



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAPÁ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE GRADUAÇÃO**  
**DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS**  
**CURSO DE BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL**

**ADRIEL FELIPE BARRETO PIRES**

**ANÁLISE PRELIMINAR COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE O SISTEMA  
CONSTRUTIVO EM PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS E A ALVENARIA  
CONVENCIONAL, APLICADA A PROJETO DESENVOLVIDO EM AMBIENTE BIM**

**MACAPÁ-AP**

**2026**

ADRIEL FELIPE BARRETO PIRES

**ANÁLISE PRELIMINAR COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE O SISTEMA  
CONSTRUTIVO EM PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS E A ALVENARIA  
CONVENCIONAL, APLICADA A PROJETO DESENVOLVIDO EM AMBIENTE BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil, Campus Marco Zero, da Universidade Federal do Amapá, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientador(a):** Me. Adenilson Costa de Oliveira

MACAPÁ-AP

2026

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Biblioteca Central/UNIFAP-Macapá-AP  
Elaborado por Cristina Fernandes – CRB-2 / 1569

---

Pires, Adriel Felipe Barreto.  
P667a Análise preliminar comparativa de custos entre o sistema construtivo em Painéis Monolíticos de EPS e a Alvenaria Convencional, aplicada a projeto desenvolvido em ambiente BIM / Adriel Felipe Barreto Pires. - Macapá, 2026.  
1 recurso eletrônico.  
81 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal do Amapá, Coordenação do Curso de Bacharelado em Engenharia Civil, Macapá, 2026.  
Orientador: Me. Adenilson Costa de Oliveira.  
Coorientador: .

Modo de acesso: World Wide Web.  
Formato de arquivo: Portable Document Format (PDF).

1. Análise estrutural (Engenharia). 2. Engenharia de estruturas. 3. Dinâmica estrutural. I. Oliveira, Adenilson Costa de, orientador. II. Universidade Federal do Amapá. III. Título.

CDD 23. ed. – 624.171

---

PIRES, Adriel Felipe Barreto. **Análise preliminar comparativa de custos entre o sistema construtivo em Painéis Monolíticos de EPS e a Alvenaria Convencional, aplicada a projeto desenvolvido em ambiente BIM.** Orientador: Me. Adenilson Costa de Oliveira. 2026. 81 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Engenharia Civil. Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2026.

ADRIEL FELIPE BARRETO PIRES

**ANÁLISE PRELIMINAR COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE O SISTEMA  
CONSTRUTIVO EM PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS E A ALVENARIA  
CONVENCIONAL, APLICADA A PROJETO DESENVOLVIDO EM AMBIENTE BIM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil, Campus Marco Zero, da Universidade Federal do Amapá, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

**Orientador(a):** Me. Adenilson Costa de Oliveira

**Data de aprovação:** 27 de janeiro de 2026.

**Banca examinadora**

---

Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira.  
Orientador – UNIFAP

---

Dr. Alan Cavalcanti da Cunha.  
Examinador interno – UNIFAP

---

Dr. Jamil José Salim Neto.  
Examinador interno – UNIFAP

---

Francisco Xavier Gomes Pantoja Junior.  
Examinador Externo – Engenheiro Civil

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente, agradeço a Deus, pela vida, pela saúde e por me conceder forças em todos os momentos desta jornada na Unifap.

Agradeço à minha querida progenitora, Odete Pereira Barreto, pelo amor incondicional, pelo apoio diário e por sempre acreditar em mim. Seus cuidados como mãe e seu incentivo foram fundamentais para que eu chegasse até aqui.

Registro também, meus agradecimentos ao meu orientador, Prof. Me. Adenilson Costa de Oliveira, pela orientação, paciência, disponibilidade e pelas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho. Seu conhecimento e trabalho foram indispensáveis para a conclusão desta pesquisa.

## RESUMO

O déficit habitacional, o elevado consumo de recursos naturais e a intensa geração de resíduos poluentes provenientes da construção civil impulsionam o desenvolvimento deste trabalho, cujo objetivo é realizar uma análise comparativa econômica entre os métodos construtivos em Alvenaria Convencional/Concreto Armado e o sistema com Painéis Monolíticos de EPS. O estudo busca consolidar metodologias construtivas potencialmente mais eficientes, considerando seus custos diretos, particularidades de insumos e desempenho geral. A comparação é realizada por meio de modelagem digital elaborada na plataforma Revit, utilizando os recursos do processo BIM para a quantificação e extração dos insumos da construção. A pesquisa, em geral, estuda o processo de cada sistema construtivo separadamente, bem como conceitos gerais do processo BIM e de orçamentos/levantamentos de custos. A metodologia adotada consistiu na elaboração de dois modelos BIM de uma mesma residência unifamiliar, diferenciados apenas pelo sistema construtivo utilizado: um em EPS e o outro convencional. A partir desses modelos, os insumos referentes a construção da casa para cada metodologia foram extraídos, possibilitando a mensuração de concreto, de aço, de blocos, de painéis de EPS, de argamassa estrutural e demais componentes. Com base nessas quantificações, uma planilha orçamentária analítica de custos foi gerada, fundamentada em preços referenciais do SINAPI e em composições unitárias adequadas a cada sistema. Os resultados revelam que, para a residência em questão, considerando apenas os elementos exclusivos de cada sistema — estrutura, fundação, vedação e cobertura — o método construtivo com painéis monolíticos de EPS se apresenta como uma boa oportunidade para o ramo de construções de residências unifamiliares semelhantes a estudada, pois apresentou uma economia aproximada de 19,5% em relação ao sistema convencional, sem considerar ainda a redução no tempo de execução e na geração de resíduos e impactos ambientais.

**Palavras-chave:** EPS Estrutural; BIM; Revit; Concreto Armado; Análise Econômica; Sistemas Construtivos.

## ABSTRACT

The housing deficit, the high consumption of natural resources, and the intense generation of polluting waste from the construction industry motivate the development of this study, whose objective is to carry out a comparative economic analysis between the conventional construction method using masonry and reinforced concrete and the construction system with monolithic EPS panels. The study aims to consolidate potentially more efficient construction methodologies, considering direct costs, characteristics of materials, and overall system performance. The comparison is conducted through digital modeling developed on the Revit platform, using BIM process resources for the quantification and extraction of construction inputs. The research analyzes the construction process of each system separately, as well as general concepts related to BIM and cost estimating and quantity takeoff procedures. The adopted methodology consisted of developing two BIM models of the same single-family residence, differing only in the construction system used: one employing EPS panels and the other following the conventional method. Based on these models, the quantities of materials required for each construction methodology were extracted, enabling the measurement of concrete, steel, masonry blocks, EPS panels, structural mortar, and other components. From these quantities, a summarized cost estimate spreadsheet was prepared, based on SINAPI reference prices and unit cost compositions appropriate to each system. The results indicate that, for the analyzed residence and considering only the exclusive elements of each system—foundation, structure, enclosure, and roofing—the construction method with monolithic EPS panels presents an approximate cost reduction of 19,5% compared to the conventional system. This result highlights the potential of the EPS system as a viable alternative for similar single-family residential constructions, even without considering reductions in construction time, waste generation, and environmental impacts.

**Keywords:** Structural EPS; BIM; Revit; Reinforced Concrete; Economic Analysis; Construction Systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Alvenaria Convencional.....	18
Figura 2: Elementos Principais de uma Estrutura .....	19
Figura 3: Instalação dos Complementares na Alvenaria .....	20
Figura 4: Construção em EPS sem Pilares E vigas .....	22
Figura 5: Painel Monolítico em EPS.....	23
Figura 6: Painel Simples .....	25
Figura 7: Painel Duplo.....	25
Figura 8: Painel Piso/Laje.....	26
Figura 9: Painel Escada .....	26
Figura 10: Painel Canto.....	27
Figura 11: Painel Curvo.....	27
Figura 12: Malhas de reforço.....	28
Figura 13: Arranque para o Painel .....	29
Figura 14: Instalações no Painel .....	30
Figura 15: Instalações complementares - Tubulação.....	30
Figura 16: Aplicação por Projeção Pneumática.....	31
Figura 17: Hotel Paradiso Playa.....	34
Figura 18: Construção da AROM - Fazendinha .....	35
Figura 19: Construção da AROM 02 - Fazendinha .....	35
Figura 20: Fluxograma – Metodologia.....	42
Figura 21: Layout Arquitetura .....	44
Figura 22: 3D Arquitetura .....	45
Figura 23: a) Sapatas Isoladas e b) Detalhamento de Sapata .....	46
Figura 24: Radier Armado .....	47
Figura 25: Radier com Arranques .....	47
Figura 26: 3D - Estrutura em concreto armado .....	48
Figura 27: Painel Monolítico em EPS - Detalhamento .....	49
Figura 28: Camadas do Painel - Ferramenta Wall .....	49
Figura 29: Painéis e Esquadrias posicionados.....	50
Figura 30: Malha de Reforço plano .....	50
Figura 31: Malha de Reforço "U" .....	51
Figura 32: Malhas de Reforço Geral, Vista 3D .....	51
Figura 33: a) Cobertura Projeto Original e b) Cobertura Adaptada .....	52

Figura 34: Filtro aplicado ao Concreto .....	53
Figura 35: Estrutura armada.....	55
Figura 36: Coeficiente de armadura - composição de Radier para 1m <sup>2</sup> .....	60

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Composição do Preço .....	40
Tabela 2: Área de Parede - Arquitetura.....	54
Tabela 3: Área de Telhado - Arquitetura .....	54
Tabela 4: Painéis Monolíticos.....	55
Tabela 5: Telhado Metálico .....	55
Tabela 6: Exemplo de Composição do SINAPI .....	58
Tabela A - 1: Quantitativo de Aço - Estrutura .....	73
Tabela A - 2: Aço - Fundação.....	73
Tabela A - 3: Volume de Concreto - Estrutura.....	73
Tabela A - 4: Volume de concreto - Fundação .....	73
Tabela B - 1: Aço – Radier.....	74
Tabela B - 2: Volume de Concreto - Radier .....	74
Tabela B - 3: Volume de Argamassa - Pannel.....	74
Tabela B - 4: Malha de Reforço 01.....	74
Tabela B - 5: Malha de Reforço 02.....	74

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Fundações .....	62
Gráfico 2: Estrutura e Vedação .....	64
Gráfico 3: Cobertura .....	65
Gráfico 4: Composição de Custo do Sistema Convencional .....	65
Gráfico 5: Composição de Custo do Sistema com EPS .....	66
Gráfico 6: Custo total dos Sistemas .....	66

## LISTA DE ABREVIações E SIGLAS

BIM – *Building Information Modeling* – Modelagem da Informação da Construção

CA – Aço para Concreto Armado

CAD – *Computer Aided Design* – Desenho Assistido por Computador

EPS – *Expanded Polystyrene* – Poliestireno Expandido

FCK – *Characteristic Compressive Strength of Concrete* – Resistência Característica à Compressão do Concreto

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

IFC – Industry Foundation Classes

LOD – *Level of Development* – Nível de Desenvolvimento

LOIN – *Level of Information Need* – Nível de Necessidade da Informação

LSF – *Light Steel Frame* – Sistema Construtivo em Aço Leve

LWF – *Light Wood Frame* – Sistema Construtivo em Madeira Leve

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora

PE – *Polyethylene* – Polietileno (utilizado para impermeabilização primária)

SCIP – *Structural Concrete Insulated Panel* – Painel Monolítico Isolado Estrutural

SINAPI – Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil

CRTBIM - Caderno de Requisitos Técnicos BIM

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>1.1</b>	<b>Objetivos .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.2</b>	<b>Objetivos Específicos .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2</b>	<b>Justificativa .....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>17</b>
<b>2.1</b>	<b>Sistemas Construtivos.....</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Sistema em Alvenaria e Concreto Armado .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.1</b>	<b>Características do sistema .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2</b>	<b>Vantagens e desvantagens.....</b>	<b>21</b>
<b>2.3</b>	<b>Sistema em Painéis Monolíticos de EPS .....</b>	<b>21</b>
<b>2.3.1</b>	<b>O Painel .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3.2</b>	<b>Malhas de Reforço.....</b>	<b>27</b>
<b>2.3.3</b>	<b>Processo construtivo .....</b>	<b>28</b>
<b>2.3.4</b>	<b>Vantagens e desvantagens.....</b>	<b>32</b>
<b>2.3.5</b>	<b>Aplicações pelo mundo .....</b>	<b>33</b>
<b>2.3.6</b>	<b>Aplicação no Amapá .....</b>	<b>34</b>
<b>2.4</b>	<b>O Processo BIM .....</b>	<b>36</b>
<b>2.4.1</b>	<b>Conceitos fundamentais do Processo BIM .....</b>	<b>36</b>
<b>2.4.1.1</b>	<b>Softwares utilizados no Processo BIM .....</b>	<b>38</b>
<b>2.5</b>	<b>Orçamentação e estimativa de Custos .....</b>	<b>38</b>
<b>2.5.1</b>	<b>Classificação de orçamentos .....</b>	<b>39</b>
<b>2.5.2</b>	<b>BIM e Levantamento de Custos .....</b>	<b>41</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>42</b>
<b>3.1</b>	<b>Classificação da Pesquisa.....</b>	<b>42</b>
<b>3.2</b>	<b>Objeto de estudo .....</b>	<b>43</b>
<b>3.3</b>	<b>Preparação do ambiente BIM e modelagens.....</b>	<b>45</b>
<b>3.4</b>	<b>Extração de dados e quantitativos .....</b>	<b>53</b>
<b>3.5</b>	<b>Orçamento Analítico de Custos Diretos .....</b>	<b>56</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Base de Dados.....</b>	<b>56</b>
<b>3.5.2</b>	<b>Composições Próprias e Cotações .....</b>	<b>57</b>
<b>3.5.3</b>	<b>Planilha.....</b>	<b>58</b>

3.5.3.1 Sistema em Concreto Armado.....	59
3.5.3.2 Sistema em Painéis Monolíticos de EPS.....	60
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>62</b>
4.1 Da fundação .....	62
4.2 Sobre a estrutura e vedação.....	63
4.3 Da cobertura .....	64
4.4 Análise geral .....	65
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>67</b>
5.1 Limitações do trabalho .....	68
5.2 Sugestões para trabalhos futuros .....	69
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>70</b>
<b>APÊNDICES.....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE A – INSUMOS DO PROJETO ORIGINAL.....</b>	<b>73</b>
<b>APÊNDICE B – INSUMOS DO PROJETO EM EPS.....</b>	<b>74</b>
<b>APÊNDICE C – ORÇAMENTO ANALÍTICO DE CUSTOS DIRETO .....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO A – PLANTA BAIXA .....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXO B – QR CODE.....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil desempenha um papel importante no desenvolvimento socioeconômico e urbano do país. Segundo a Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil (IBGE, 2023), o setor contabilizou a marca de 165,8 mil empresas ativas em todo o país, englobando os segmentos de construção de edifícios, obras de infraestruturas e serviços especializados. Esse conjunto movimentou uma receita bruta total acima de 500 bilhões de reais, mostrando a relevância da atividade na economia do Brasil.

Apesar desse crescimento da indústria da construção civil, o cenário social brasileiro mostra que a efetivação do direito à moradia ainda está distante de atender às pretensões constitucionais. Dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2022) indicam que o número de pessoas em situação de rua aumentou aproximadamente 211% de 2012 para 2022, alcançando cerca de 281 mil indivíduos. Outra pesquisa do IPEA (2025) aponta que mais de 16 milhões de famílias vivem em moradias com inadequações estruturais, como a ausência de banheiro, gerando um custo estimado de quase R\$ 274 bilhões. Em paralelo, o setor da construção civil destaca-se como um dos maiores geradores de resíduos sólidos, frequentemente descartados de forma inadequada, o que resulta em emissão de gases de efeito estufa, elevado consumo de recursos naturais e alto gasto energético (Nascimento et al., 2022).

Diante desse cenário, novas tecnologias e metodologias menos agressivas ao meio ambiente têm sido desenvolvidas para atender à crescente demanda por construções, impulsionada pelo aumento da população. Por isso, é fundamental avaliar sistemas construtivos que se adequem às demandas atuais da construção civil. Conforme destacam Simplício e Narváez (2024), a busca por inovações tecnológicas no setor é impulsionada pela necessidade de soluções que promovam praticidade, redução de custos e melhor desempenho térmico e acústico, sem comprometer os aspectos ambientais.

Nesse sentido, os **painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS)** ganham destaque no Brasil, surgindo como uma alternativa ao sistema construtivo convencional que predomina no país. Entretanto, ainda existem questionamentos quanto à viabilidade econômica do sistema em EPS, quando comparado aos sistemas tradicionais, especialmente em empreendimentos residenciais de pequeno porte.

Diante desse contexto, a metodologia Building Information Modeling (BIM) se destaca por permitir a modelagem da edificação, a extração confiável de quantitativos e a comparação clara entre diferentes sistemas construtivos, contribuindo para uma análise econômica mais consistente e com menor subjetividade. O BIM consiste em uma metodologia que centraliza e integra as informações de todas as etapas do projeto em um modelo virtual, abrangendo dados relevantes para a execução, implantação, manutenção e gestão da edificação, demonstrando elevada eficiência nos processos de quantificação e orçamentação (Gabalde e Cardoso, 2025). Para o desenvolvimento desta pesquisa, utiliza-se o software Revit 2024, disponibilizado pela plataforma Autodesk, o qual possibilita o levantamento dos materiais necessários à construção da edificação analisada.

Dessa forma, este trabalho propõe uma **análise comparativa de custos entre o sistema construtivo convencional, composto por alvenaria e concreto armado, e o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS estrutural**. A análise considera a mesma edificação para ambos os sistemas, utilizando a plataforma Revit como ferramenta BIM para a modelagem e o levantamento quantitativo, enquanto as composições de custos são obtidas a partir de bases de dados referenciais, como o SINAPI. A finalidade é contribuir para a avaliação técnica e econômica de métodos construtivos alternativos.

A hipótese deste estudo é que o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS apresente uma vantagem econômica da ordem de 10% quando comparado ao sistema construtivo convencional em alvenaria e concreto armado, aplicado a uma residência unifamiliar térrea com layout arquitetônico idêntico. A escala do estudo restringe-se a edificações de um único pavimento.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Comparar economicamente o sistema construtivo convencional em alvenaria e concreto armado com o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS estrutural para uma residência unifamiliar térrea, por meio da aplicação da metodologia BIM, visando avaliar a viabilidade econômica entre os métodos analisados.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Modelar a edificação residencial unifamiliar utilizando a plataforma Revit, representando os dois sistemas construtivos estudados;
- Realizar o levantamento dos materiais para a construção da residência unifamiliar descrita, considerando os dois sistemas construtivos.
- Estimar os custos diretos de execução para ambos os sistemas com base em composições e bases de custos referenciadas no SINAPI.
- Comparar os resultados obtidos, identificando diferenças de custo entre os métodos construtivos analisados;
- Avaliar a viabilidade econômica do sistema EPS em comparação ao sistema convencional, considerando o atual contexto da construção civil no local.

## **1.2 Justificativa**

A construção civil, apesar de ser um dos setores mais importantes para o desenvolvimento socioeconômico e urbano do país, enfrenta desafios no contexto brasileiro atual, como o déficit habitacional, o alto consumo de recursos naturais e de energia, a geração de resíduos sólidos e a emissão de gases poluentes. Esses fatores reforçam a necessidade de avaliar e aprimorar os métodos construtivos empregados, buscando alternativas que aliem eficiência econômica, agilidade executiva, redução de impactos ambientais e outras vantagens.

Nesse contexto, o uso de novas tecnologias, como os painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS), representa uma oportunidade de evolução a ser

estudada. Contudo, ainda existem incertezas quanto à sua viabilidade. A comparação entre os sistemas construtivos com painéis monolíticos de EPS e o sistema convencional de concreto armado, utilizando o BIM para o levantamento de materiais e custos, oferece uma visão mais técnica das vantagens e desvantagens de cada método, principalmente no foco econômico.

Assim, este estudo justifica-se por contribuir para a avaliação econômica de métodos construtivos alternativos, através da metodologia amplamente aceita – o BIM, fornecendo subsídios técnicos que podem auxiliar projetistas, construtores e investidores na tomada de decisão, além de fomentar soluções potencialmente mais eficientes, capazes de reduzir custos, impactos ambientais e contribuir para a mitigação do déficit habitacional.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo, será apresentada uma base teórica com foco nos conceitos fundamentais relacionados aos sistemas construtivos abordados neste estudo: o sistema em painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS) e o sistema convencional em alvenaria e concreto armado. Serão exploradas as principais características de cada método, incluindo as aplicações, as vantagens, as desvantagens e os aspectos técnicos, como os processos de construção e suas implicações práticas.

Além disso, será brevemente destacado o uso da tecnologia Building Information Modeling (BIM), ferramenta para a análise comparativa realizada neste trabalho, dada sua capacidade de fornecer dados precisos para análises orçamentárias. Por fim, será feito um panorama geral sobre as práticas de levantamento de custos baseadas em banco de dados SINAPI, a importância da análise econômica no setor e os benefícios da adoção de metodologias mais eficientes e inovadoras.

### 2.1 Sistemas Construtivos

Santos (2017) conceitua sistema construtivo como um conjunto de elementos interconectados que visa um objetivo geral. No Brasil, segundo Soares et al. (2022), o sistema predominante na construção de edificações unifamiliares é o concreto armado, junto com o aço e a madeira. O mais comum nas construções é o sistema porticado em concreto armado, com painéis de alvenaria de vedação, que fazem o preenchimento dos espaços e delimitam os ambientes.

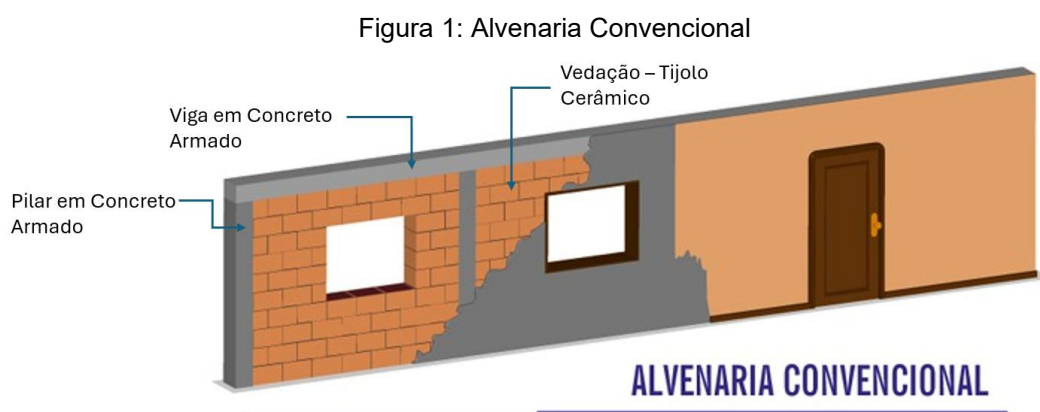
No entanto, a construção civil conta com uma variedade de sistemas construtivos diferentes do método convencional, incluindo Light Steel Framing (LSF), Wood Frame (LWF) e o sistema em painéis monolíticos de EPS. Esses métodos se destacam pela industrialização, rapidez de execução e potencial de redução de resíduos, configurando-se como alternativas viáveis em edificações residenciais (Flores, 2023).

