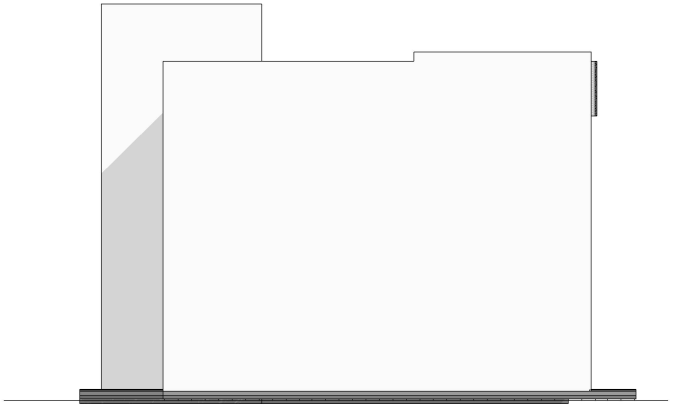
ESCALA Como indicado

01. ELEVAÇÃO FRONTAL
ESCALA: 1 : 100

02. ELEVAÇÃO POSTERIOR
ESCALA: 1 : 100



03. ELEVAÇÃO LATERAL DIREITA
ESCALA: 1 : 100



04. ELEVAÇÃO LATERAL ESQUERDA
ESCALA: 1 : 100

SISTEMA CONSTRUTIVO EM EPS

DESCRIÇÃO DA PRANCHA

ELEVAÇÕES

VISÃO GERAL DA EDIFICAÇÃO

REVISÃO: R1 - 06/05/23 Thais Ribeiro

NOME DO ARQUIVO:

PRANCHA 05

ESCALA 1 : 100