Para a pesquisa e a modelagem em software, é essencial compreender detalhadamente as características e o funcionamento tanto do sistema construtivo convencional quanto do sistema de painéis monolíticos em EPS, incluindo os

componentes e técnicas utilizadas para o avanço desses métodos, bem como suas respectivas vantagens e desvantagens.

## 2.2 Sistema em Alvenaria e Concreto Armado

Dentre os métodos construtivos convencionais, destaca-se o sistema composto por **estrutura em concreto armado e vedações em tijolo cerâmico**. Trata-se de uma técnica consolidada na construção civil, utilizada devido à facilidade de obtenção de matéria-prima e à disponibilidade de mão de obra especializada, bem como à sua durabilidade e versatilidade, conforme ilustra a Figura 1 (Segolin et al., 2023).



Fonte: Adaptado de Blog Astra (2016).

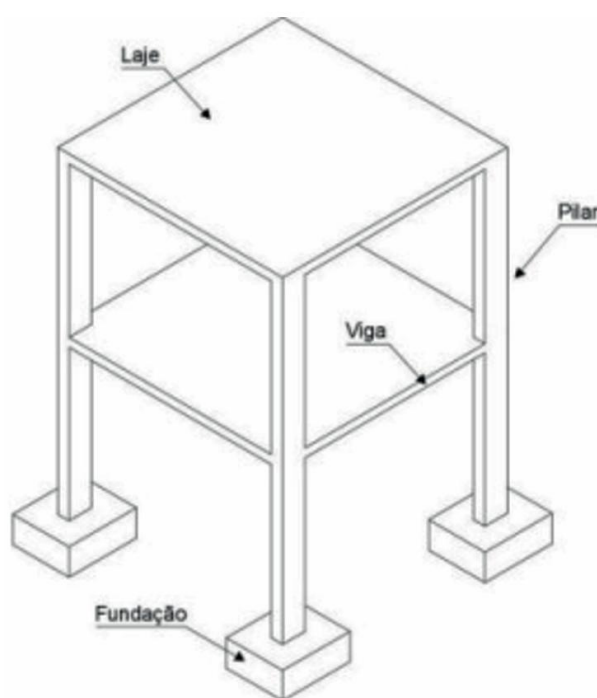
De acordo com Segolin et al. (2023), esse sistema consiste na associação entre barras de aço e concreto, sendo que as ferragens têm como função resistir aos esforços de tração, enquanto a alvenaria exerce o papel de vedação e preenchimento dos vãos. A execução das obras é realizada conforme o projeto estrutural, o qual estabelece parâmetros como a bitola do aço, a resistência do concreto, as seções das vigas e o dimensionamento dos componentes estruturais que irão compor o projeto.

### 2.2.1 Características do sistema

Denomina-se estrutura o conjunto das partes consideradas resistentes de uma edificação. Para que uma estrutura tenha sua capacidade resistente assegurada, é necessário conhecer o comportamento de suas peças ou elementos estruturais. (CLÍMACO, 2008). A NBR 6118 define esses elementos estruturais básicos e os classifica de acordo com a sua forma geométrica e a sua função estrutural.

A estrutura em concreto armado de uma edificação é composta essencialmente por vigas, pilares e lajes, conforme ilustrado na Figura 2. Esses elementos são responsáveis por resistir às cargas impostas à edificação, garantindo sua segurança e estabilidade, enquanto os vãos estruturais são preenchidos por materiais de vedação, geralmente em alvenaria de tijolos cerâmicos (Segolin et al., 2023). A estrutura propriamente dita é constituída por concreto associado a armaduras de aço, tendo suas dimensões definidas em função dos esforços que deverão suportar (Salgado, 2014).

Figura 2: Elementos Principais de uma Estrutura



Fonte: Barbosa (2019)

Outro elemento fundamental do sistema estrutural é a fundação, responsável por receber e suportar todas as cargas provenientes do peso próprio da superestrutura, transmitindo-as ao solo de forma a manter a estabilidade da construção. Para esse resultado, é importante o conhecimento prévio das características do solo, pois este determinará o tipo de fundação mais adequado para suportar tais esforços (Salgado, 2014)

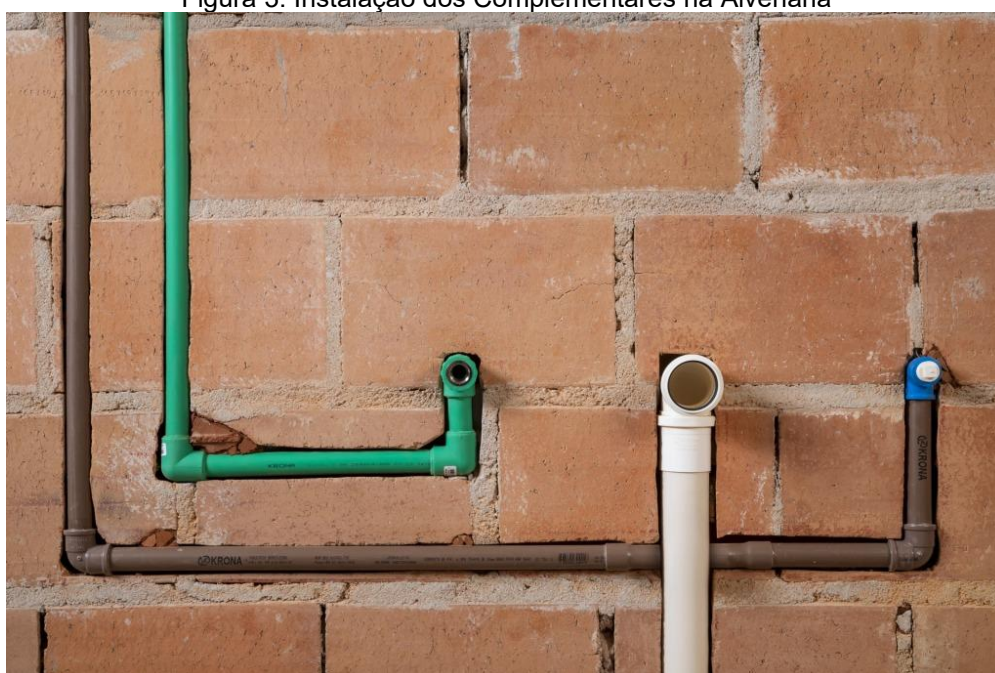
Conforme Bastos (2021) em um sistema estrutural formado por lajes, vigas e pilares, as lajes têm a função de receber a maior parte das cargas da edificação, como pessoas, paredes, pisos e mobiliário, aplicadas perpendicularmente ao seu plano e transmitidas às vigas ou, em alguns casos, diretamente aos pilares. As vigas são

definidas pela NBR 6118 como “elementos lineares em que a flexão é preponderante” (ABNT, 2014, p. 83), sendo descritas por Pinheiro (2007) como barras horizontais que delimitam as lajes, recebem suas ações e as cargas de paredes, distribuindo-as para os apoios. Já os pilares são elementos verticais responsáveis por receber os esforços provenientes das lajes e vigas e transferi-los, em geral, para as fundações, sendo caracterizados pela predominância de esforços normais de compressão (Pinheiro, 2007)

Segundo Segolin et al. (2023), a **alvenaria** pode ser empregada com a finalidade estrutural ou de vedação vertical. O elemento principal é o tijolo cerâmico furado de dimensões 9x19x19 cm, unido por argamassa composta de cimento, areia e água. Na avaliação comparativa do presente estudo, esse item exerce função de vedação vertical e não estrutural, ou seja, não resiste a cargas além do seu próprio peso.

Por fim, as **instalações complementares** são incorporadas à alvenaria por meio de cortes realizados para embutir tubulações, conforme ilustra a Figura 3. Posteriormente, esses rasgos são preenchidos com argamassa. Essa etapa é considerada como um dos principais fatores de geração de desperdícios e sujeira no canteiro de obras (Segolin et al., 2023).

Figura 3: Instalação dos Complementares na Alvenaria



Fonte: Blog Krona (2025).

### **2.2.2 Vantagens e desvantagens**

O concreto armado apresenta vantagens como a versatilidade e adaptabilidade, possibilitando várias formas arquitetônicas, principalmente com o uso de aditivos e da tecnologia de concreto bombeado. A economia também se destaca, devido à disponibilidade de materiais próximos às obras. Ademais, o material possui boa resistência mecânica, tem a capacidade de aumentar sua resistência com o tempo e permite o uso de concretos de alta resistência, reduzindo dimensões estruturais e aumentando a vida útil da edificação (Raimundo et al., 2025).

Por outro lado, o sistema apresenta desvantagens como o peso próprio elevado, que encarecem soluções; a fissuração inevitável, devido à baixa resistência à tração; e o consumo exagerado de formas e escoramentos nos processos convencionais. Além disso, há dificuldades em modificações posteriores, que exigem reforços estruturais, e o fato de o concreto não ser um material inerte, estando sujeito à agressividade do ambiente, o que demanda cuidados quanto ao cobrimento das armaduras (Raimundo et al., 2025).

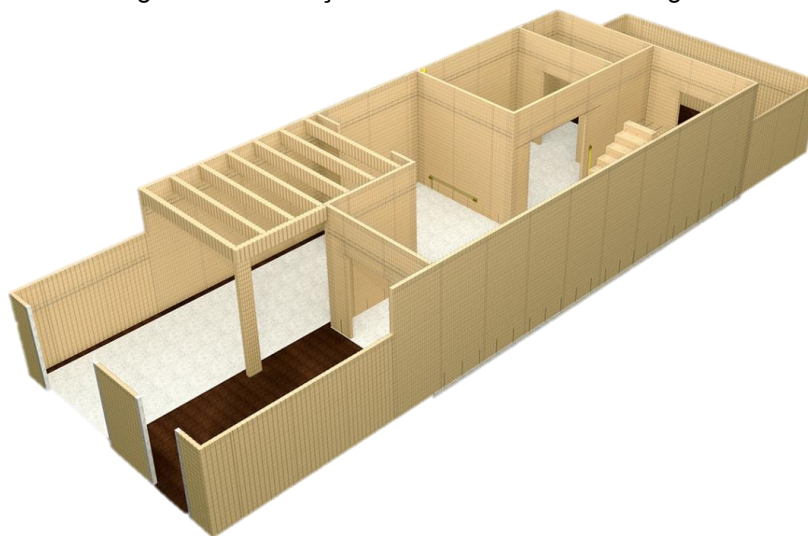
A desvantagem mais importante do sistema está em sua baixa velocidade de execução, as ferramentas de baixa tecnologia empregadas na obra, e as propriedades dos materiais utilizados colaboram para esse tempo de execução maior. O concreto e a argamassa têm seus tempos de secagem e cura que devem ser respeitados, além do retrabalho que é mais comum nesse tipo de sistema, acarretando em uma maior demanda por tempo (Alves, 2015)

### **2.3 Sistema em Painéis Monolíticos de EPS**

O sistema construtivo monolítico em painéis EPS é um método que permite a construção de edifícios e casas, do simples até os complexos, podendo ter até três pavimentos sem a necessidade de ter pilares ou vigas, pois a sua própria estrutura construtiva sustenta a edificação, transmitindo as cargas para as fundações uniformemente (Alves, 2015)

A figura 4 ilustra uma residência em painéis monolíticos de EPS ainda sem a etapa de aplicação de argamassa.

Figura 4: Construção em EPS sem Pilares E vigas



Fonte: Monopainel (2025).

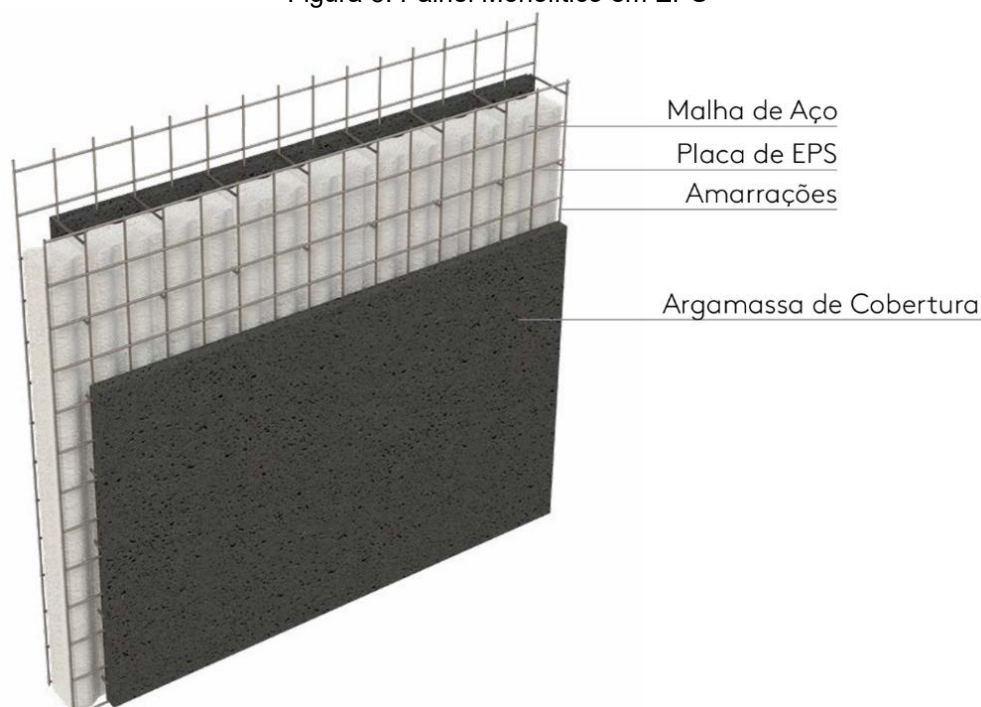
Os painéis monolíticos em EPS (poliestireno expandido) foram desenvolvidos inicialmente na Itália na década de 1980, segundo Simplício e Narváez (2024). Segundo Araújo et al., (2022), na época, o sistema criado foi desenvolvido para atender as exigências técnicas, construtivas e climáticas da Itália, solucionar necessidades específicas locais, com altas temperaturas e outros, com invernos rigorosos, chegando a temperaturas negativas. Ademais, visava atender, também, a solicitações estruturais críticas, como o caso de regiões com abalos sísmicos.

No Brasil, essa técnica foi iniciada nos anos de 1990, quando o sistema construtivo foi submetido a um estudo pelo Instituto de Pesquisa Tecnológicas de São Paulo (IPT), à qual foi sujeitada a todos os testes e ensaios normativos exigidos para validação de sua eficácia (Bertoldi, 2007). Com o passar do tempo, outras empresas passam a oferecer ao mercado produtos similares como o Sistema Hitech, empresa americana que atua no mercado brasileiro. Posteriormente Araújo (2022) afirma que a técnica ganha destaque devido às suas características qualitativas. Devido à sua rapidez na execução, leveza, desempenho estrutural, sustentabilidade, conforto termoacústico, impermeabilidade e baixo custo, os painéis monolíticos vêm se consolidando como uma solução amplamente adotada no setor, especialmente em projetos que buscam aliar qualidade e agilidade na construção.

Este sistema se baseia integralmente em painéis modulares produzidos industrialmente. O sistema construtivo está fundamentado pela união do processo industrial de produção dos painéis de poliestireno expandido e malhas de aço

eletrosoldada, cuja morfologia está desenhada para receber argamassa estrutural na obra, após montagens e instalações (Bertoldi, 2007).

Figura 5: Painel Monolítico em EPS



Fonte: Kingspan Isoeste (2023).

As **malhas de aço** utilizadas no sistema construtivo são feitas de aço de alta resistência, com tensão última superior a 600 MPa, limite de escoamento ( $f_{yk}$ ) maior que 600 N/mm<sup>2</sup> e limite de ruptura ( $f_{tk}$ ) acima de 680 N/mm<sup>2</sup>. As telas, formadas por fios horizontais e verticais, podem variar em diâmetro (de 2 mm a 10 mm) e espaçamento (de 50 mm a 300 mm), conforme a aplicação e as características do painel. Alterações no núcleo de EPS, como densidade e espessura, ou nas malhas de aço, permitem que os painéis adquiram diferentes propriedades, ampliando suas possibilidades de uso em diversas situações construtivas (Bertoldi, 2007).

Apesar de sua modularidade, o sistema apresenta uma ampla gama de painéis industrializados, adaptando-se a diversas necessidades. Variando as dimensões das telas, as características das malhas e fios, e as especificações do núcleo, como densidade, espessura e comprimento, os painéis conseguem materializar todos os elementos estruturais, de fechamento e de acabamento necessários para a execução de uma obra. Essa flexibilidade permite que os painéis se integrem de maneira eficiente a outros sistemas construtivos, oferecendo grande versatilidade e ampliando o alcance de sua aplicação em projetos (Bertoldi, 2007).

### 2.3.1 O Painel

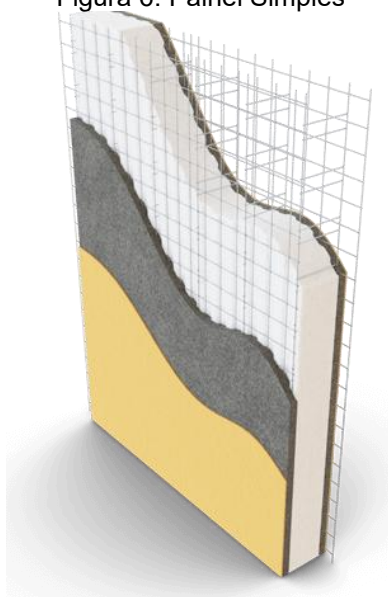
Os painéis monolíticos em EPS são constituídos basicamente por dois materiais: poliestireno expandido (EPS) e aço. O núcleo de EPS é posicionado na linha neutra central da peça e fabricado com densidade específica, utilizando material retardante à chama (Classe F), o que contribui para a eficiência térmica e para a segurança em situações de incêndio. Quando revestido com argamassa ou concreto, o EPS não entra em combustão, e os gases liberados em condições extremas apresentam toxicidade inferior à de outros materiais. A função estrutural do painel é assegurada por duas malhas de aço eletrossoldadas posicionadas nas faces do núcleo, unidas por conectores e complementadas por armaduras transversais, que garantem a ligação, a rigidez e a elevada capacidade de carga do sistema, o qual, após o revestimento, passa a atuar de forma monolítica, sem formação de juntas (Bertoldi, 2007).

Segundo Bertoldi (2007), os painéis em EPS apresentam grande versatilidade e se adaptam a diversas demandas construtivas, podendo ser utilizados também como vedação horizontal, lajes entre pisos, pisos ou coberturas, em formatos planos, inclinados ou em arco. Em alguns casos são adicionados aos painéis, na fase de fabricação ou em sua aplicação em obra, armadura adicional atendendo, assim, maiores necessidades de carregamento. Logo, é possível fabricar uma ampla variedade de painéis, capazes de atender às mais diversas exigências estruturais e arquitetônicas.

Entre os principais tipos de painéis, destacam-se: **Painel Simples, Painel Duplo, Painel Piso, Painel Escada e Painéis Especiais** (Emmedue, 2025).

O Painel Simples é composto por um núcleo de poliestireno expandido (EPS), envolto por uma dupla malha de aço galvanizado unida por conectores, a ser completado em obra. Ele é utilizado como estrutura portante para construções de até 4 pavimentos, com aplicação de argamassa estrutural em ambos os lados. É ideal para paredes internas, divisórias e fechamentos, além de atuar como fôrma perdida isolante em coberturas e lajes com vãos reduzidos (Emmedue, 2025).

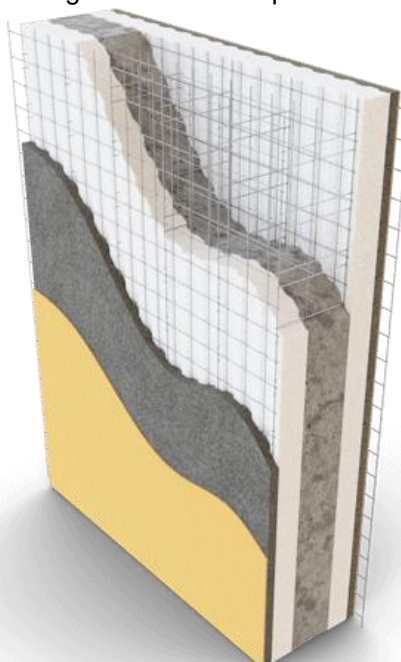
Figura 6: Painel Simples



Fonte: Emmedue (2025).

O **Painel Duplo** é voltado à construção de paredes portantes e de contenção, inclusive para piscinas. É composto por dois painéis unidos por conectores metálicos, formando um espaço interno preenchido com concreto, resultando em uma estrutura leve e resistente (Emmedue, 2025).

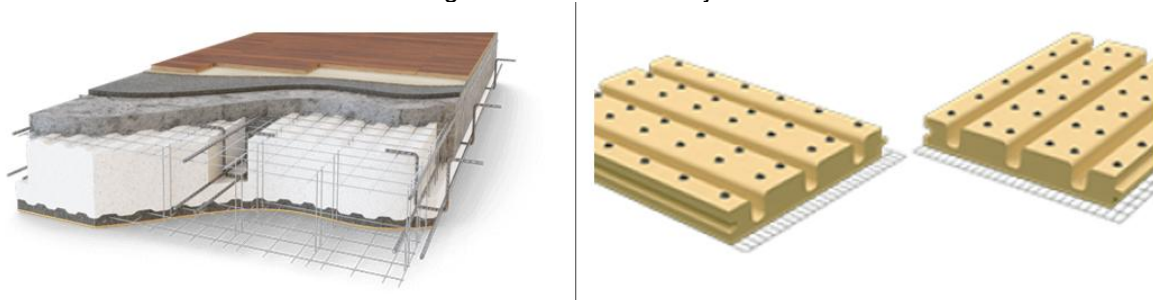
Figura 7: Painel Duplo



Fonte: Emmedue (2025).

O **Painel Piso/Laje** pode ter armaduras unidirecionais ou bidirecionais, sendo utilizado em lajes entre pisos e coberturas. Permite a inserção de barras adicionais e concretagem convencional, otimizando tempo e materiais (Emmedue, 2025).

Figura 8: Painel Piso/Laje



Fonte: Adaptado de Emmedue (2025) e Monopainel (2025).

O painel escada, constituído por: núcleo de poliestireno expandido, cortado e perfilado com base nos desenhos de projeto - duas malhas de aço conformadas e unidas, entre si, por meio de conectores de mesmo aço eletro soldados. Neste painel, são colocadas armaduras adicionais, treliças, em túneis existentes no núcleo que serão por ocasião da aplicação na obra, concretados. O painel escada se caracteriza por sua facilidade de utilização, rapidez executiva aliada à sua particular leveza e alta resistência estrutural, podendo ser utilizado, em escadas de vão livre, de até seis metros (Bertoldi, 2007).

Figura 9: Painel Escada



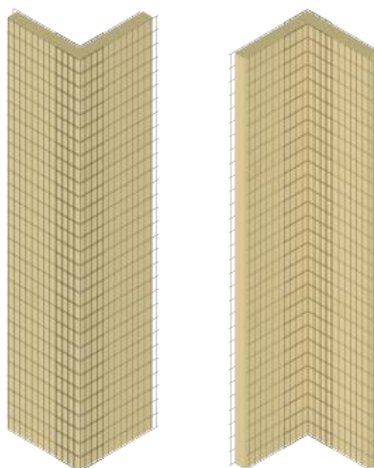
Fonte: Adaptado de Emmedue (2025) e Monopainel (2025).

Por fim, os **Painéis Especiais** podem incluir materiais isolantes como cortiça ou lã de rocha, aprimorando o isolamento térmico e acústico. Também podem receber armaduras duplas eletrossoldadas, aumentando a resistência a pressões estáticas e dinâmicas (Bertoldi, 2007).

Isorecort (2025) complementa essas definições com outros tipos de painéis, como o **Painel de Fechamento**, que não possui função estrutural e deve ser empregado exclusivamente como elemento de vedação. Segundo o autor, esses painéis apresentam ondulações superficiais e são armados com telas metálicas eletrossoldadas, interligadas por arames galvanizados. Também é citado o **Painel**

**Canto**, que auxilia na montagem e alinhamento das placas, garantindo o ajuste geométrico e o aprumo durante a instalação

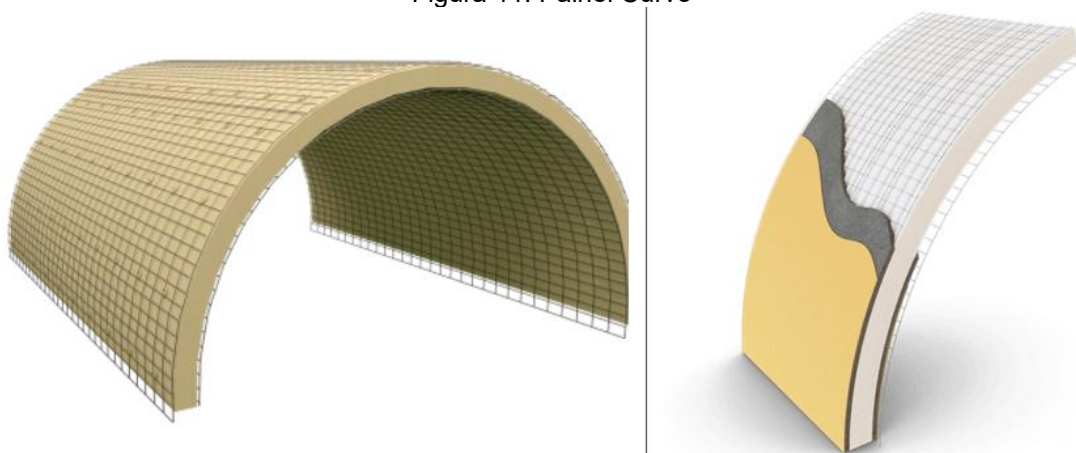
Figura 10: Painel Canto



Fonte: Monopainel (2025).

Além disso, o **Painel Curvo** e o **Painel Curvo Customizado** são desenvolvidos com diferentes raios de curvatura, proporcionando maior liberdade arquitetônica. Já o **Painel Pergolado** surge como uma solução prática e estética para a execução de elementos decorativos, conferindo sofisticação ao projeto de maneira simples e eficiente (Isorecort, 2025).

Figura 11: Painel Curvo



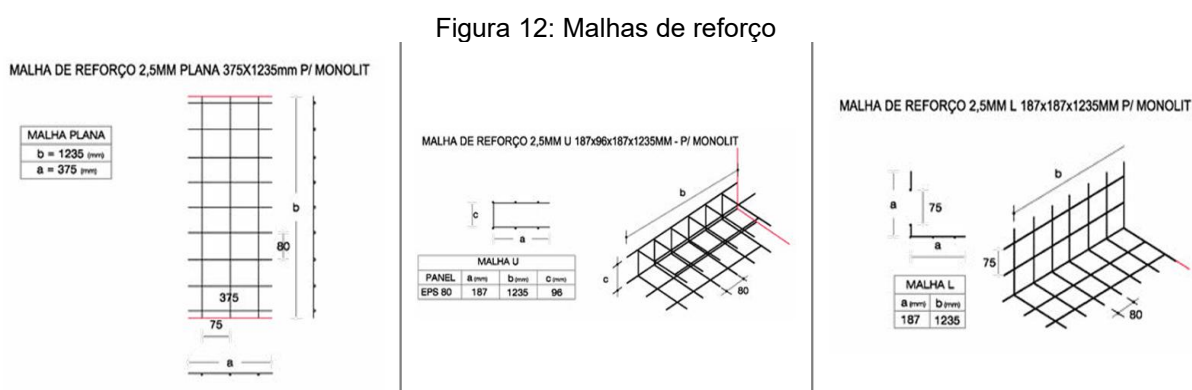
Fonte: Adaptado de Emmedue (2025) e Monopainel (2025).

### 2.3.2 Malhas de Reforço

Após montagem e correto posicionamento dos painéis constituintes dos elementos de vedação, é necessário que se efetue a colocação de telas de reforço,

em locais específicos, pois elas irão dar continuidade estrutural aos elementos, tornando a estrutura metálica contínua (Bertoldi, 2007).

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, conforme ilustra a figura 12.



Fonte: Adaptado de Kingspan Isoeste (2023).

O Sistema possui três tipos básicos de reforços, concebidos com arame de aço galvanizado, mesmo da malha dos Painéis. A malha de reforço plano é utilizada para reforçar as aberturas de portas e janelas em cantos onde estão presentes os acúmulos de esforços, este reforço também é utilizado em painéis que perderam seu traspasse e em recortes para passagens de tubulações hidráulicas e elétricas. A malha de reforço "U" é utilizada em todo o perímetro das aberturas de portas e janelas, evitando assim que o revestimento dos painéis seja aplicado diretamente no EPS e a malha de reforço "L" aplicado em todo encontro de paredes perpendiculares. O objetivo da utilização destes reforços é formar uma estrutura única, interligando toda a montagem e fortalecer possíveis pontos críticos da estrutura. Todo encontro de placas deverá ter reforços. (Kingspan Isoeste, 2023).

### 2.3.3 Processo construtivo

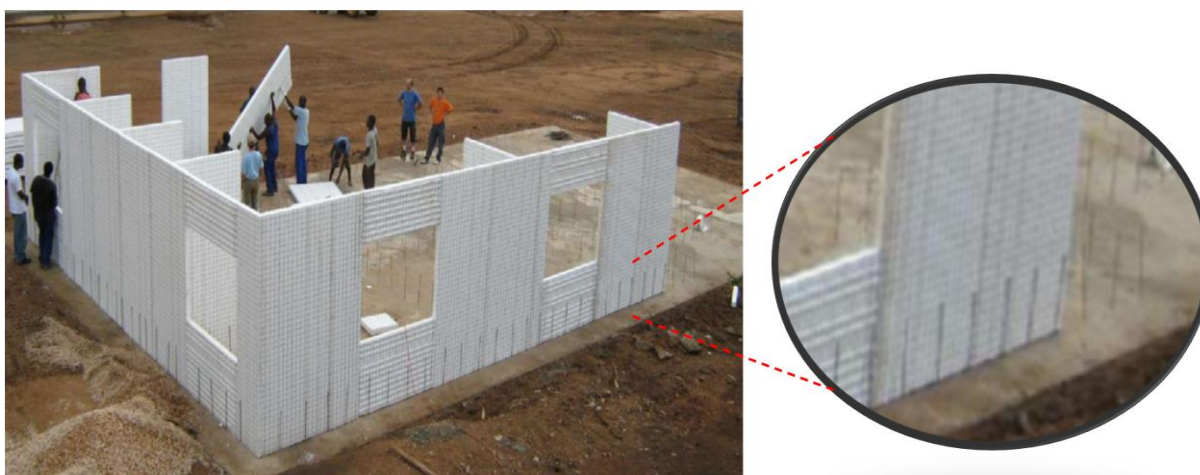
A seguir, apresenta-se o detalhamento do processo construtivo, considerando-se cada uma das etapas construtivas da obra no Sistema em EPS.

Para obras com painéis autoportantes de EPS, normalmente são utilizadas fundações do tipo radier. O usual é empregar concreto  $f_{ck} \geq 20$  MPa, com espessura média de 15 cm, assentado sobre lastro drenante de brita, impermeabilizada com manta de PE de 0,2mm. Sobre a manta, temos a armadura do radier, constituída por

tela de aço CA-60 soldada simples ou dupla, conforme projeto estrutural. As tubulações de hidráulica, elétrica e outras devem ser posicionadas antes da concretagem do radier (Isoalfa, 2025).

De um a três dias após a concretagem, inicia-se a marcação dos arranques sobre o radier. Os painéis são fixados à fundação pela sua base, com barras de aço CA-50 de 8 mm de diâmetro x 50 cm de comprimento, posicionando o primeiro furo a 25 cm após o ponto de início dos painéis e os demais furos a cada 50 cm, a depender do projeto, em ambos os lados. Essas barras (arranques) são engastadas na fundação, executando um furo com diâmetro de 10 mm x 10 cm de profundidade, e utilizando um chumbador químico, como o compound adesivo ou similar, conforme ilustra a Figura 13. (Isoalfa, 2023).

Figura 13: Arranque para o Painel



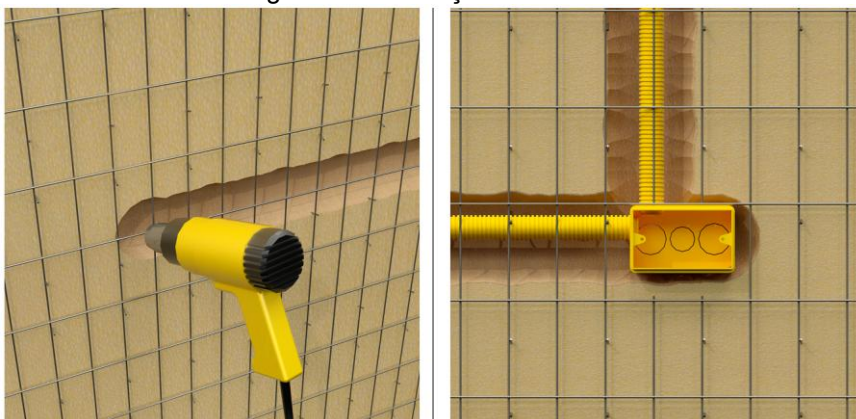
Fonte: adaptado de Emmedue (2025).

Uma das aplicações do sistema de painéis monolíticos em EPS consiste na utilização dos próprios painéis como elementos de laje, criando placas leves e integradas ao conjunto estrutural. Estudos recentes demonstram que sistemas do tipo *Structural Concrete Insulated Panel (SCIP)* — compostos por núcleo em EPS e faces em concreto armado ou malha metálica — apresentaram comportamento de flexão adequado para uso em pisos, com capacidade última variando entre aproximadamente 2,84 kN·m e 5,70 kN·m e grau de ação composta entre 6,5 % e 28,2 % (Gul et al., 2025). Resultados semelhantes foram obtidos por Mahesh Acharya, Karma Gurung e Mustafa Mashal (2022), que analisaram sistemas modulares de painéis com núcleo de EPS e malhas galvanizadas, verificando desempenho estrutural satisfatório e redução significativa do peso próprio em edificações de pequeno porte.

As instalações hidráulicas e eléctricas são mais facilitadas no processo monolítico, pois não ocorrem quebras de material para abertura de roços como no processo tradicional (Kingspan Isoeste, 2023).

Os traçados das redes de instalações serão demarcados com caneta/tinta nos painéis. Com o auxílio de um soprador de ar quente, serão abertos os sulcos equivalentes no EPS, conforme ilustra a figura 14. Caso seja necessário o corte da tela para a passagem das tubulações, deverá ser aplicada uma sobretela de reforço neste ponto (Isoalfa, 2025).

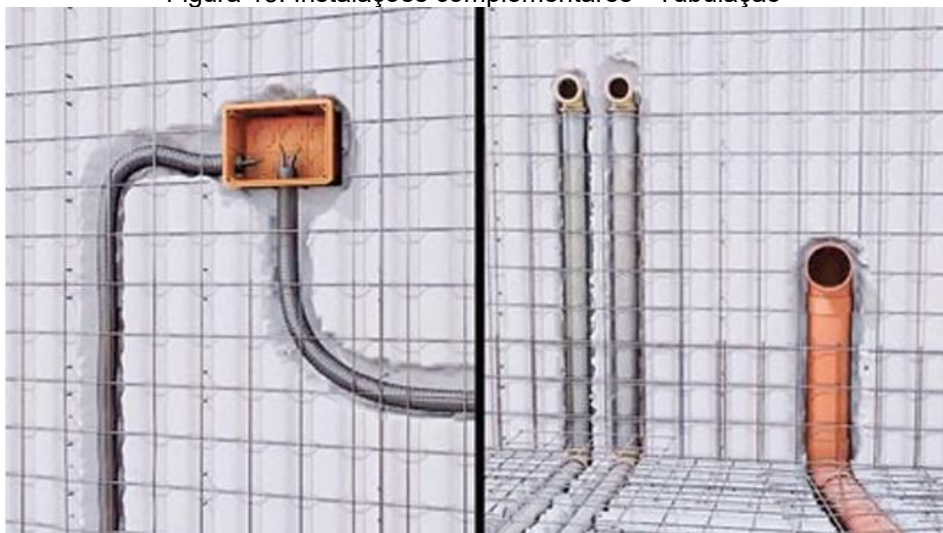
Figura 14: Instalações no Painel



Fonte: Adaptado de Grupo Isocort (2025).

Em seguida, os tubos devem ser colados debaixo da tela de aço, montando-se todo o conjunto antes da etapa de revestimento, conforme ilustrado na Figura 15. No caso de tubos rígidos ou semi-rígidos, quando necessário, corta-se a tela metálica com um alicate, e no final fecha-se novamente a tela para segurar a tubagem (Kingspan Isoeste, 2023).

Figura 15: Instalações complementares - Tubulação



Fonte: Suminsa e Emmadue (2014).

A superfície dos painéis deve estar limpa, livre de manchas e resíduos que comprometam a aderência da argamassa, conforme recomendações da Isoalfa (2025). O traço utilizado é 1:3 (cimento:areia, em volume), acrescido de 200 ml de aditivo plastificante e 50 g de microfibra de polipropileno por saco de cimento. A aplicação é preferencialmente realizada por projeção pneumática, conforme ilustra a Figura 16, podendo ser feita manualmente com colher de pedreiro, em duas camadas: a primeira com 1 cm, até a altura da malha, e a segunda, aplicada em até 48 horas, com 2 cm, totalizando 3 cm de espessura.

Figura 16: Aplicação por Projeção Pneumática



Fonte: Grupo Isorecort (2025).

As mestras ou taliscamentos delimitam as áreas de projeção e garantem a espessura final, devendo estar alinhados e aprumados. A projeção inicia-se de baixo para cima, sem excessos, evitando retrabalho. Após a aplicação, realiza-se o sarrafeamento vertical com régua de alumínio para remover excessos e nivelar a superfície. Falhas devem ser corrigidas com nova projeção. Recomenda-se a cura úmida por, no mínimo, três dias, molhando as paredes com jato tipo chuva, a fim de evitar fissuras por retração (Isoalfa, 2025).

### 2.3.4 Vantagens e desvantagens

Entre as vantagens dos painéis monolíticos estruturais, destacam-se o isolamento térmico, que reduz gastos com climatização, e a prevenção de mofo e umidade, já que o EPS não absorve água nem prolifera fungos ou bactérias. A leveza do material, composto 98% por ar, contribui para a redução do peso estrutural da obra, enquanto a aplicação ágil com argamassa permite uma ampla gama de acabamentos. Outras vantagens incluem a resistência mecânica, alta durabilidade, propriedades retardantes à chama (Classe F), e maior segurança no canteiro de obras pela redução no uso de andaimes. Além disso, o EPS é 100% reciclável, tornando-o uma opção sustentável no setor construtivo (Kingspan Isoeste, 2023).

Além desses benefícios, Bertoldi (2007) destaca outras vantagens do sistema construtivo, como o carregamento distribuído e o peso próprio reduzido, o que resulta em menores demandas para as fundações, simplificando sua execução e reduzindo os custos associados. Ademais, o sistema oferece uma notável simplificação na instalação de componentes, permitindo que sejam realizadas de forma prática e rápida. Esse processo também contribui para a manutenção de um ambiente de trabalho limpo, com mínima geração de entulhos e redução significativa de retrabalhos.

O uso dos painéis monolíticos de EPS também apresenta desvantagens. A principal dificuldade é a escassez de fábricas que produzem os painéis prontos e estruturados de acordo com as normas, garantindo a resistência necessária. Além disso, as empresas que executam esse tipo de construção ainda são poucas no Brasil, já que o conhecimento sobre esse sistema está em fase de crescimento, tanto entre profissionais da área quanto entre a população em geral. Outro ponto importante é que a mão de obra especializada é essencial para garantir a correta execução da montagem dos painéis. Para as instalações elétricas, é necessário um cuidado especial para garantir que os condutores fiquem bem protegidos dentro dos painéis, o que exige profissionais familiarizados com o processo de instalação adequado (Raimundo et al., 2025).

Como desvantagem, destaca-se também a menor flexibilidade do sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS após a sua consolidação. Diferentemente do sistema convencional em alvenaria, que permite intervenções posteriores com maior facilidade, o sistema em EPS apresenta maior rigidez quanto a alterações de

layout, ampliações ou adaptações futuras. Uma vez executados os painéis estruturais e aplicadas as camadas de concreto, eventuais modificações demandam intervenções mais complexas, com maior impacto estrutural e construtivo, o que dificulta a realização de “upgrades” ou reformas ao longo da vida útil da edificação.

No sistema convencional, a separação entre estrutura e vedação confere maior liberdade para modificações internas, característica que não é plenamente atendida pelo sistema monolítico em EPS.

### **2.3.5 Aplicações pelo mundo**

Segundo Araújo, Pereira e Pinheiro (2022), o sistema monolítico, por ser fabricado industrialmente, se adequa a qualquer tipo de utilização visto que ele pode apresentar uma infinidade de variações como nas bitolas das barras, nas dimensões das malhas etc. Alves (2015) complementa, o Painel Monolítico em EPS pode ser aplicado tanto em aplicações verticais quanto horizontais, desempenhando funções estruturais sem a necessidade de pilares ou vigas, exceto em casos de grandes vãos. Porém, a aplicabilidade dessa metodologia estrutural depende do projeto e do cálculo estrutural específico.

As aplicações do sistema construtivo são variadas, desde a execução de obras simples, como casas de conjuntos habitacionais horizontais, até a execução de obras verticalizadas, como hotéis. Sua aplicação, também se observa, nas regiões, com as variadas situações climáticas, desde elevadas temperaturas, até baixíssimas, como se tem na Antártida, onde foram executadas quatro casas com área, em torno de 100 m<sup>2</sup> cada uma, construídas para funcionar como centros de pesquisa (Bertoldi, 2007).

O sistema construtivo em Painel Monolítico em EPS não se limita apenas a edificações térreas, sendo também aplicável a prédios de múltiplos andares. Um exemplo dessa aplicabilidade é o Hotel Paradiso Playa, conforme a Figura 17, localizado na Argentina. Este caso é um exemplo de como o sistema em Painel Monolítico em EPS pode ser utilizado em edificações sofisticadas e de múltiplos pavimentos, mostrando sua versatilidade e adaptabilidade a diversos tipos de projetos arquitetônicos (Simplício; Narváez, 2024).

Figura 17: Hotel Paradiso Playa



Fonte: Emmedue (2025).

### 2.3.6 Aplicação no Amapá

Como exemplo de aplicação do sistema construtivo com Painéis Monolíticos em EPS no estado do Amapá, é possível citar a atuação da empresa Arom – Construções Inteligentes, que atualmente executa edificações utilizando esse método construtivo no município de Macapá.

Entre as obras em execução, pode-se citar uma edificação residencial de dois pavimentos localizada no bairro Fazendinha, na Avenida Manoel Chaves de Melo, nº 305, que se encontra com a etapa estrutural concluída (*obra cinza*), avançando para a fase de acabamentos, contemplando serviços como revestimentos cerâmicos, pintura e forros.

A Figura 18 apresenta diferentes etapas de execução dos painéis monolíticos em EPS, evidenciando painéis apenas com a aplicação do chapisco, painéis com a incorporação dos elementos complementares — como as instalações elétricas embutidas — e painéis com a argamassa estrutural completamente aplicada. Observa-se, ainda, na parte superior da edificação, a utilização de painéis destinados à composição da laje do segundo pavimento.

Figura 18: Construção da AROM - Fazendinha



Fonte: Arom (2025).

Na Figura 19, é possível observar a amarração dos painéis aos arranques do radier, bem como os cortes realizados para a abertura de vãos de portas e janelas. Destacam-se também as malhas metálicas de reforço aplicadas nessas regiões, fundamentais para o controle de fissuração e para o adequado desempenho estrutural do sistema.

Figura 19: Construção da AROM 02 – Fazendinha



Fonte: Arom (2025).

As Figuras 18 e 19 foram gentilmente disponibilizadas pela empresa Arom – Construções Inteligentes, responsável pela execução da edificação apresentada, sendo utilizadas neste trabalho exclusivamente para fins acadêmicos e de caráter ilustrativo.

## **2.4 O Processo BIM**

O Building Information Modeling (BIM) é apresentado pelo DNIT (2025) como um processo estruturado de produção, gestão e utilização de informações ao longo do ciclo de vida de um empreendimento. Conforme a ABNT NBR ISO 19650-1:2022, o BIM constitui o uso de uma representação digital compartilhada de um empreendimento para facilitar os processos de projeto, construção, operação e manutenção. Ele envolve etapas que acompanham o ciclo de vida do ativo, incluindo planejamento, concepção, projeto, construção e operação. Essas etapas estão relacionadas a atividades progressivas de produção e amadurecimento da informação, compondo um fluxo contínuo que permite rastrear e controlar a qualidade das entregas

### **2.4.1 Conceitos fundamentais do Processo BIM**

Entre os conceitos do processo BIM, destacam-se o Plano de Execução BIM (BEP), o Ambiente Comum de Dados (CDE), a interoperabilidade por meio do formato IFC e os níveis de modelagem LOD e LOIN (DNIT, 2025, p. 24–25).

Segundo o DNIT (2025, p. 23), o BEP é o documento que estabelece como a metodologia BIM será implementada ao longo das fases do projeto, detalhando as atividades, procedimentos e os dados que devem ser produzidos e fornecidos pelos envolvidos. Trata-se do plano que orienta como a contratada deverá gerenciar e organizar as informações do contrato, definindo padrões, responsabilidades e diretrizes para o desenvolvimento dos modelos de informação. Seu objetivo geral é assegurar que o projeto seja conduzido de forma estruturada, padronizada e compatível com os requisitos estabelecidos.

O Ambiente Comum de Dados (CDE) é considerado uma das bases estruturantes do processo BIM. O documento CRTBIM o define como a fonte de informações de um empreendimento, usada para coletar, gerenciar e disseminar toda

e qualquer informação aprovada para equipes multidisciplinares em um processo gerenciado. O CDE organiza o fluxo de produção da informação ao dividir os arquivos em estados, tais como Em Andamento, Compartilhado, Estado Publicado, permitindo que toda a evolução das entregas seja acompanhada. Em adição, ele centraliza a comunicação, garante segurança documental e apoia os fluxos de revisão e aprovação, evitando conflitos de versões no ambiente colaborativo. (DNIT, 2025, p. 56).

O IFC refere-se a uma especificação neutra/aberta, um formato de arquivo BIM não-proprietário e tem como objetivo viabilizar a interoperabilidade entre os diversos softwares de modelagem BIM. Para alcançar esse propósito, estabelece um conjunto de padrões que permitem a representação uniforme e compreensível de informações associadas à construção. Essa abordagem possibilita a troca e integração de modelos BIM desenvolvidos em diferentes plataformas, sem perda de dados fundamentais (DNIT, 2025).

Segundo o DNIT (2025), o Level of Development (LOD) define o nível de detalhamento geométrico e informacional de cada elemento, seguindo as especificações aceitas da BIMForum. Esse sistema estabelece expectativas sobre o uso e a finalidade do modelo em diferentes etapas, garantindo que o nível de informação seja adequado às necessidades de cada fase do desenvolvimento. Os principais níveis incluem:

- LOD 100 – conceitual
- LOD 200 – aproximado
- LOD 300 – preciso
- LOD 350 – com interfaces
- LOD 400 – fabricação
- LOD 500 – conforme construído (*as built*)

O CRTBIM adota o conceito de LOIN (Level of Information Need), alinhado à ABNT NBR ISO 19650-1. Segundo o documento, o nível de informação necessária (LOIN) é um sistema que descreve a extensão das informações dos objetos do modelo. O objetivo principal é definir o conjunto mínimo de informações a serem disponibilizadas pela contratada e determinar os resultados a serem obtidos e sua definição é importante para prevenir entrega de informação deficitária ou excessiva. O CRTBIM apresenta uma série de tabelas que orientam a aplicação do LOIN por categoria de objetos (DNIT, 2025).

#### 2.4.1.1 Softwares utilizados no Processo BIM

A adoção de ferramentas digitais especializadas é parte fundamental do processo BIM, uma vez que diferentes softwares desempenham funções complementares dentro do fluxo multidisciplinar. Conforme Santos (2022), entre as plataformas mais consolidadas no mercado destacam-se ArchiCAD, Revit, Savari e Navisworks, cada qual contribuindo de maneira específica para a modelagem, coordenação e análise dos modelos. O autor ressalta que esses softwares, embora possuam características distintas, se integram de forma colaborativa, permitindo maior precisão no desenvolvimento das disciplinas e favorecendo a compatibilização entre elas.

### 2.5 Orçamentação e estimativa de Custos

A orçamentação de obras ocupa um lugar de destaque na Engenharia Civil por permitir planejar e prever os recursos necessários para a execução de um empreendimento. O documento SINAPI – Metodologias e Conceitos define a Engenharia de Custos como a especialidade que estabelece métodos e técnicas para o estudo de custos de uma obra ou empreendimento, a formação do preço destas intervenções e o controle destes custos durante sua execução. Nesse contexto, orçamento é definido como a identificação, descrição, quantificação, análise e valoração de mão de obra, equipamentos, materiais, custos financeiros, custos administrativos, impostos, riscos e margem de lucro desejada para adequada previsão do preço final de um empreendimento (SINAPI, 2025, p. 21).

Complementando essas definições, Mattos (2006) divide orçamento em três atributos essenciais: **aproximação, especificidade e temporalidade**.

- Aproximação: todo orçamento é uma estimativa que, embora não exata, deve ser precisa;
- Especificidade: cada orçamento depende das condições particulares da obra como o clima, as características do solo e a disponibilidade de mão de obra;
- Temporalidade evidencia que o orçamento é válido para o período em que foi elaborado, sendo afetado por variações econômicas e de mercado ao longo do tempo.

### 2.5.1 Classificação de orçamentos

Baeta (2012) organiza a classificação dos orçamentos em três dimensões principais: **grau de detalhamento, finalidade e forma de apresentação.**

Quanto ao grau de detalhamento:

- **Estimativa de custo** - caracterizada por análises baseadas em históricos e comparações com obras semelhantes;
- **Orçamento preliminar** - inclui o levantamento das quantidades dos itens mais representativos e pesquisa de preços dos principais insumos;
- **Orçamento discriminado ou detalhado** - utiliza composições completas, especificações detalhadas e quantitativos precisos, buscando alcançar um valor muito próximo do custo real da obra.

Em relação à finalidade,

- **Gerenciais** - servem de apoio à tomada de decisões nas etapas iniciais do projeto;
- **Contratuais** - dão suporte à execução do empreendimento e devem estar associados a critérios de medição, projetos e especificações;
- **periciais ou de auditoria** - destinados a análises técnicas, avaliações de divergências e verificação de conformidade de gastos.

Por fim, quanto à forma de apresentação

- **Sintéticos** - apresentam os custos agrupados por grandes etapas ou macroitens da obra — como infraestrutura, superestrutura e vedações
- **analíticos** - detalham cada serviço com seus quantitativos, custos unitários, insumos envolvidos e parcelas correspondentes aos custos indiretos.

O SINAPI (2025, p. 24-25) estabelece que o orçamento é estruturado em custos diretos e custos indiretos. Os custos diretos correspondem à soma de todos os custos dos serviços necessários para a execução física da obra, incluindo materiais, mão de obra, equipamentos, encargos sociais e encargos complementares, como ferramentas, transporte, manutenção e alimentação. Já os custos indiretos abrangem despesas relacionadas ao canteiro de obras, logística, administração local e instalações provisórias.

O mesmo autor ainda explica que o lucro constitui a parcela destinada à remuneração da empresa e, somado às despesas indiretas, forma o BDI — Bonificação e Despesas Indiretas (SINAPI, 2025, p. 25). Assim, o preço final envolve a agregação do custo direto, custo indireto, despesas administrativas e lucro da empresa, conforme a Tabela 1.

Tabela 1: Composição do Preço

PREÇO			
CUSTO		BDI	
DIRETO	INDIRETO	DESPESA	BONIFICAÇÃO
Materiais Mão de Obra Equipamentos Ferramentas E.P.I. Outros	RH Gestão Técnica RH Administrativo Manutenção de Canteiro Veículos Mobilização Outros	Tributos Despesas Financeiras Risco Administração Central Outros	Lucro
OBRA		SEDE	
EMPRESA			

Fonte: SINAPI (2025).

Conforme constata o SINAPI (2025), para que seja possível a realização do orçamento sem o conhecimento prévio de quem irá executar a obra, o profissional deve valer-se de referências estabelecidas de produtividade e preço disponíveis em publicações técnicas, bem como de padrões aceitáveis para estimar a administração central, a tributação e o lucro do construtor.

O processo de atualização de preços do SINAPI é realizado conjuntamente pela CAIXA e pelo IBGE. A CAIXA define as especificações técnicas, organiza as famílias homogêneas de insumos e divulga mensalmente os relatórios de preços, enquanto o IBGE é responsável pela coleta de valores e salários no Banco Nacional e pela execução de pesquisas extensivas para revisão dessas famílias (SINAPI, 2025, p. 59–60).

O SINAPI estrutura seu banco de dados a partir de insumos e composições de serviços, elementos importantes para a elaboração de orçamentos. Os insumos são definidos como elementos básicos da construção civil constituídos de materiais, equipamentos e mão de obra; eles são organizados em macroclasses de materiais, mão de obra, equipamentos e outros. Cada insumo possui uma Ficha de Especificação Técnica, elaborada para identificar as suas características, permitindo padronizar a pesquisa de preços e facilitando a sua utilização pelos usuários do sistema de referência. Já as composições de custo agrupam insumos e seus

consumos necessários para execução de uma unidade de serviço. O documento explica que a composição apresenta os insumos com seus respectivos consumos, necessários para a execução de uma unidade de serviço e fornece uma visão analítica da execução de um serviço (SINAPI, 2025).

### **2.5.2 BIM e Levantamento de Custos**

A elaboração do orçamento depende diretamente dos quantitativos obtidos a partir dos projetos, os quais fornecem a base necessária para a estimativa de custos (SINAPI, 2025, p. 26–27; p. 30). Nesse contexto, o uso do BIM torna-se relevante, pois a tecnologia permite a extração de quantitativos com maior precisão e integração, reduzindo inconsistências e contribuindo para a confiabilidade dos resultados. Conforme SINAPI (2025), o uso do BIM para estimativa de custos é uma de suas aplicações mais significativas, acompanhando a evolução tecnológica observada no setor da construção civil.

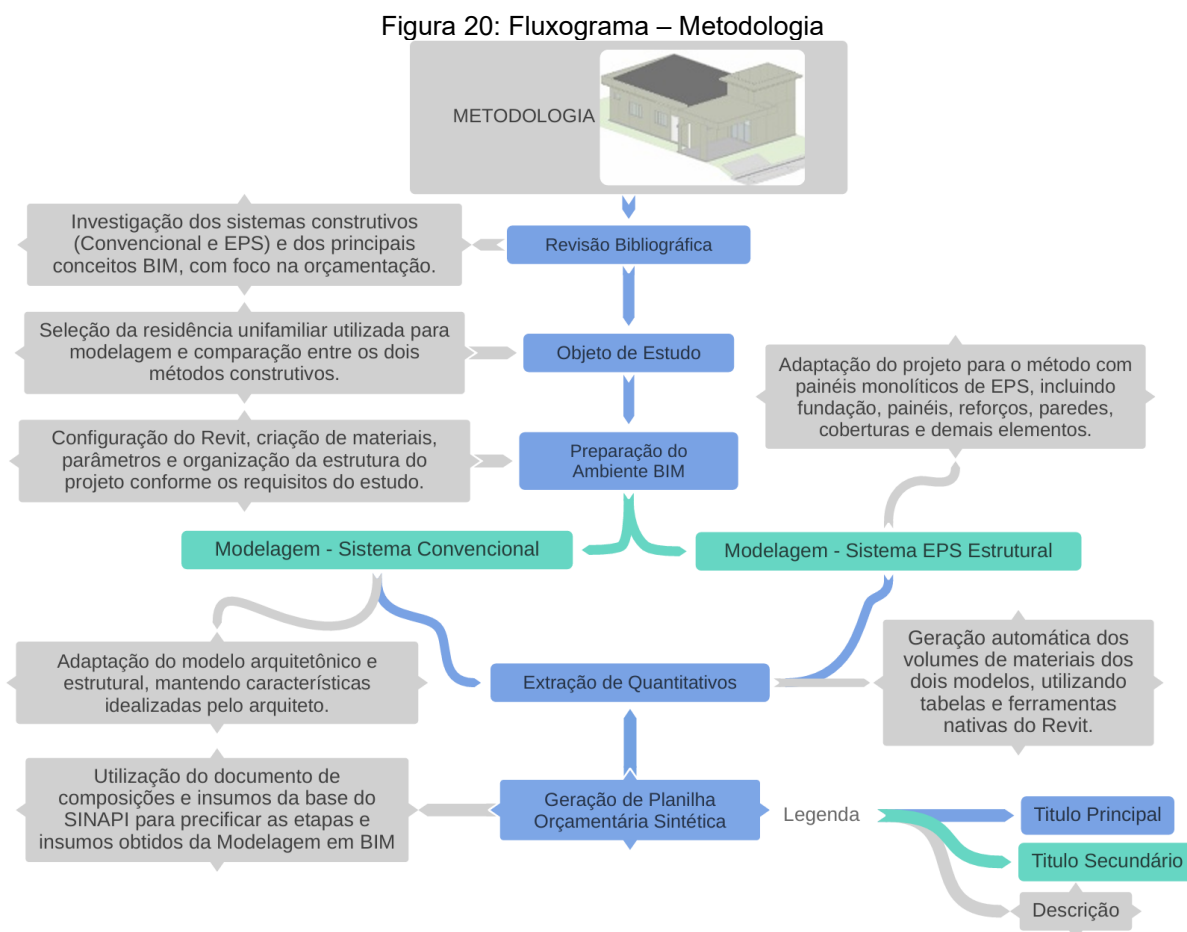
De acordo com Eastman et al. (2014), uma das principais vantagens do BIM na orçamentação é a redução significativa de erros e do tempo necessário para a quantificação dos elementos construtivos. Complementando, Latreille e Scheer (2020), ressaltam que a extração de quantitativos diretamente a partir da modelagem torna o processo mais eficiente, preciso e ágil em comparação aos métodos convencionais baseados em CAD.

A revisão da literatura evidencia que a maior parte dos estudos se concentra na extração de quantitativos por meio do BIM, destacando tanto seus benefícios quanto os desafios de implementação (Gabalde; Cardoso, 2025). Nesse sentido, a metodologia apresenta-se como uma oportunidade relevante para a análise da composição de custos dos sistemas construtivos abordados neste trabalho.

### 3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho é estruturada como uma pesquisa de caráter aplicado, comparativo e quantitativo, desenvolvida por meio da elaboração de dois modelos digitais da mesma residência: um em alvenaria convencional e outro em painéis monolíticos de EPS, criados no software Autodesk Revit 2024 disponibilizado gratuitamente para estudantes.

A Figura 20 apresenta o fluxograma metodológico geral, descrevendo de forma organizada as etapas de desenvolvimento do estudo, desde a coleta das informações do projeto original até a geração dos quantitativos e da planilha geral de levantamento de custos.



Fonte: Autoria própria

#### 3.1 Classificação da Pesquisa

A pesquisa possui caráter aplicado e, de acordo com a classificação apresentada no item 2.4, a modelagem desenvolvida neste estudo enquadra-se nos Usos BIM mínimos aplicados a edificações, Coordenação 3D e Estimativa de Custos,

uma vez que os modelos digitais gerados no Revit possibilitaram a representação dos elementos, a verificação de compatibilidade entre os sistemas construtivos e a extração automática de quantitativos.

Quanto ao nível de informação, o trabalho atende às diretrizes de LOIN previstas para modelos de projeto, contemplando dados geométricos e paramétricos suficientes para análise comparativa entre os sistemas convencional e em EPS. Em relação ao nível de desenvolvimento do modelo (LOD), o estudo alcança na maioria o **LOD 300**, conforme critérios do BIMForum, com precisão adequada para documentação, avaliação técnica e geração de quantitativos, garantindo o nível de detalhamento esperado para um estudo comparativo de análise de custo.

Considerando que o sistema de painéis monolíticos de EPS é relativamente novo no Brasil, sua bibliografia ainda é limitada. Entretanto, é possível acessar informações em trabalhos acadêmicos, revistas especializadas e normas pertinentes. Por isso, a revisão bibliográfica baseou-se em acervos acadêmicos, incluindo artigos, livros, teses e trabalhos científicos, que serviram de fundamentação teórica do estudo e da metodologia. Além disso, diversas fábricas e empresas de painéis monolíticos disponibilizam manuais técnicos com informações sobre o método construtivo, como os materiais, os ensaios, os laboratórios e institutos responsáveis pelos testes e as normas utilizadas para a aprovação desses processos. Essas fontes são fundamentais para a obtenção de informações sobre o sistema construtivo.

### **3.2 Objeto de estudo**

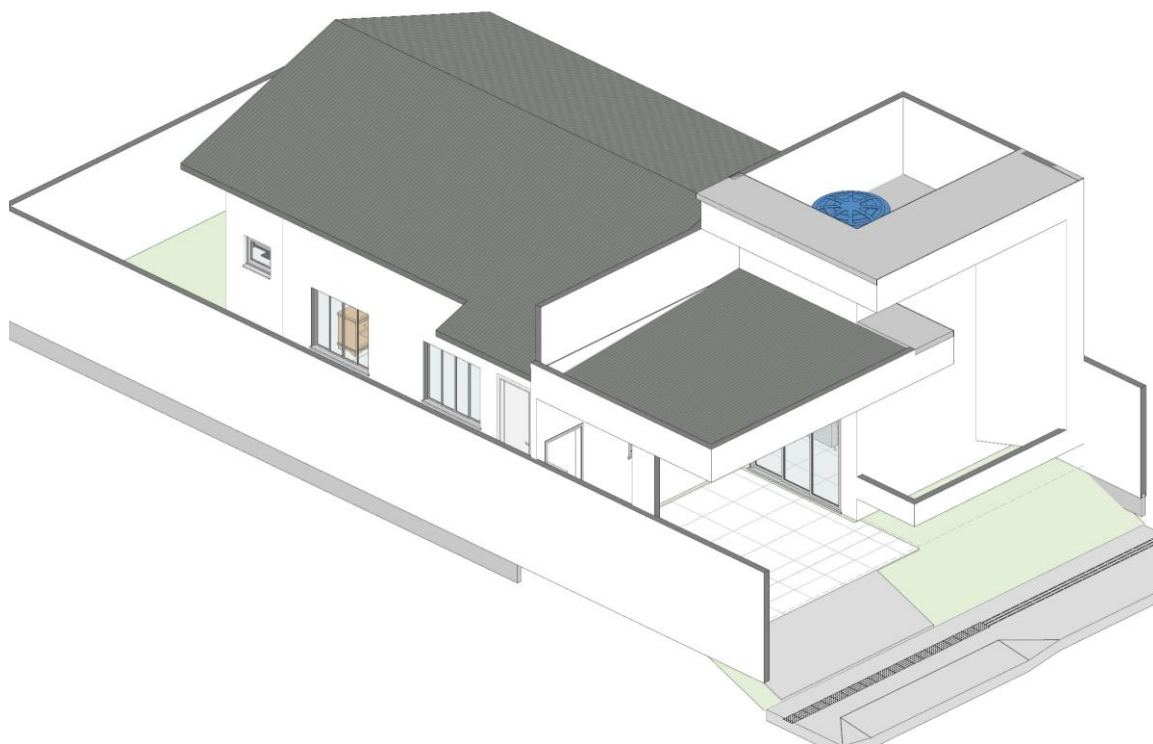
O projeto analisado refere-se a uma residência unifamiliar térrea já construída, composta por estrutura em concreto armado, fundação em sapatas isoladas e vedação com blocos cerâmicos. O modelo arquitetônico foi disponibilizado pelo arquiteto proprietário da edificação, enquanto o projeto estrutural foi adaptado para a pesquisa. A residência apresenta 104,75 m<sup>2</sup> de área construída, distribuídos em garagem, sala de estar, escritório, área de circulação, banheiro social, dormitório, suíte e banheiro da suíte, conforme ilustram as Figuras 21 e 22.

Figura 21: Layout Arquitetura



Fonte: Autoria própria

Figura 22: 3D Arquitetura



Fonte: Autoria própria

Como primeiro passo, é necessário compreender o processo de modelagem e adaptação do sistema construtivo convencional para o sistema construtivo em EPS, com a finalidade de realizar o levantamento de insumos para posterior comparação financeira.

### 3.3 Preparação do ambiente BIM e modelagens

O princípio adotado na modelagem consistiu na adaptação do projeto base com o mínimo de modificações possíveis, preservando a concepção arquitetônica original desenvolvida em sistema convencional, com alterações restritas apenas aos elementos necessários para a conversão da edificação para o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS. Dessa forma, foram mantidos os projetos complementares, bem como os elementos de acabamento, portas, janelas, forros e pisos, garantindo que as diferenças de custo se restringissem exclusivamente aos componentes alterados entre os sistemas.

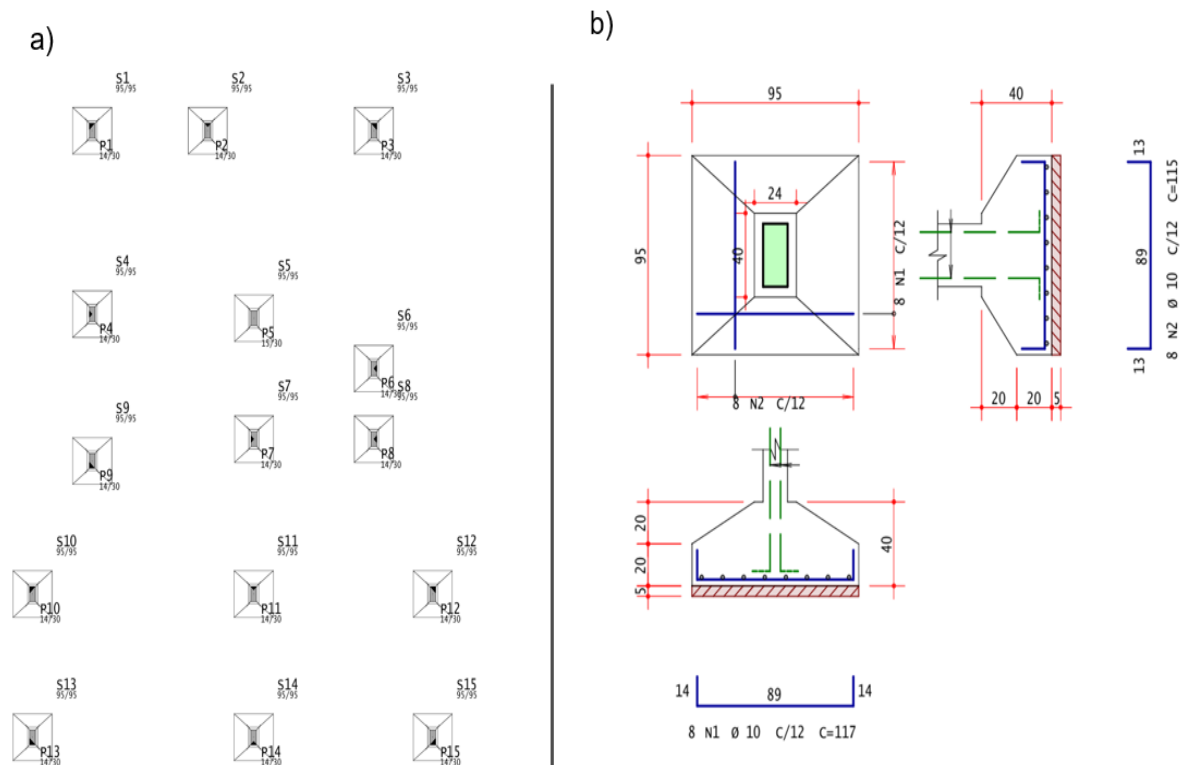
O Plano de Execução BIM (BEP) seguiu o fluxo convencional de modelagem por etapas construtivas. Inicialmente, realizou-se a modelagem da fundação, respeitando as particularidades de cada sistema. Em seguida, procedeu-se à etapa estrutural, composta por elementos em concreto armado no sistema convencional e

pela integração das malhas dos painéis com o concreto projetado no sistema em EPS. Posteriormente, foram modelados os elementos específicos do sistema em EPS, bem como as adaptações necessárias na cobertura e na locação dos componentes complementares.

As etapas são descritas nos tópicos seguintes, distribuídos em macroitens da construção.

A estrutura original considerava uma fundação com 15 sapatas de dimensões 95x95 cm, armadas com barras de 10mm, distribuídas ao longo da base da edificação. Esses detalhes são ilustrados na figura 23.

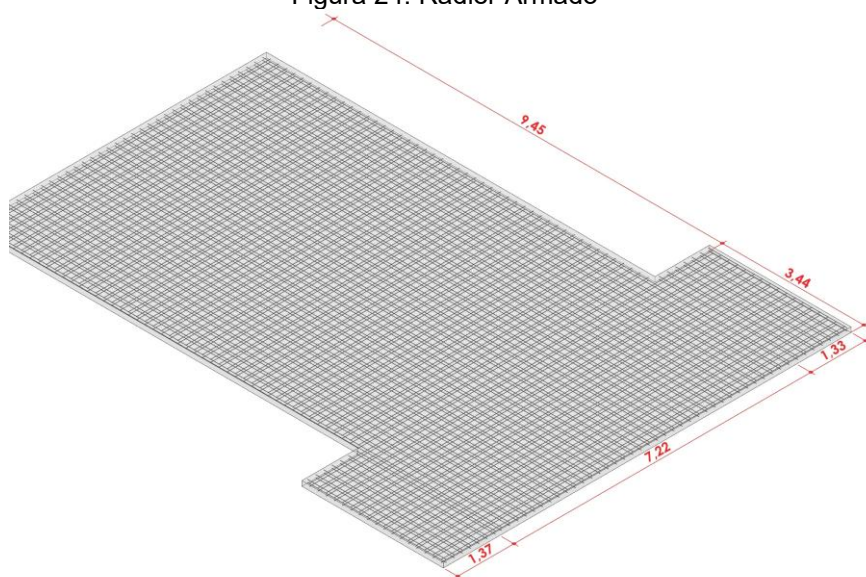
Figura 23: a) Sapatas Isoladas e b) Detalhamento de Sapata



Fonte: Autoria própria

Nos primeiros passos de adaptação, a fundação foi modificada do seu modelo original, em sapata rasa, para radier armado com altura de 15 cm, equipada com armadura para radier com uso de tela Q-138, através da ferramenta de piso estrutural disponível no Revit. Essa modificação é prevista, visto que o sistema em EPS adota a fundação estilo radier como padrão, conforme apresentado na Figura 24.

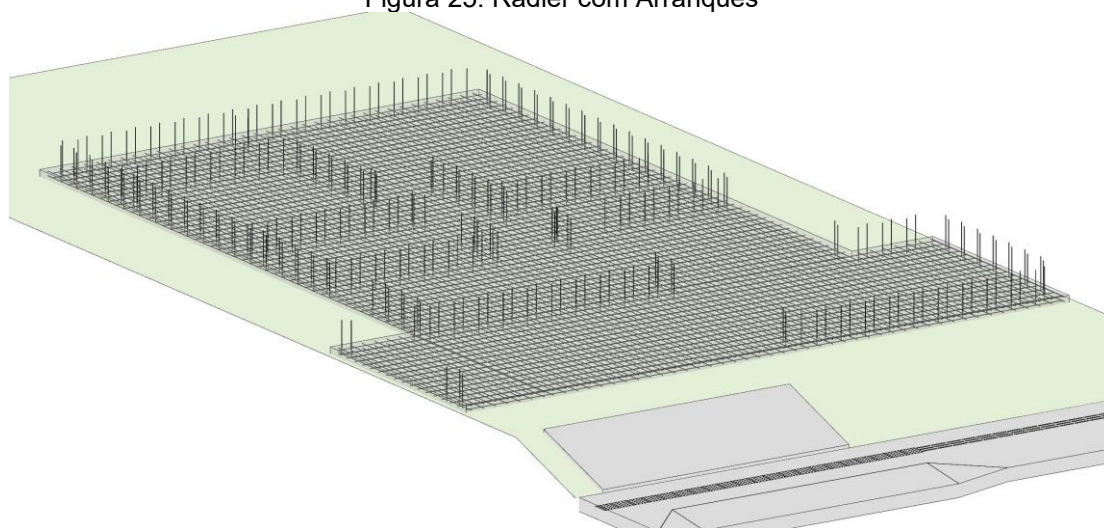
Figura 24: Radier Armado



Fonte: Autoria própria

Posteriormente, as barras de aço CA-50 de 8 mm (arranques) foram modeladas e fixadas no radier em 2 faixas paralelas, próximas a linha central das paredes do projeto arquitetônico original, para fixação dos painéis de EPS, conforme ilustrado na Figura 25. O espaçamento utilizado entre elas foi de 40 cm, e sua distribuição ao longo do eixo da parede foi feita de maneira alternada, conforme orientado na revisão bibliográfica.

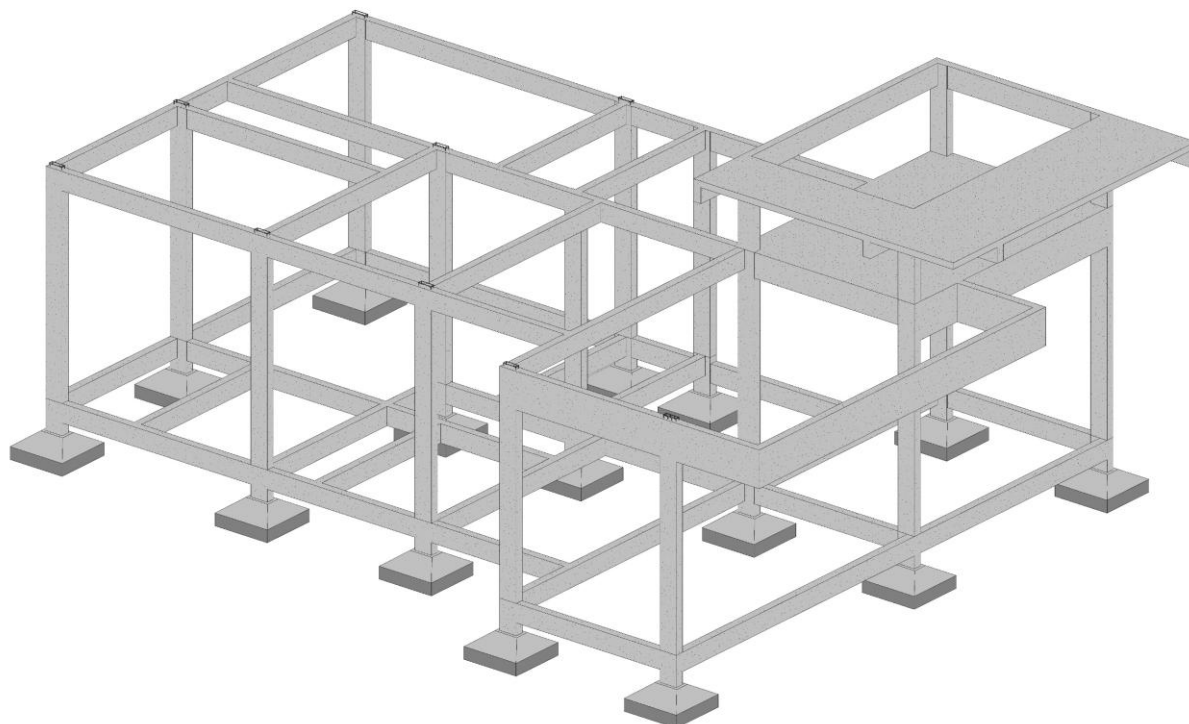
Figura 25: Radier com Arranques



Fonte: Autoria própria

A estrutura do projeto foi originalmente feita em concreto armado, contando com pilares com dimensões de 14 x 30 cm, lajes de 10 a 12 cm de altura e vigas de dimensões típicas de 13 x 30 cm. A figura 26 apresenta a modelagem tridimensional do projeto estrutural aplicado a essa edificação.

Figura 26: 3D - Estrutura em concreto armado



Fonte: Autoria própria

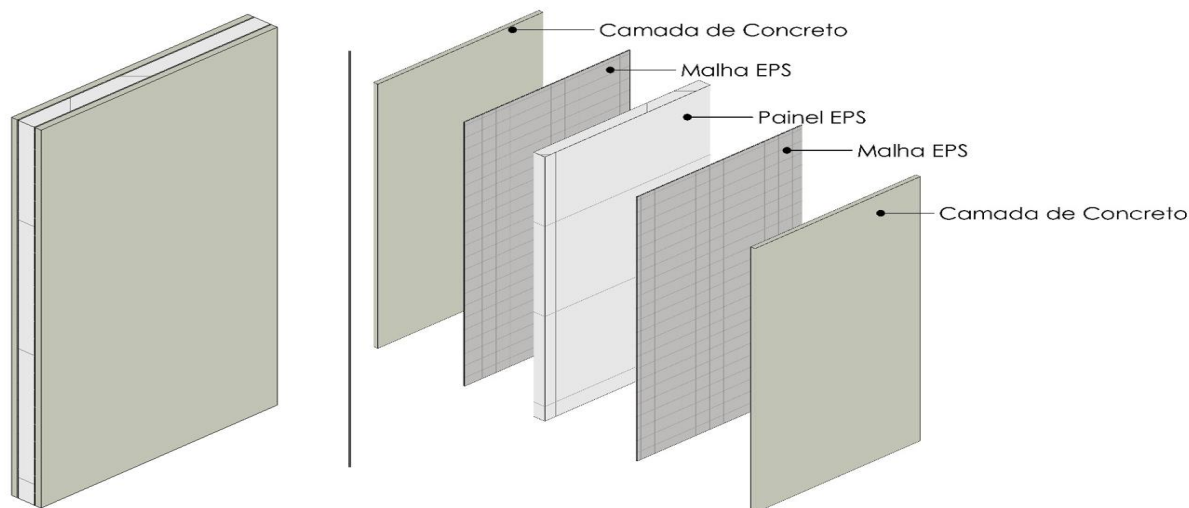
Já a estrutura do projeto com o sistema em painéis monolíticos de EPS é autoportante e utiliza as próprias paredes armadas como elementos estruturais. Esses painéis foram modelados individualmente utilizando a ferramenta *Parede* (Wall), considerando cada painel como um único elemento construtivo, conforme sua forma de comercialização, o que se mostrou adequado ao objetivo de quantificação de materiais.

A modelagem não contemplou barras de aço individualizadas, adotando-se uma representação simplificada da malha eletrossoldada, uma vez que esta já se encontra incorporada ao custo unitário do painel. Para maior precisão no levantamento de quantitativos, utilizou-se o método de paredes segmentadas em camadas (*método cebola*), permitindo a separação dos materiais constituintes do painel.

A espessura final planejada da parede é de 15 centímetros, distribuídos em: 3 cm de argamassa, conforme orientado nos artigos e manuais, camada de malha de aço estrutural, 8 cm de poliestireno expandido (EPS), segunda camada de malha de aço e, por fim, mais uma camada de 3 cm de argamassa. Graças a esse processo, foi possível quantificar separadamente o material utilizado, como o m<sup>3</sup> de concreto, por

exemplo. As Figuras 27 e 28 ilustram o detalhamento e a configuração das camadas no modelo.

Figura 27: Painel Monolítico em EPS - Detalhamento



Fonte: Autoria própria

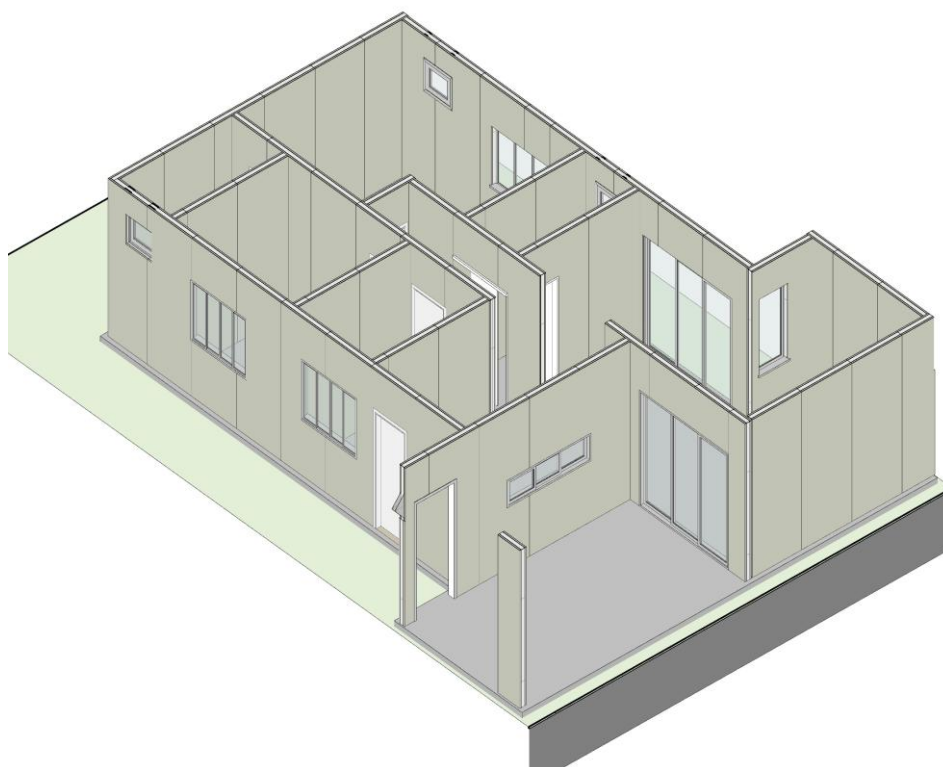
Figura 28: Camadas do Painel - Ferramenta Wall

Camadas						
LADO EXTERNO						
	Função	Material	Espessura	Coberturas	Material estrutural	Variável
1	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas acima d</b>	<b>0,0000</b>			
2	Estrutura [1]	.Concreto - Usin	0,0300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Estrutura [1]	Malha EPS	0,0050	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Estrutura [1]	Poliestireno, Ex	0,0800	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Estrutura [1]	Malha EPS	0,0050	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Estrutura [1]	.Concreto - Usin	0,0300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	<b>Limite do núcleo</b>	<b>Camadas abaixo</b>	<b>0,0000</b>			

Fonte: Autoria própria

Os painéis utilizados possuem dimensões padronizadas de 1,20 m de comprimento por 3,00 m de altura, com núcleo de EPS de densidade entre 10 e 15 kg/m<sup>3</sup> e telas de aço galvanizado eletrossoldadas. A disposição dos elementos buscou preservar a arquitetura original; entretanto, essa adaptação direta não é a mais eficiente para o sistema em EPS, uma vez que as esquadrias normalmente são posicionadas nas junções entre painéis, reduzindo a necessidade de cortes durante a execução. No modelo analisado, a posição pré-definida das esquadrias resultou em um maior número de recortes, conforme ilustrado na Figura 29.

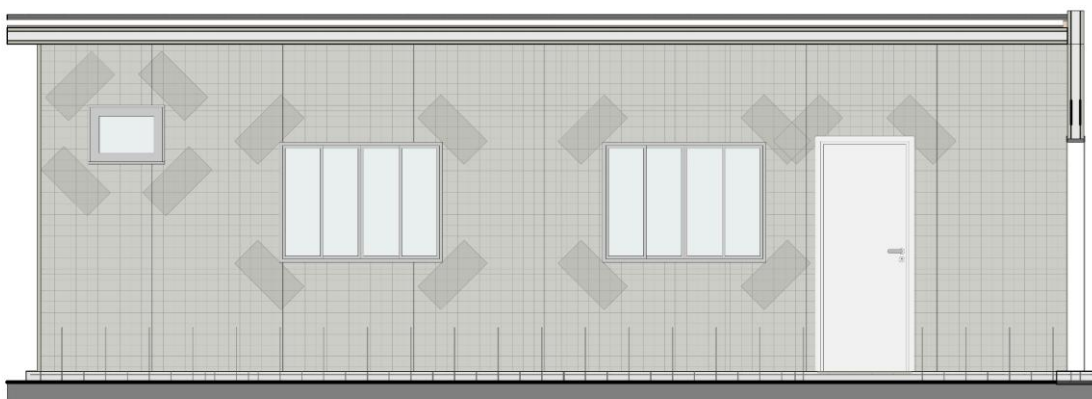
Figura 29: Painéis e Esquadrias posicionados



Fonte: Autoria própria

Durante a etapa da modelagem, foram empregados os 3 tipos básicos de reforços apresentados anteriormente, todos confeccionados com arame de aço galvanizado composto pela mesma malha dos Painéis. A malha de reforço plano foi aplicada em 45° nos cantos das aberturas de portas e janelas, locais onde há maior concentração de esforços, conforme ilustra a Figura 30.

Figura 30: Malha de Reforço plano

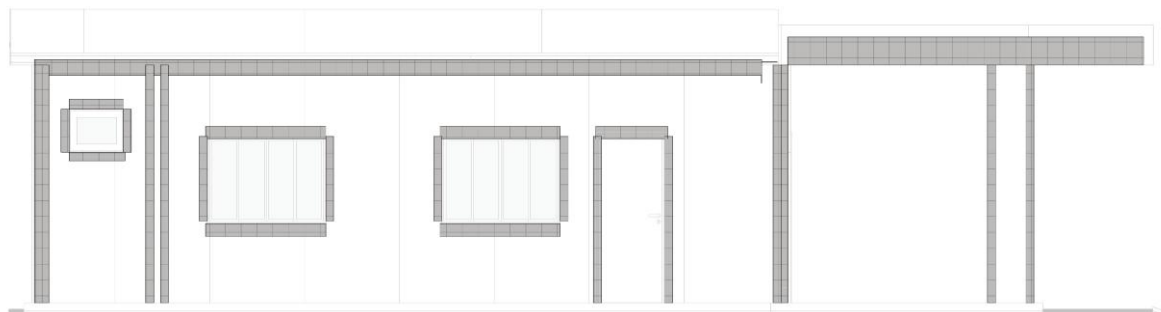


Fonte: Autoria própria

A malha de reforço tipo U foi utilizada em todo o perímetro de abertura das portas, janelas e similares, garantindo a integralidade estrutural e evitando que

revestimentos sejam aplicados diretamente sobre o núcleo de EPS, conforme ilustra a Figura 31.

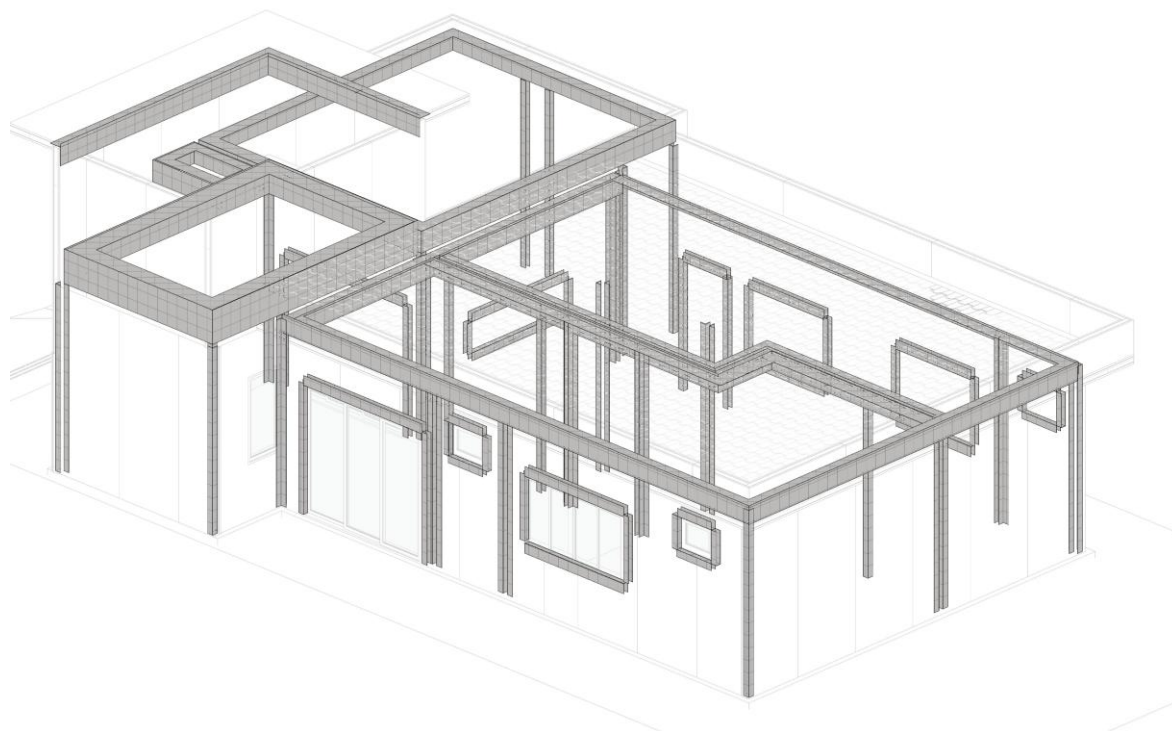
Figura 31: Malha de Reforço "U"



Fonte: Autoria própria

Por fim, a malha de reforço tipo L foi aplicada em todo o encontro de paredes perpendiculares, promovendo conexão direta entre os painéis, integralizando a estrutura em um único sistema monolítico. Também foi aplicada para fixar todos os painéis que foram utilizados para pisos e lajes, mantendo a integralidade da estrutura, podendo ser observado na Figura 32.

Figura 32: Malhas de Reforço Geral, Vista 3D



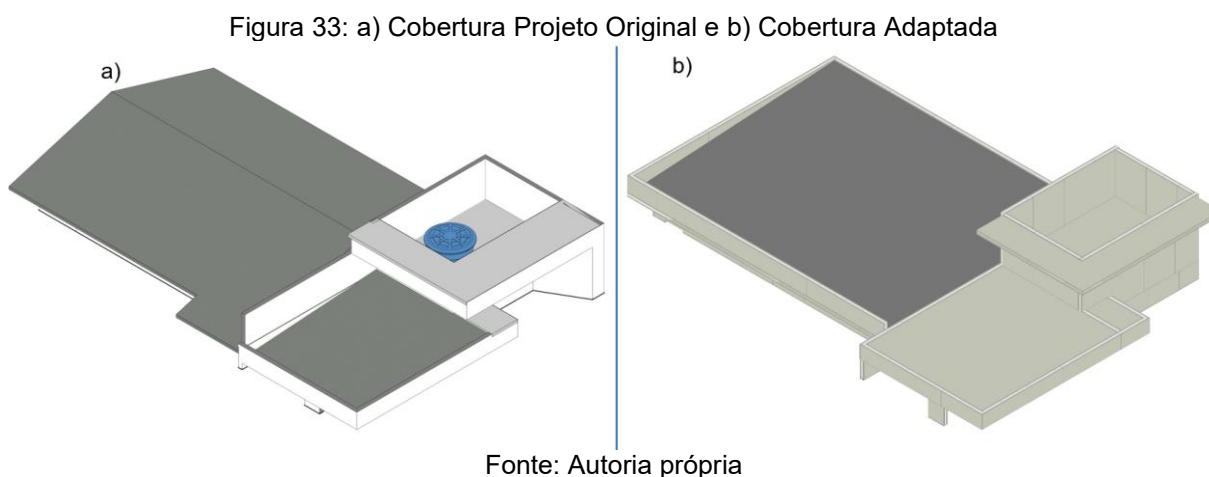
Fonte: Autoria própria

As lajes também foram projetadas utilizando o painel monolítico em EPS, com o reforço disposto conforme as orientações dos manuais técnicos e dos artigos apresentados na revisão bibliográfica. As malhas de aço, confeccionadas com o

mesmo material da malha do painel, foram aplicadas nas interseções entre os painéis de parede e os painéis de laje, de modo a assegurar a continuidade estrutural.

A modelagem das lajes seguiu o mesmo princípio da parede, implicando em um piso dividido em camadas, facilitando o levantamento de materiais. As lajes em painel monolítico de EPS foram aplicadas em todo o edifício, mantendo a continuidade estrutural do sistema e oferecendo níveis de isolamento térmico e acústico, características inerentes ao material.

A cobertura foi o elemento do projeto que mais sofreu alterações, sendo quase integralmente adaptada em relação ao projeto original, a fim de se adequar ao sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS. De modo geral, o material do telhado foi substituído — de telhas cerâmicas para telhas metálicas — com o objetivo de permitir uma inclinação menor. Além disso, a cobertura, que originalmente apresentava duas águas para drenagem, foi modificada para apenas uma, simplificando a execução e reduzindo o volume de conexões, ilustrado na Figura 33. Esse processo foi necessário devido às particularidades do sistema monolítico que apresenta um isolamento térmico devido as características inerentes do EPS que deve estar presente em toda a extensão da edificação, podendo ser substituído na parte da cobertura com telhas tipo Confort Térmica.



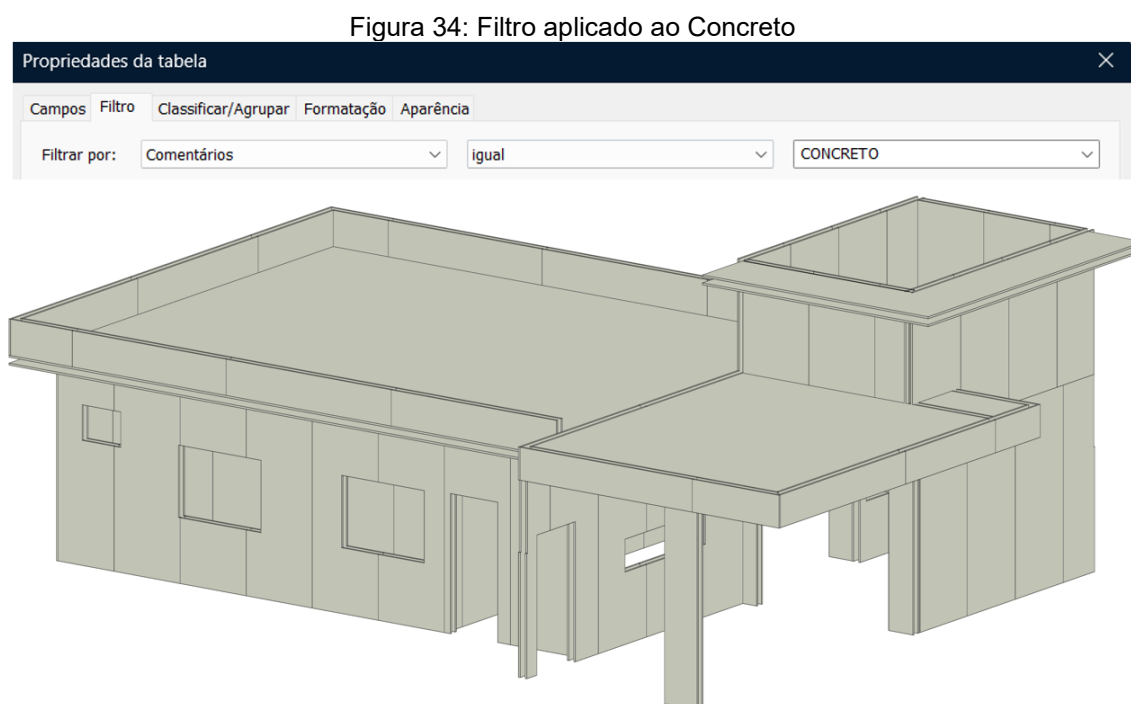
Outro detalhe construtivo foi a utilização de laje em EPS como fechamento da cobertura da estrutura antes do posicionamento do telhado, mantendo a integridade e o isolamento térmico/acústico da edificação. Por fim, a platibanda foi executada com painéis monolíticos posicionados horizontalmente (deitados), solução que contribuiu para a economia de materiais e a racionalização das ligações.

Para a cobertura da garagem, os painéis monolíticos foram utilizados com uma leve inclinação, funcionando como água de drenagem e eliminando a necessidade de telhado convencional, já que se tratava de um vão mais simples e de pequenas dimensões.

### 3.4 Extração de dados e quantitativos

A coleta dos dados foi realizada diretamente a partir dos quantitativos extraídos do modelo desenvolvido no software Revit 2024. Foram considerados apenas os insumos relacionados às adaptações entre os dois sistemas construtivos, excluindo-se elementos que não apresentaram variação de custo, como esquadrias e projetos complementares.

Os quantitativos foram obtidos por meio de filtros aplicados às propriedades dos elementos modelados no Revit, permitindo o isolamento de materiais específicos, conforme exemplificado na Figura 34.



Fonte: Autoria própria

A partir dos quantitativos extraídos do modelo, foram elaboradas tabelas síntese que representam os principais insumos utilizados na comparação entre os sistemas construtivos. No corpo do texto, optou-se por apresentar apenas as tabelas consideradas essenciais para a compreensão geral do projeto e das adaptações realizadas. Os demais quantitativos extraídos da modelagem, incluindo os insumos

da estrutura original em concreto armado, da fundação, do radier adaptado e dos painéis monolíticos de EPS, encontram-se apresentados de forma detalhada nos Apêndices A e B. O Apêndice C apresenta a planilha orçamentária analítica de custos, elaborada a partir dos quantitativos levantados, servindo de base para a análise comparativa econômica entre os sistemas construtivos avaliados.

Os insumos da arquitetura do sistema convencional referem-se, principalmente, às áreas de paredes e cobertura, que impactam diretamente os custos dos elementos de vedação e do sistema de telhado. Os quantitativos completos ausentes estão apresentados no Apêndice A.

A Tabela 2 apresenta a área total de paredes da edificação, discriminada por tipo de parede, fornecendo uma visão geral da dimensão das vedações consideradas no estudo. A Tabela 3 apresenta a área total de cobertura do projeto original, bem como o tipo de telha adotado.

Tabela 2: Área de Parede - Arquitetura

<b>Descrição</b>	<b>Área</b>
Parede externa e = 15 cm	173,73 m <sup>2</sup>
Parede interna e = 15 cm	45,87 m <sup>2</sup>
Parede interna e = 15 cm: Acabamento	51,23 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>270,84 m<sup>2</sup></b>

Fonte: Autoria própria

Tabela 3: Área de Telhado - Arquitetura

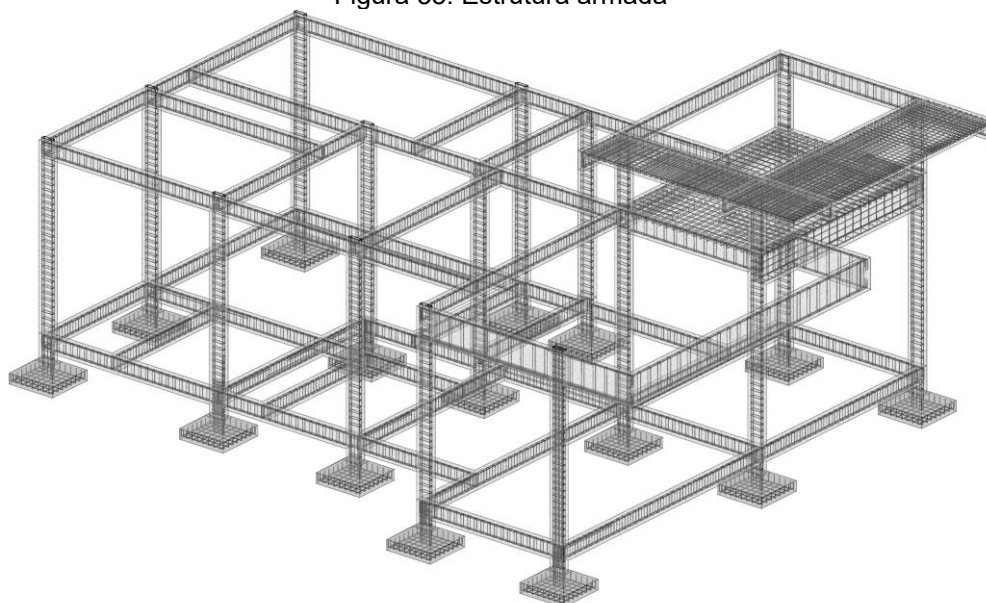
<b>Descrição</b>	<b>Área</b>
Telhado de Cerâmica	88,24 m <sup>2</sup>
Telhado de Cerâmica - Garagem	22,62 m <sup>2</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>110,86 m<sup>2</sup></b>

Fonte: Autoria própria

Os insumos estruturais do sistema convencional compreendem as armaduras e os volumes de concreto utilizados em fundações, pilares, vigas e lajes. Para a etapa de orçamentação, os quantitativos de aço extraídos em metros foram convertidos para quilogramas com base na densidade do material, adequando-os às composições do SINAPI. Os quantitativos detalhados do projeto arquitetônico e estrutural originais encontram-se apresentados no Apêndice A.

A Figura 35 apresenta a visualização da estrutura e da fundação do projeto com filtro de transparência, permitindo a identificação dos elementos estruturais e de suas respectivas armaduras.

Figura 35: Estrutura armada



Fonte: Autoria própria

Os insumos do projeto adaptado em painéis monolíticos de EPS incluem os quantitativos de armaduras e concreto do radier, o número de painéis utilizados, os volumes de argamassa aplicados nas camadas de revestimento dos painéis e as malhas de reforço empregadas nas conexões e aberturas.

A Tabela 4 faz o levantamento do número geral de painéis monolíticos necessários para a construção da edificação, sendo que o primeiro item é contabilizado por meio de um filtro que isola elementos e os contabiliza pela área de aplicação, enquanto o segundo item é contabilizado por unidade. Essa abordagem foi necessária, pois alguns elementos não são facilmente contabilizados por unidade, como no caso das lajes/pisos e dos painéis que foram cortados em várias partes para se adaptarem ao projeto. Enquanto a Tabela 5 apresenta a área de aplicação de telhado metálico a inclinação de 6%. Os demais quantitativos do sistema em EPS encontram-se apresentados no Apêndice B.

Tabela 4: Painéis Monolíticos

Material	Comentários	Área	Total
Painel Monolítico EPS	FILTRO ÁREA	160,91 m <sup>2</sup>	45
Painel Monolítico EPS	UND	196,76 m <sup>2</sup>	70

Fonte: Autoria própria

Tabela 5: Telhado Metálico

Descrição	Área
TELHA METÁLICA I= 6%	73,13 m <sup>2</sup>

Fonte: Autoria própria

### **3.5 Orçamento Analítico de Custos Diretos**

O orçamento desenvolvido neste estudo caracteriza-se como um levantamento de custos diretos, conforme a classificação apresentada no subtópico 2.4. Portanto, trata-se de um levantamento de custos parcial, voltado principalmente à identificação, quantificação e valoração dos insumos e serviços necessários à execução dos dois sistemas construtivos analisados, sem a incorporação de BDI, custos indiretos, encargos administrativos ou margem de lucro. Dessa forma, a planilha do presente estudo se enquadra como um orçamento analítico de custos diretos, cuja finalidade é permitir a comparação econômica entre os sistemas de alvenaria convencional e de painéis monolíticos de EPS, mantendo o foco estritamente no objetivo da pesquisa.

Vale ressaltar que este levantamento de custos, contempla apenas os custos diretamente associados à adaptação dos sistemas construtivos, concentra-se nas diferenças arquitetônicas, estruturais e de fundação, tornando o estudo mais objetivo e alinhado à finalidade proposta.

#### **3.5.1 Base de Dados**

Para a definição dos custos unitários dos serviços, adotou-se como principal referência o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI), por meio de seu caderno de composições e caderno de insumos, referência Macapá – AP, emissão dia 10 de outubro de 2025. As composições do SINAPI foram utilizadas sempre que disponíveis e compatíveis com os serviços analisados, contemplando materiais, mão de obra e equipamentos, conforme as metodologias executivas padronizadas pelo sistema.

De modo geral, a base do SINAPI mostrou-se suficiente para o levantamento dos custos diretos do projeto, não sendo considerados BDI, encargos indiretos e lucro. Ainda assim, foi necessária a complementação de dados por meio de composições próprias, em razão de se tratar de um sistema construtivo relativamente recente, como no caso do valor unitário dos painéis de EPS, dos custos relacionados à sua instalação e dos aditivos incorporados à argamassa utilizada no sistema.

### 3.5.2 Composições Próprias e Cotações

Em função da inexistência de composições específicas na base do SINAPI para o serviço de execução de painéis monolíticos de EPS, incluindo as etapas de posicionamento, amarração, chapisco e revestimento com argamassa projetada, optou-se pela elaboração de uma composição própria de custos. A composição foi feita com base na estimativa de produtividade da mão de obra e nos custos horários obtidos a partir do SINAPI, restringindo-se à análise dos custos diretos, sem a consideração de BDI, encargos indiretos e lucro.

Para a execução do serviço, considerou-se uma equipe padrão composta por um pedreiro e um ajudante. A produtividade adotada contemplou as etapas de locação do arranque no radier, posicionamento, prumo, escoramento provisório e amarração dos painéis verticais, bem como o posicionamento dos painéis de laje em EPS, resultando em um consumo de mão de obra de 1,0 h/m<sup>2</sup>. Adicionalmente, foram incluídas as etapas de chapisco e aplicação da argamassa por meio de projetor. Considerou-se que os revestimentos são executados em ambas as faces dos painéis, o que implica a existência de duas superfícies de trabalho para cada metro quadrado de painel. Para essas etapas, adotou-se uma produtividade de 0,75 h/m<sup>2</sup> por face, totalizando 1,50 h/m<sup>2</sup> referentes às operações de projeção.

Dessa forma, a produtividade global adotada para a execução completa dos painéis monolíticos de EPS foi de 2,50 h/m<sup>2</sup>, incluindo serviços de posicionamento, amarração, chapisco e revestimento com argamassa projetada. Os custos horários da mão de obra foram obtidos a partir da base SINAPI, sendo considerados os valores de R\$ 21,21/h para o pedreiro e R\$ 15,05/h para o ajudante, totalizando um custo de R\$ 36,26/h por equipe. Aplicando-se a produtividade global adotada, obteve-se um custo unitário de mão de obra de R\$ 90,65/m<sup>2</sup>, conforme descrito no Apêndice C – Orçamento Analítico de Custos Diretos. A adoção dessa metodologia possibilita a obtenção de uma composição de custos mais transparente e tecnicamente fundamentada.

O Painel Monolítico de EPS foi cotado pelo valor médio de R\$ 461,95, com base nos preços praticados pelos fabricantes previamente citados neste trabalho, já incluindo a malha eletrossoldada que acompanha o painel. A cotação da malha de reforço foi realizada com base em telas de aço do tipo malha POP eletrosoldada pesada, com configuração similar às utilizadas no sistema de painéis. Adicionalmente,

foi incorporado, por cotação própria, o valor estimado do aditivo de microfibra de polipropileno para a argamassa. Já o aditivo plastificante teve seu custo considerado a partir do insumo correspondente presente no caderno de insumos do SINAPI.

### 3.5.3 Planilha

Com base nos quantitativos extraídos dos modelos BIM, procedeu-se à identificação e à composição dos serviços necessários para a execução de cada sistema construtivo analisado. Para a sistematização e o tratamento dos dados, utilizou-se o Microsoft Excel, software de planilha eletrônica que possibilita a organização das informações e a realização de cálculos, em conjunto com os modelos em Revit, que facilitam a filtragem e a estruturação dos dados extraídos do modelo.

Como exemplo, a Tabela 6 apresenta a composição utilizada para o serviço de armação de pilares e vigas. Observa-se que a unidade adotada na composição é o quilograma (kg), o que demandou a conversão do comprimento de aço, originalmente quantificado em metro, para massa, utilizando-se a densidade do aço.

Tabela 6: Exemplo de Composição do SINAPI

Código	Descrição da Composição	Unid.	Custo Total (R\$)			
			SEM desoneração	%AS	COM desoneração	%AS
92760	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	15,26	1%	14,97	1%
92761	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	14,57	1%	14,38	1%
92759	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	15,78	2%	15,35	2%

Fonte: Adaptado de SINAPI, (2025).

No caderno técnico de composições do SINAPI, especificamente no grupo Armação para Estruturas de Concreto Armado, encontram-se detalhados os serviços complementares necessários à execução dessa atividade, assim como seus respectivos coeficientes por unidade de serviço. Dentre os insumos e serviços que compõem essa composição destacam-se o corte e dobra do aço, o armador com encargos complementares, o ajudante de armador com encargos, o arame recozido nº 16 (diâmetro de 1,65 mm) ou nº 18 (diâmetro de 1,25 mm), além dos espaçadores ou distanciadores circulares para vergalhões. As demais composições utilizadas no orçamento seguem a mesma lógica metodológica apresentada neste exemplo, variando apenas quanto aos insumos, encargos e coeficientes, conforme o tipo de serviço analisado.

### 3.5.3.1 Sistema em Concreto Armado

No sistema construtivo convencional, a fundação adotada foi do tipo sapata rasa isolada. Dentre os subitens dessa etapa, destacam-se a armação dos blocos de fundação com aço CA-50, a concretagem das sapatas, realizada com uso de bomba, contemplando as etapas de lançamento, adensamento e acabamento, assim como os serviços de escavação manual para as sapatas isoladas e vigas baldrame. Para a execução desses elementos, foram adotadas fôrmas moldadas in loco, executadas com madeira serrada, sistema empregado em obras convencionais de concreto armado no contexto regional.

A estrutura em concreto armado foi composta pelos serviços de concretagem de pilares, vigas e lajes, com emprego de bomba para lançamento, adensamento e acabamento. A armação estrutural considerou armaduras com diferentes diâmetros e classes de aço, conforme as exigências de cada elemento estrutural. Adicionalmente, foi incluído o serviço de contrapiso, executado como camada de regularização e base para o revestimento final. Também foram considerados os serviços de fabricação, montagem e desmontagem das fôrmas de madeira serrada para pilares, vigas, lajes e vigas baldrame, em consonância com as práticas executivas adotadas no sistema convencional.

As paredes de vedação foram executadas em alvenaria de blocos cerâmicos furados assentados na horizontal, com dimensões de 9 × 14 × 19 cm, utilizando argamassa de assentamento preparada em betoneira. Como revestimento, foram considerados os serviços de chapisco aplicado manualmente com colher de pedreiro, seguido de emboço com preparo mecânico em betoneira e aplicação manual. Complementarmente, foram incluídos os serviços de execução de vergas e contravergas moldadas in loco em concreto, com espessura de 10 cm, destinadas aos vãos de portas e janelas.

A cobertura em telhado cerâmico foi feita com base na composição referente ao telhamento com telhas cerâmicas de encaixe, tipo portuguesa, com até duas águas, incluindo o transporte vertical dos materiais. A estrutura de apoio do telhado foi composta por trama de madeira constituída por ripas, caibros e terças, compatível com telhados de até duas águas. Foram ainda considerados os serviços de execução de calhas e rufos em chapa de aço galvanizado.

### 3.5.3.2 Sistema em Painéis Monolíticos de EPS

No sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS, a fundação adotada foi do tipo radier, executada sobre o solo previamente preparado. As etapas consideradas para a execução dessa fundação incluíram a escavação manual das vigas de borda, a compactação mecânica do solo, a execução de lastro com material granular, a aplicação de camada separadora em lona plástica e a montagem das fôrmas em madeira serrada. A armação do radier foi realizada com tela eletrossoldada tipo Q-138, seguida da concretagem com concreto, abrangendo as etapas de lançamento, adensamento e acabamento. Sendo que, para o orçamento, foi necessário transformar a unidade da tela Q-138 de metros quadrados para quilogramas através do coeficiente com valor de 4,4 conforme a composição apresentada no caderno SINAPI para execução de Radier, detalhe ilustrado na figura 34.

Figura 36: Coeficiente de armadura - composição de Radier para 1m<sup>2</sup>

TIPO	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UND.	COEF.
C	97090	ARMAÇÃO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM USO DE TELA Q-138. AF_09/2021	KG	4,4

Fonte: Sinapi (2025).

A execução do sistema em EPS contemplou o posicionamento e a amarração dos painéis, bem como a instalação complementar de malhas de reforço, conforme as necessidades estruturais do projeto. O revestimento estrutural foi realizado com argamassa no traço 1:3 (cimento e areia), preparada mecanicamente em betoneira, aplicada por meio de projeção mecânica.

Para a aplicação da argamassa projetada, foram considerados equipamentos específicos de projeção, incluindo aditivo plastificante retardador de pega e microfibras de polipropileno. Foi necessário destrinchar essa etapa de produção e aplicação da argamassa utilizada nos painéis monolíticos, uma vez que as composições do SINAPI inicialmente identificadas como possíveis alternativas para representar esse serviço mostraram-se inadequadas ao sistema construtivo em análise. Dentre essas composições, destaca-se o item 104223 – Emboço ou massa única em argamassa industrializada, preparo mecânico e aplicação com equipamento de mistura e projeção, que, apesar de pertencer ao grupo de revestimentos externos, não é indicado para aplicação em painéis monolíticos de EPS.

Conforme observado no Caderno Técnico de Composições do SINAPI, o item 104223 refere-se à execução de massa única externa em argamassa industrializada, aplicada por projeção, com a incorporação de tela metálica galvanizada ao revestimento. Entretanto, o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS demanda o uso de uma argamassa específica, com traço próprio definido pelo fabricante do sistema, geralmente composta por cimento, areia, aditivos específicos e microfibras, e não admite a substituição por argamassas industrializadas convencionais de revestimento. A utilização desse tipo de argamassa industrializada poderia comprometer o desempenho estrutural e o comportamento mecânico do conjunto painel–revestimento, descaracterizando o sistema construtivo analisado. Assim, optou-se por separar essa etapa e adotar uma composição específica, compatível com o traço e o processo construtivo do painel monolítico.

A cobertura do sistema em painéis monolíticos de EPS foi executada com telhamento em telhas metálicas de aço/alumínio, com espessura de 0,5 mm e inclinação compatível com telhados de até duas águas. A estrutura de apoio foi composta por trama de madeira constituída por terças, adequada para telhas metálicas, incluindo o transporte vertical dos materiais. Em seguida, foram considerados os serviços de execução de calhas e rufos em chapa de aço galvanizado.

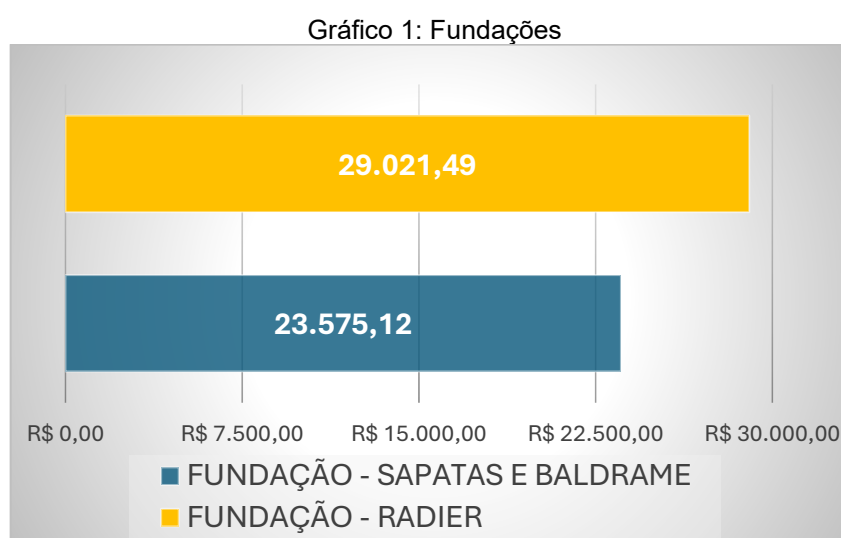
## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos a partir do levantamento de custos referentes aos dois sistemas construtivos analisados: o método convencional em concreto armado com vedação em bloco cerâmico e o sistema construtivo monolítico com painéis em EPS. A análise concentrou-se nas etapas de infraestrutura, superestrutura, paredes, contrapiso e cobertura conforme delimitado na metodologia, podendo ser acompanhado no Apêndice C – Orçamento Analítico de Custos.

### 4.1 Da fundação

Em uma primeira análise, a fundação em sapatas isoladas apresentou menor custo quando comparada a uma solução mais complexa, como a fundação do tipo radier. No sistema construtivo convencional analisado, a fundação em sapatas isoladas correspondeu a aproximadamente 12,26% do custo total da edificação, resultando em um valor estimado de R\$ 23.575,12, o que mostra sua viabilidade econômica para edificações de pequeno porte nessas condições.

Em contrapartida, a fundação do tipo radier apresentou maior participação no custo total da edificação. No projeto executado com painéis estruturais de EPS, o radier representou cerca de 18,75% do custo total, totalizando R\$ 29.021,49. A comparação entre os sistemas é apresentada no Gráfico 01, permitindo visualizar de maneira direta a diferença monetária direta das fundações nos custos globais de cada método construtivo.



Fonte: Autoria própria

Esse comportamento é coerente com o que descrito na literatura técnica, uma vez que fundações em sapatas isoladas associadas a vigas baldrame tendem a apresentar menor custo direto inicial em relação ao radier, sobretudo em edificações térreas. Isso se deve ao fato de as sapatas trabalharem com cargas pontuais, exigindo menores volumes de concreto e aço, além de escavações localizadas, o que reduz os custos de execução.

Por outro lado, o radier configura-se como uma laje de concreto armado apoiada sobre o solo, responsável por promover a distribuição uniforme das cargas, o que implica maior consumo de materiais e maior custo inicial. Entretanto, sob uma análise sistêmica, o radier pode apresentar vantagens econômicas indiretas, uma vez que pode substituir o piso estrutural e o contrapiso convencional, reduzindo etapas construtivas e simplificando o processo executivo.

#### **4.2 Sobre a estrutura e vedação**

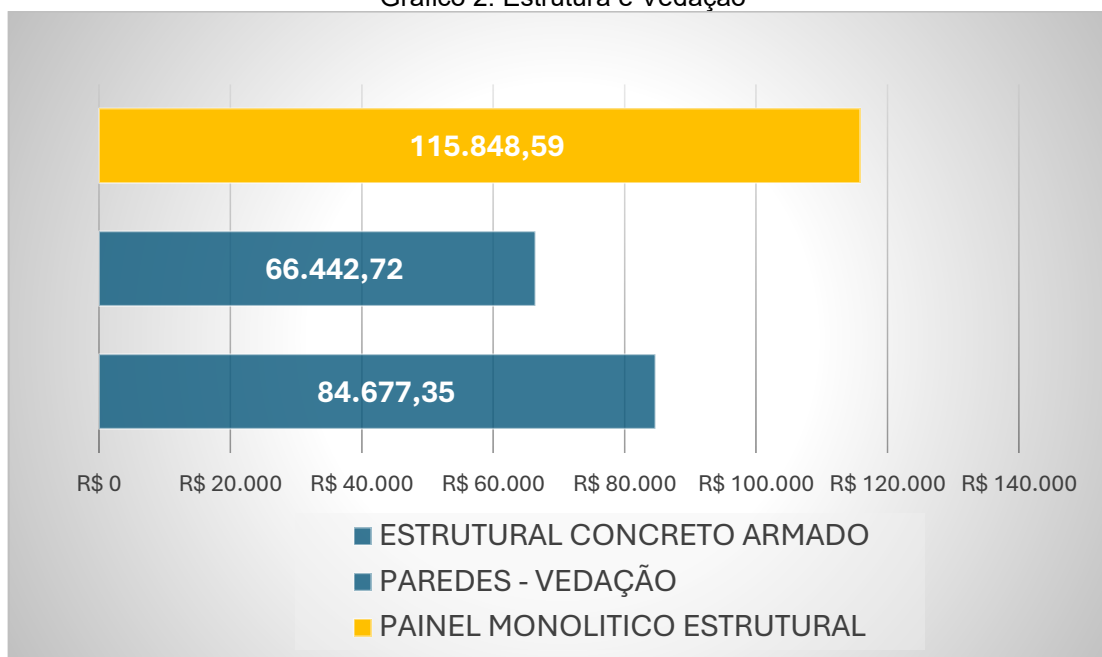
A estrutura do projeto executado pelo sistema convencional representou pouco mais de 44% do custo total do projeto avaliado, com valor total de R\$ 84.677,35.

Enquanto no sistema construtivo com painéis monolíticos em EPS, a estrutura está diretamente integrada à vedação, uma vez que se trata de um sistema monolítico. Dessa forma, essa etapa apresentou um valor proporcionalmente mais elevado, correspondendo a aproximadamente 75% do custo total do projeto adaptado, com valor total de R\$ 115.848,59. Assim, os custos estruturais englobam não apenas os materiais responsáveis pela resistência mecânica, mas também os elementos que compõem o fechamento da edificação, concentrando grande parte do investimento em uma única etapa construtiva.

Já a etapa vedação no projeto com sistema convencional representou 34,56% do custo total, com valor aproximado de R\$ 66.442,72. Tal separação evidencia a fragmentação das etapas construtivas no método convencional, o que contribui para a distribuição dos custos entre estrutura e vedação, diferentemente do sistema monolítico em EPS, no qual esses custos são concentrados majoritariamente na etapa estrutural.

O Gráfico 02 apresenta os valores do tópico estrutura e paredes lado a lado, proporcionando visão ampla para análise.

Gráfico 2: Estrutura e Vedação



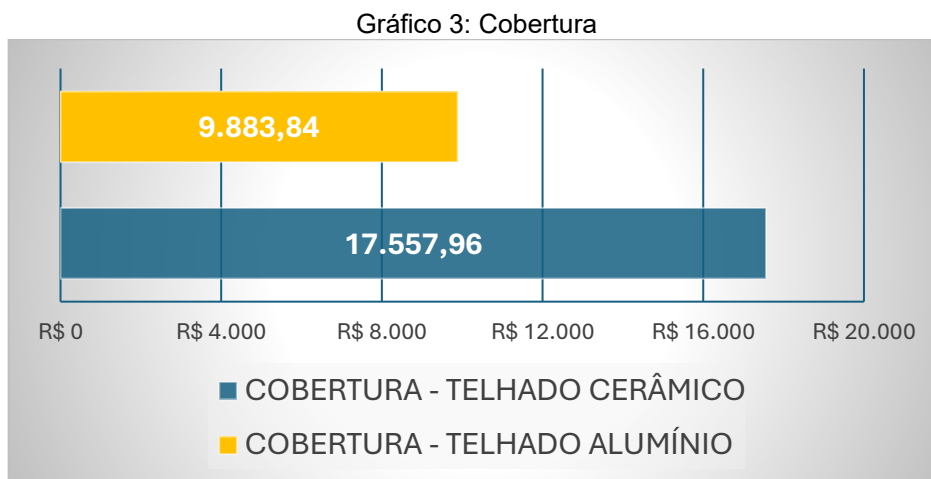
Fonte: Autoria própria

Observa-se que, embora o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS apresente um custo unitário superior, ele integra as funções estruturais e de vedação executadas separadamente no método convencional. Ao considerar a soma dos custos da estrutura em concreto armado e das paredes em alvenaria cerâmica, o sistema convencional alcança o valor total de R\$ 151.120,07, superando em R\$ 35.271,48 o custo do sistema em EPS. Esse resultado mostra-se coerente, já que o sistema em EPS consolida duas etapas construtivas em uma única execução, enquanto o método convencional demanda a realização de etapas sucessivas para a obtenção do mesmo resultado funcional.

### 4.3 Da cobertura

A análise da cobertura mostrou-se mais direta, já que a adaptação do projeto para o sistema construtivo com painéis em EPS resultou em uma redução significativa da área coberta, além da substituição do sistema de telhamento de telhas cerâmicas para telhas metálicas, que permitem menores inclinações quando comparadas. Em função dessas alterações, o custo da cobertura no sistema em EPS foi inferior, representando pouco mais de 6% do custo total da edificação, com valor de R\$ 9.883,84, considerando o fornecimento das telhas metálicas e a estrutura de madeira.

Em contrapartida, no projeto convencional, a cobertura representou aproximadamente 10% do custo total da obra, com valor de R\$ 17.557,96, conforme ilustra o Gráfico 03.

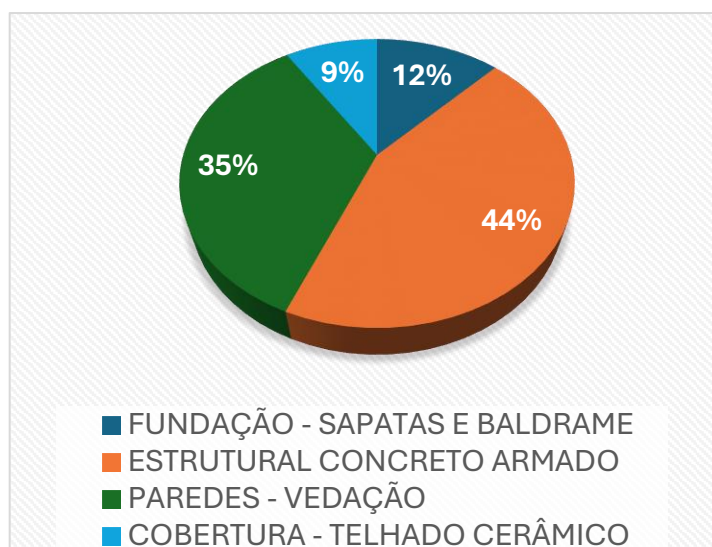


Fonte: Autoria própria

#### 4.4 Análise geral

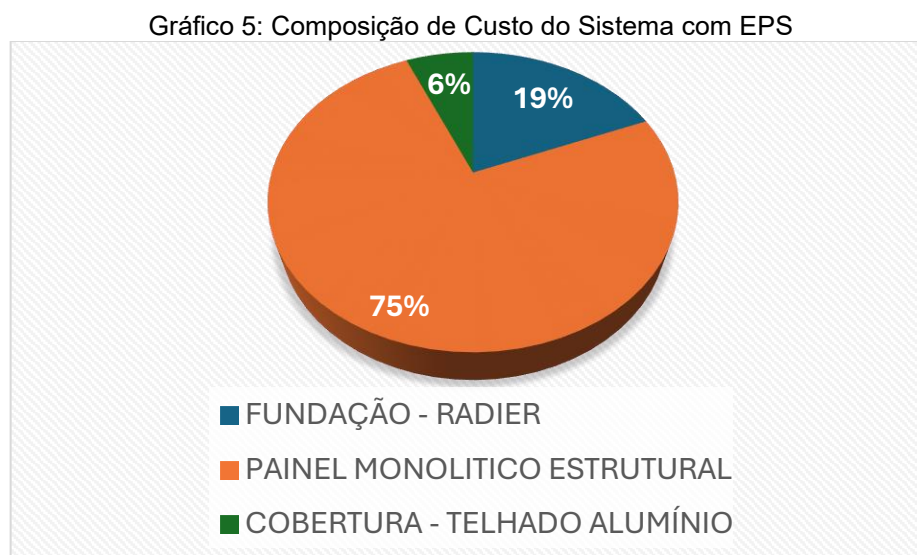
No levantamento de custos, o projeto convencional, composto por estrutura em concreto armado, alvenaria em blocos cerâmicos e fundação em sapatas e baldrame, apresentou um custo total de R\$ 192.253,15, distribuído em R\$ 23.575,12 referentes à fundação, R\$ 16.162,87 ao contrapiso, R\$ 68.514,49 à estrutura em concreto armado, R\$ 66.442,72 às paredes em blocos cerâmicos e R\$ 17.557,96 à cobertura., conforme é apresentado em termos de porcentagem o gráfico 04.

Gráfico 4: Composição de Custo do Sistema Convencional



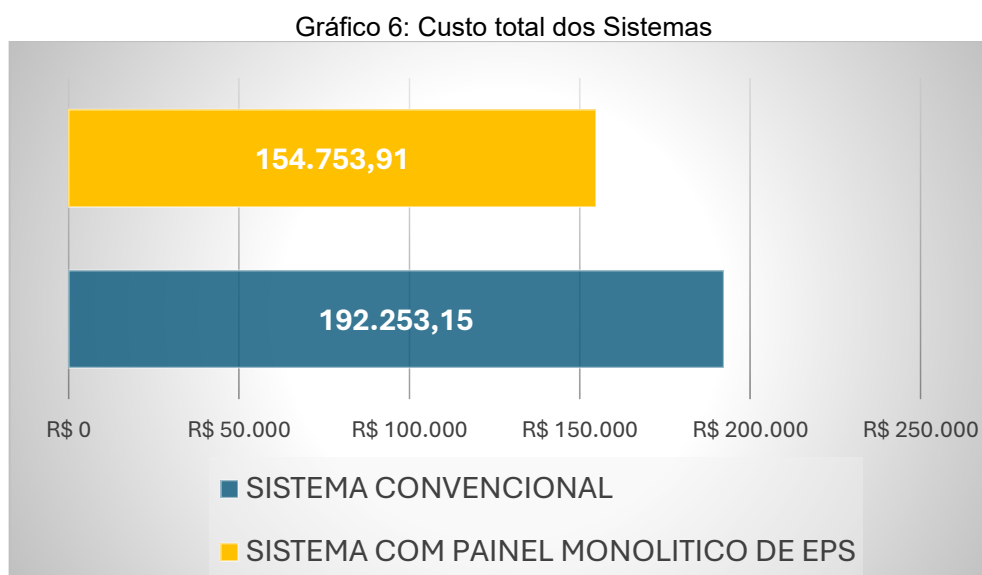
Fonte: Autoria própria

Em contrapartida, o projeto adaptado para o sistema construtivo em EPS apresentou um custo total de R\$ 154.753,91, sendo R\$ 29.021,49 referentes à fundação do tipo radier, R\$ 115.848,59 relativos aos painéis monolíticos em EPS, e R\$ 9.883,84 destinados à cobertura, conforme ilustra a composição em porcentagem no gráfico 5.



Fonte: Autoria própria

A comparação entre os sistemas evidencia uma economia global aproximadamente de 19,5% para o sistema construtivo em EPS, o que corresponde a uma redução de R\$ 37.499,24 em relação ao método convencional, conforme identificado no Gráfico 6.



Fonte: Autoria própria

## 5 CONCLUSÕES

O primeiro objetivo específico proposto foi cumprido com êxito. A tecnologia BIM foi eficiente na modelagem das particularidades de cada sistema construtivo, permitindo, por meio do Revit 2024, a realização do levantamento quantitativo dos materiais da residência unifamiliar analisada, tanto para o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS quanto para o sistema convencional.

Com a conclusão dessas etapas, foi possível utilizar as composições e os insumos disponíveis na base de dados do SINAPI, referência em Macapá – AP – 2025, para realizar as demais etapas. A elaboração de uma análise comparativa de custos, por meio de uma planilha orçamentária analítica de custos diretos. Na sequência, procedeu-se à avaliação da viabilidade econômica do sistema construtivo em EPS, considerando o contexto atual da construção civil local.

O objetivo geral proposto também foi integralmente atendido. Foi possível realizar uma análise comparativa econômica entre o método construtivo convencional, constituído por estrutura em concreto armado e vedação em blocos cerâmicos, e o sistema construtivo monolítico com painéis de EPS, utilizando a metodologia BIM, por meio do software Revit, como ferramenta de apoio ao levantamento de quantitativos e à elaboração das estimativas de custos.

A partir dos resultados obtidos, foi possível constatar que o sistema construtivo em EPS apresentou menor custo global, com uma economia de aproximadamente 19,5%, considerando exclusivamente os elementos vinculados ao sistema construtivo. Esse resultado está associado, principalmente, à integração entre estrutura e vedação, à diminuição de etapas construtivas e à redução da área de cobertura, fatores que impactam diretamente nos custos finais da edificação. Portanto, considerando o contexto local, considera-se que o sistema com painéis monolíticos de EPS é uma oportunidade viável economicamente e tecnicamente.

De modo geral, esse resultado mostra-se coerente com a literatura técnica, destacando-se o estudo de Mendes, Pereira e Rodrigues (2021), que identificaram uma economia aproximada de 13%, enquanto outras pesquisas apontam reduções de custo variando entre 7% e 35%, dependendo das características do projeto e do sistema construtivo adotado. Entretanto, a maior parte dos estudos concentra seus resultados em uma faixa intermediária, compreendida entre 15% e 25% de redução

no custo total da obra, quando ambos os sistemas são comparados com escopos equivalentes e metodologias compatíveis.

Nesse contexto, o resultado obtido no presente estudo, que indica uma economia da ordem de 19,5% para o sistema construtivo com painéis monolíticos de EPS, mostra-se coerente com os valores reportados em outros estudos, reforçando a consistência metodológica da análise realizada e a viabilidade econômica do sistema alternativo proposto.

O uso do BIM, aliado à base de dados SINAPI, mostrou-se fundamental para a confiabilidade da pesquisa, permitindo a extração de quantitativos a partir da padronização das premissas e da simulação de diferentes sistemas construtivos a partir de um mesmo modelo arquitetônico. Dessa forma, a metodologia empregada demonstrou-se eficiente para estudos comparativos de viabilidade econômica na construção civil.

## **5.1 Limitações do trabalho**

Ressalta-se que os resultados obtidos devem ser interpretados em ciência das limitações do estudo, uma vez que a análise considera apenas as premissas fundamentais de cada sistema construtivo, com as adaptações necessárias para o objetivo da pesquisa. Não foram incluídos projetos complementares, como instalações elétricas, hidrossanitárias e de gás, bem como custos indiretos, encargos, lucro, custos de canteiro de obras ou o detalhamento executivo necessário para aplicação prática em uma obra real. Assim, as composições de custos adotadas possuem caráter simplificado e representam apenas uma estimativa preliminar, não substituindo um orçamento executivo completo.

Embora o estudo se apoie em uma base de referências técnicas e apresente um nível de desenvolvimento do modelo (LOD) aproximado de 300, ele não deve ser interpretado como um projeto executivo com finalidade comercial, mas sim como uma análise de caráter estritamente científico e comparativo.

Vale ressaltar, ainda, a flutuação dos valores obtidos em função das composições de custos adotadas, especialmente no que se refere às composições de fôrmas para o concreto armado. O custo global do sistema convencional é significativamente influenciado pela utilização de fôrmas sem um sistema padronizado de reaproveitamento, considerando apenas uma única utilização, o que eleva de

forma expressiva o custo final da estrutura em concreto armado. Entretanto, ao se considerar um maior número de reaproveitamentos das fôrmas ou a adoção de materiais alternativos, como madeira compensada resinada, observa-se uma redução no custo do sistema convencional. Nesse cenário, a economia proporcionada pelo sistema construtivo com painéis monolíticos de EPS tende a diminuir, podendo situar-se em torno de 7% em relação ao sistema convencional, porém, sem deixar de apresentar vantagem econômica.

## 5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Por fim, é sugerido que trabalhos futuros aprofundem a análise por meio da inclusão de projetos complementares, e dos serviços faltantes citados, bem como a aplicação da metodologia em edificações de diferentes portes e tipologias, a fim de ampliar a compreensão sobre a viabilidade do sistema construtivo em EPS no contexto da construção civil brasileira.

Além disso, com o projeto completo em mãos, é possível elaborar um planejamento de obra que permita comparar o tempo de execução da edificação para cada sistema construtivo, destacando não apenas as economias geradas, mas também as vantagens e desvantagens relacionadas ao impacto ambiental.

Para fins de estudos futuros e análise dos resultados obtidos através desse trabalho, **as modelagens em BIM ficam disponibilizadas nos links em anexo**, através do QR CODE, além da planilha eletrônica do orçamento analítico de custos direto.

## REFERÊNCIAS

ALVES, L. P. **Comparativo do custo-benefício entre o sistema construtivo em alvenaria e os sistemas Steel Frame e Wood Frame**. Revista Especialize On-line IPOG, Goiânia, v. 1, n. 10, p. 1-23, 2015.

AUTODESK. *Revit 2024 – Documentation and Features*. Autodesk Knowledge Network, 2024. Disponível em: <https://www.autodesk.com>. Acesso em: 22 nov. 2025.

ARAÚJO, I. C.; PEREIRA, I. N. A.; PINHEIRO, Érika C. N. M. **Estudo do processo construtivo de um protótipo que servirá como base para uma residência unifamiliar utilizando painel monolítico em Manaus/Amazonas**. Brazilian Journal of Development, v. 8, n. 11, p. 70502–70521, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n11-003b. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/54345>. Acesso em: 9 nov. 2025.

AROM – Construções Inteligentes. **Obra residencial em painéis monolíticos de EPS, Fazendinha, Macapá–AP**. Material disponibilizado pela empresa. Acesso em: 03 jan. 2026.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2023 — Projeto de estruturas de concreto — Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

BASTOS, P. S. **Lajes de concreto armado**. 2021. Disponível em: <https://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Lajes.pdf>. Acesso em: 23 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**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.

BIMFORUM. **Level of Development Specification**. 2019. Disponível em: <https://bimforum.org/lod>. Acesso em: 22 nov. 2025.

CLÍMACO, J. C. T. de S. **Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. 2. ed. Brasília: Editora UnB; FINATEC, 2008.

EASTMAN, C. et al. *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling*. 2. ed. Hoboken: Wiley, 2011.

EMMEDUE S.p.A. **Pannelli Emmedue – Sistema Costruttivo M2**. Disponível em: <https://www.mdue.it/sistema-costruttivo/prodotti/pannelli-emmedue/>. Acesso em: 09 nov. 2025.

FLORES, M. B. **Comparação entre os sistemas construtivos em alvenaria convencional e painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS) para habitações unifamiliares**. TCC — Universidade Federal de Santa Maria, 2023.

GABALDE, B. de C. A.; CARDOSO, L. R. de A. **Quantificação e orçamento de edifícios residenciais com uso do BIM**. *Contribuciones a las Ciencias Sociales*, v. 18, n. 3, p. e16055, 2025. DOI: 10.55905/revconv.18n.3-052.

GUL, S.; SHAKEEL, S.; KHAN, H. A.; USMAN, M. **Flexural Behavior and Composite Action of Structural Concrete Insulated Panels as Floor Slabs**. *Buildings*, v. 15, n. 18, p. 3347, 2025. DOI: 10.3390/buildings15183347.

IBGE. **Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) – Resultados 2023**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/industria/9018-pesquisa-anual-da-industria-da-construcao.html>. Acesso em: 09 nov. 2025.

IPEA. **População em situação de rua supera 281,4 mil pessoas no Brasil**. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/categorias/45-todas-as-noticias/noticias/13457-populacao-em-situacao-de-rua-supera-281-4-mil-pessoas-no-brasil>. Acesso em: 09 nov. 2025.01/02/2026

IPEA. **Brasil tem mais de 1,2 milhão de famílias que vivem em casas sem banheiro: 83,5% são chefiadas por pessoas negras e 70% por mulheres**. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/portal/categorias/45-todas-as-noticias/noticias/16114-brasil-tem-mais-de-1-2-milhao-de-familias-que-vivem-em-casas-sem-banheiro-83-5-delas-sao-chefiadas-por-pessoas-negras-e-70-por-mulheres>. Acesso em: 09 nov. 2025.

ISOALFA. **Painéis Monolíticos – Sistema Construtivo ISOALFA**. Disponível em: <https://isoalfa.com.br/paineis-monoliticos/>. Acesso em: 09 nov. 2025.

ISORECORT. **Sistema Monopainel – Informações Técnicas e Aplicações**. Disponível em: <https://www.isorecort.com.br/monopainel/>. Acesso em: 09 nov. 2025.

KINGSPAN ISOESTE. **Painel Monolit Estrutural – Manual de Instalação**. Versão 8. 2023.

LIMA, R. D. F.; ARAÚJO, A. G. **Implementação do BIM na análise de custo de obras públicas: estudo de caso**. In: SIBRAGEC, 14., 2025.

MASHAL, M.; CANDEIAS, P.; YÁÑEZ, R. **Structural Behavior of Lightweight Precast Concrete Sandwich Panels with EPS Core**. *PCI Journal*, v. 67, n. 2, p. 31-46, 2022.

MENDES, J. M.; PEREIRA, B. S.; RODRIGUES, P. B. F. **Comparativo de custo e produtividade dos métodos construtivos em EPS e concreto armado**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2021.

NASCIMENTO, E. R.; MORAIS, D. P. F.; LOPES, S. C. **Sustentabilidade na construção civil no Brasil: Uma revisão da literatura**. *Research, Society and Development*, v. 11, n. 14, p. e524111436611, 2022.

RAIMUNDO, L. E. de A.; TEIXEIRA, A. L.; PINHEIRO, É. C. N. M. **Análise de parede monolítica de poliestireno expandido (EPS) para uso em residência unifamiliar.** Revista Foco, v. 18, n. 5, p. e8495, 2025.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e práticas construtivas para edificações.** 3. ed. São Paulo: Érica, 2014.

SANTOS, L. P. T. dos; JESUS, E. C. de; SANCHES, A. E.; PINHEIRO, Érika C. N. M. BIM (Building Information Modeling) na Engenharia Civil: BIM (Building Information Modeling) in Civil Engineering. **Brazilian Journal of Development**, [S. l.], v. 8, n. 11, p. 76392–76409, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n11-379. Disponível em: <https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/54842>. Acesso em: 23 nov. 2025.

SEGOLIN, A. F.; VASCONCELOS, I. D.; OLIVEIRA, L. L. D.; MORETTO, R. L. **Estudo comparativo entre sistemas monolíticos em painéis EPS e sistema construtivo convencional.** In: Engenharia Moderna: Desafios Interdisciplinares. Atena Editora, 2023.

SIMPLÍCIO, W. de A.; NARVÁEZ, N. S. **Análise do processo construtivo com uso do painel monolítico em EPS: estudos de caso em edificações residenciais.** Caderno Pedagógico, v. 21, n. 6, p. e5006, 2024.

SOARES, R. G. P.; et al. **Avaliação do desempenho em edificação com sistema estrutural do tipo EPS.** Research, Society and Development, v. 11, n. 8, p. e36211830919, 2022.

SUMINSA; EMMEDUE. **Manual Técnico: Sistema Constructivo Emmedue.** 1. ed. Nicaragua: SUMINSA, 2014.

## APÊNDICES

### APÊNDICE A – INSUMOS DO PROJETO ORIGINAL

Tabela A - 1: Quantitativo de Aço - Estrutura

Família e tipo	Comprimento total da barra
Barra do vergalhão: D 5	1327.85 m
Barra do vergalhão: D 6,3	933.68 m
Barra do vergalhão: D 8	437.56 m
Barra do vergalhão: D 10	624.38 m
Barra do vergalhão: D 12,5	31.98 m
Barra do vergalhão: D 16	12.00 m

Fonte: Autoria própria

Tabela A - 2: Aço - Fundação

Família e tipo	Comentários	Comprimento total
Barra do vergalhão: D 10	FUNDAÇÃO	276.34 m

Fonte: Autoria própria

Tabela A - 3: Volume de Concreto - Estrutura

Família e tipo	Contagem	Material: Volume
Piso: TQS h=10 - Concreto C25	3	1.09 m <sup>3</sup>
Piso: TQS h=12 - Concreto C25	1	1.44 m <sup>3</sup>
TQS - Pilar retangular: 14,0 x 30,0	32	2.65 m <sup>3</sup>
TQS - Pilar retangular: 15,0 x 30,0	2	0.18 m <sup>3</sup>
TQS - Viga retangular: 13,0 x 30,0	25	5.26 m <sup>3</sup>
TQS - Viga retangular: 13,0 x 35,0	4	0.85 m <sup>3</sup>
TQS - Viga retangular: 13,0 x 40,0	3	0.49 m <sup>3</sup>
TQS - Viga retangular: 13,0 x 60,0	3	0.93 m <sup>3</sup>
TQS - Viga retangular: 25,0 x 60,0	1	0.63 m <sup>3</sup>
Total geral: 74		13.52 m <sup>3</sup>

Fonte: Autoria própria

Tabela A - 4: Volume de concreto - Fundação

Descrição	Contagem	Material: Volume
TQS - Sapata: S1 a 15	15	0.27 m <sup>3</sup>
Total geral: 15		4.01 m <sup>3</sup>

Fonte: Autoria própria

## APÊNDICE B – INSUMOS DO PROJETO EM EPS

Tabela B - 1: Aço - Radier

Descrição	TIPO	Comentários	Área
ARMADURA RADIER	Tela Q-138 10x10cm	RADIER	102,34

Fonte: Autoria própria

Tabela B - 2: Volume de Concreto - Radier

Família e tipo	Material: Volume	Comentários
Piso: h = 15 - Concreto C30	16,89 m <sup>3</sup>	RADIER

Fonte: Autoria própria

Tabela B - 3: Volume de Argamassa - Painel

Material	Volume
Argamassa p/ Painel	23,06 m <sup>3</sup>

Fonte: Autoria própria

Tabela B - 4: Malha de Reforço 01

Família e tipo	Tipo	Área	Comentários
EPS – Malha de Reforço	Aberturas	17,35 m <sup>2</sup>	Reforço

Fonte: Autoria própria

Tabela B - 5: Malha de Reforço 02

Descrição	Material: Área
Malha Reforço - L	19,80 m <sup>2</sup>
Malha Reforço - L - Laje	54,63 m <sup>2</sup>
Malha Reforço - U	90,09 m <sup>2</sup>
Total geral: 332	164,52 m <sup>2</sup>

Fonte: Autoria própria

## APÊNDICE C – ORÇAMENTO ANALÍTICO DE CUSTOS DIRETO

Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Valor Unit com BDI	Total	Peso (%)
<b>1</b>			<b>SISTEMA CONVENCIONAL</b>		<b>1</b>			<b>192.253,15</b>	<b>100,00 %</b>
<b>1.1</b>			<b>FUNDAÇÃO - SAPATAS E BALDRAME</b>		<b>1</b>			<b>23.575,12</b>	<b>12,26 %</b>
1.1.1	104919	SINAPI	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10 MM MONTAGEM. AF_01/2024	KG	236,79	14,71	14,71	3.483,18	1,81 %
1.1.2	96558	SINAPI	CONCRETAGEM DE SAPATA, FCK 30 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_01/2024	m³	4,01	1.219,41	1.219,41	4.889,83	2,54 %
1.1.3	96527	SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA VIGA BALDRAME OU SAPATA CORRIDA (INCLUINDO ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS). AF_01/2024	m³	3,51	96,08	96,08	337,24	0,18 %
1.1.4	96532	SINAPI	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA SAPATA, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 2 UTILIZAÇÕES. AF_01/2024	m²	11,4	187,59	187,59	2.138,53	1,11 %
1.1.5	96523	SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL PARA BLOCO DE COROAMENTO OU SAPATA (INCLUINDO ESCAVAÇÃO PARA COLOCAÇÃO DE FÔRMAS). AF_01/2024	m³	4,01	87,36	87,36	350,31	0,18 %
1.1.6	96530	SINAPI	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, E=25 MM, 1 UTILIZAÇÃO. AF_01/2024	m²	58,78	163,87	163,87	9.632,28	5,01 %
1.1.7	104916	SINAPI	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5 MM MONTAGEM. AF_01/2024	kg	64,7	18,25	18,25	1.180,78	0,61 %
1.1.8	104917	SINAPI	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM MONTAGEM. AF_01/2024	kg	13,66	17,35	17,35	237,00	0,12 %
1.1.9	104918	SINAPI	ARMAÇÃO DE SAPATA ISOLADA, VIGA BALDRAME E SAPATA CORRIDA UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8 MM MONTAGEM. AF_01/2024	kg	81	16,37	16,37	1.325,97	0,69 %
<b>1.2</b>			<b>ESTRUTURAL CONCRETO ARMADO</b>		<b>1</b>			<b>84.677,35</b>	<b>44,04 %</b>
1.2.1	103672	SINAPI	CONCRETAGEM DE PILARES, FCK = 25 MPA, COM USO DE BOMBA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m³	2,83	1.045,97	1.045,97	2.960,10	1,54 %

1.2.2	103675	SINAPI	CONCRETAGEM DE VIGAS E LAJES, FCK=25 MPA, PARA LAJES MACIÇAS OU NERVURADAS COM USO DE BOMBA LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_02/2022_PS	m³	10,69	1.047,02	1.047,02	11.192,64	5,82 %
1.2.3	92759	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	136,89	15,78	15,78	2.160,12	1,12 %
1.2.4	92760	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	68,48	15,26	15,26	1.045,00	0,54 %
1.2.5	92761	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	67,81	14,57	14,57	987,99	0,51 %
1.2.6	92762	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 10,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	318,97	13,12	13,12	4.184,89	2,18 %
1.2.7	92763	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	23,04	11,11	11,11	255,97	0,13 %
1.2.8	92764	SINAPI	ARMAÇÃO DE PILAR OU VIGA DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 16,0 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	KG	18,94	10,82	10,82	204,93	0,11 %
1.2.9	87694	SINAPI	CONTRAPISO EM ARGAMASSA PRONTA, PREPARO MANUAL, APLICADO EM ÁREAS SECAS SOBRE LAJE, ADERIDO, ACABAMENTO NÃO REFORÇADO, ESPESURA 4CM. AF_07/2021	m²	98,5	164,09	164,09	16.162,87	8,41 %
1.2.10	92409	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE PILARES RETANGULARES E ESTRUTURAS SIMILARES, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_09/2020	m²	59,13	254,15	254,15	15.027,89	7,82 %
1.2.11	92446	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE VIGA, ESCORAMENTO COM PONTALETE DE MADEIRA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_09/2020	m²	82,89	260,71	260,71	21.610,25	11,24 %
1.2.12	92768	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-60 DE 5,0 MM- MONTAGEM. AF_06/2022	kg	2,91	15,28	15,28	44,46	0,02 %
1.2.13	92769	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 6,3 MM- MONTAGEM. AF_06/2022	kg	146,61	14,77	14,77	2.165,43	1,13 %
1.2.14	92770	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 8,0 MM- MONTAGEM. AF_06/2022	kg	23,03	14,10	14,10	324,72	0,17 %

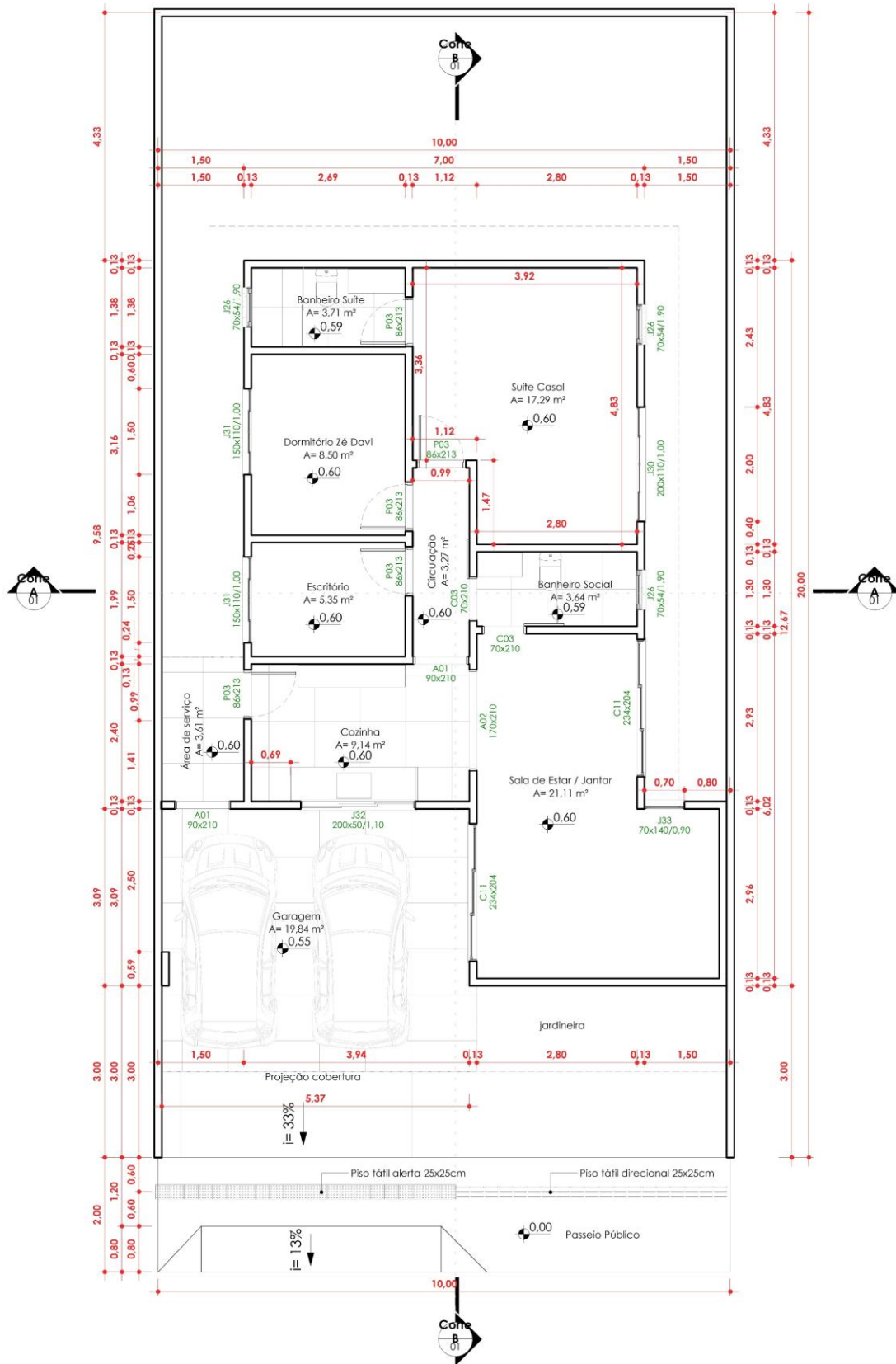
1.2.15	92772	SINAPI	ARMAÇÃO DE LAJE DE ESTRUTURA CONVENCIONAL DE CONCRETO ARMADO UTILIZANDO AÇO CA-50 DE 12,5 MM - MONTAGEM. AF_06/2022	kg	7,76	10,73	10,73	83,26	0,04 %
1.2.16	92482	SINAPI	MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FÔRMA DE LAJE MACIÇA, PÉ-DIREITO SIMPLES, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO. AF_09/2020	m²	22,9	273,66	273,66	6.266,81	3,26 %
<b>1.3</b>			<b>PAREDES - VEDAÇÃO</b>		<b>1</b>			<b>66.442,72</b>	<b>34,56 %</b>
1.3.1	103332	SINAPI	ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS CERÂMICOS FURADOS NA HORIZONTAL DE 9X14X19 CM (ESPESSURA 9 CM) E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA. AF_12/2021	m²	270,84	117,41	118,62	31.799,32	16,54 %
1.3.2	104217	SINAPI	EMBOÇO OU MASSA ÚNICA EM ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8, PREPARO MECÂNICA COM BETONEIRA 400 L, APLICADA MANUALMENTE EM PANOS DE FACHADA COM PRESENÇA DE VÃOS, ESPESSURA DE 25 MM, ACESSO POR ANDAIME. AF_08/2022	m²	541,67	51,99	51,99	28.161,42	14,65 %
1.3.3	87904	SINAPI	CHAPISCO APLICADO EM ALVENARIA (COM PRESENÇA DE VÃOS) E ESTRUTURAS DE CONCRETO DE FACHADA, COM COLHER DE PEDREIRO. ARGAMASSA TRAÇO 1:3 COM PREPARO MANUAL. AF_10/2022	m²	541,67	8,73	8,73	4.728,78	2,46 %
1.3.4	105024	SINAPI	VERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO, ESPESSURA DE *10* CM. AF_03/2024	m	23,6	55,73	55,73	1.315,23	0,68 %
1.3.5	105030	SINAPI	CONTRAVERGA MOLDADA IN LOCO EM CONCRETO, ESPESSURA DE *10* CM. AF_03/2024	m	9,8	44,69	44,69	437,96	0,23 %
<b>1.4</b>			<b>COBERTURA - TELHADO CERÂMICO</b>		<b>1</b>			<b>17.557,96</b>	<b>9,13 %</b>
1.4.1	94195	SINAPI	TELHAMENTO COM TELHA CERÂMICA DE ENCAIXE, TIPO PORTUGUESA, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m²	110,86	49,41	49,41	5.477,59	2,85 %
1.4.2	92541	SINAPI	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR RIPAS, CAIBROS E TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA CERÂMICA CAPA-CANAL, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m²	110,86	65,37	65,37	7.246,92	3,77 %
1.4.3	94229	SINAPI	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 100 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m	24,51	150,88	150,88	3.698,07	1,92 %
1.4.4	94231	SINAPI	RUFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, CORTE DE 25 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m	23,19	48,96	48,96	1.135,38	0,59 %

<b>2</b>			<b>SISTEMA COM PAINEL MONOLITICO DE EPS</b>		<b>1</b>			<b>154.753,91</b>	100,00 %
<b>2.1</b>			<b>FUNDAÇÃO - RADIER</b>		<b>1</b>			<b>29.021,49</b>	18,75 %
2.1.1	97096	SINAPI	CONCRETAGEM DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, FCK 30 MPA - LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO. AF_09/2021	m³	16,95	1.016,96	1.016,96	17.237,47	11,14 %
2.1.2	97090	SINAPI	ARMAÇÃO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM USO DE TELA Q-138. AF_09/2021	KG	450,296	12,20	12,20	5.493,61	3,55 %
2.1.3	97082	SINAPI	ESCAVAÇÃO MANUAL DE VIGA DE BORDA PARA RADIER. AF_09/2021	m³	3,57	57,64	57,64	205,77	0,13 %
2.1.4	97086	SINAPI	FABRICAÇÃO, MONTAGEM E DESMONTAGEM DE FORMA PARA RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, EM MADEIRA SERRADA, 4 UTILIZAÇÕES. AF_09/2021	m²	10,234	117,86	117,86	1.206,18	0,78 %
2.1.5	97083	SINAPI	COMPACTAÇÃO MECÂNICA DE SOLO PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, COM COMPACTADOR DE SOLOS A PERCUSSÃO. AF_09/2021	m²	102,34	3,12	3,12	319,30	0,21 %
2.1.6	97087	SINAPI	CAMADA SEPARADORA PARA EXECUÇÃO DE RADIER, PISO DE CONCRETO OU LAJE SOBRE SOLO, EM LONA PLÁSTICA. AF_09/2021	m²	102,34	2,35	2,35	240,50	0,16 %
2.1.7	96624	SINAPI	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR (PEDRA BRITADA N.2), APLICADO EM PISOS OU LAJES SOBRE SOLO, ESPESSURA DE *10 CM*. AF_01/2024	m³	10,5	411,30	411,30	4.318,65	2,79 %
<b>2.2</b>			<b>PAINEL MONOLITICO ESTRUTURAL</b>		<b>1</b>			<b>115.848,59</b>	74,86 %
2.2.1	88628	SINAPI	ARGAMASSA TRAÇO 1:3 (EM VOLUME DE CIMENTO E AREIA MÉDIA ÚMIDA), PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	m³	23,06	871,52	871,52	20.097,25	12,99 %
2.2.2	88438	SINAPI	PROJETOR DE ARGAMASSA, CAPACIDADE DE PROJEÇÃO 2 M3/H, ALCANCE ATÉ 50 M, MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA 7,5 HP - CHI DIURNO. AF_06/2014	CHI	61,8	10,13	10,13	626,03	0,40 %
2.2.3	88433	SINAPI	PROJETOR DE ARGAMASSA, CAPACIDADE DE PROJEÇÃO 2 M3/H, ALCANCE ATÉ 50 M, MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA 7,5 HP - CHP DIURNO. AF_06/2014	CHP	11,53	21,48	21,48	247,66	0,16 %

2.2.4	PRÓPRIA 01	Próprio	EXECUÇÃO DE PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS, INCLUINDO POSICIONAMENTO, AMARRAÇÃO, CHAPISCO E REVESTIMENTO COM ARGAMASSA PROJETADA	m²	357,67	90,65	90,65	32.422,79	20,95 %
2.2.5	COTAÇÃO PAINEL	Próprio	PAINEL MONOLIT ESTRUTURAL 80MM MALHA 2,5 MM - 2F	UND	115	461,95	461,95	53.123,68	34,33 %
2.2.6	COTAÇÃO MALHA	Próprio	TELA SOLDADA - MALHA REFORÇO 80MM X 75MM - FIO 2,5MM	m²	181,87	35,30	35,30	6.420,01	4,15 %
2.2.7	PRÓPRIA 02	Próprio	INSTALAÇÃO DE MALHA DE REFORÇO	m²	181,87	10,25	10,25	1.864,17	1,20 %
2.2.8	COTAÇÃO MICROFIBR A	Próprio	ADITIVO DE MICROFIBRA DE POLIPROPILENO PARA ARGAMASSA	KG	10	64,90	64,90	649,00	0,42 %
2.2.9	000132	SINAPI	ADITIVO PLASTIFICANTE RETARDADOR DE PEGA E REDUTOR DE AGUA PARA CONCRETO, LIQUIDO E ISENTO DE CLORETOS	L	40	9,95	9,95	398,00	0,26 %
<b>2.3</b>			<b>COBERTURA - TELHADO ALUMÍNIO</b>		<b>1</b>			<b>9.883,84</b>	<b>6,39 %</b>
2.3.1	94213	SINAPI	TELHAMENTO COM TELHA DE AÇO/ALUMÍNIO E = 0,5 MM, COM ATÉ 2 ÁGUAS, INCLUSO IÇAMENTO. AF_07/2019	m²	73,13	61,19	61,19	4.474,82	2,89 %
2.3.2	92543	SINAPI	TRAMA DE MADEIRA COMPOSTA POR TERÇAS PARA TELHADOS DE ATÉ 2 ÁGUAS PARA TELHA ONDULADA DE FIBROCIMENTO, METÁLICA, PLÁSTICA OU TERMOACÚSTICA, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m²	73,13	17,88	17,88	1.307,56	0,84 %
2.3.3	94229	SINAPI	CALHA EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, DESENVOLVIMENTO DE 100 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m	14,46	150,88	150,88	2.181,72	1,41 %
2.3.4	94231	SINAPI	RUFO EM CHAPA DE AÇO GALVANIZADO NÚMERO 24, CORTE DE 25 CM, INCLUSO TRANSPORTE VERTICAL. AF_07/2019	m	39,21	48,96	48,96	1.919,72	1,24 %

ANEXOS

ANEXO A – PLANTA BAIXA



**ANEXO B – QR CODE**

Projetos em Revit e Planilha eletrônica