

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

**JOÃO VICTOR HEINZEN SALVADOR**

**CONTRIBUIÇÃO PARA ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE  
ECONÔMICA ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM PAINÉIS  
MONOLÍTICOS DE EPS E ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de  
caso.**

**FLORIANÓPOLIS, 2022.**

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

**JOÃO VICTOR HEINZEN SALVADOR**

**CONTRIBUIÇÃO PARA ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE  
ECONÔMICA ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM PAINÉIS  
MONOLÍTICOS DE EPS E ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de  
caso.**

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

Professor Orientador: Dr<sup>a</sup>. Andrea Murillo  
Betoli

**FLORIANÓPOLIS, 2022.**

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor.

Heinzen Salvador, João Victor  
CONTRIBUIÇÃO PARA ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE  
ECONÔMICA ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM PAINÉIS MONOLÍTICOS  
DE EPS E ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso  
/ João Victor Heinzen Salvador; orientação de  
Andrea Murillo Betioli. - Florianópolis, SC, 2022.  
75 p.  
Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) - Instituto Federal  
de Santa Catarina, Câmpus Florianópolis. Bacharelado  
em Engenharia Civil. Departamento Acadêmico  
de Construção Civil.  
Inclui Referências.

1. Comparativo de Custo. 2. Alvenaria Estrutural.  
3. Painéis de EPS. 4. Argamassa Armada. 5. Componentes  
Industrializados. I. Murillo Betioli, Andrea. II. Instituto  
Federal de Santa Catarina. III. CONTRIBUIÇÃO  
PARA ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE  
OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM PAINÉIS MONOLÍTICOS DE

# CONTRIBUIÇÃO PARA ANÁLISE COMPARATIVA DA VIABILIDADE ECONÔMICA ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS COM PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS E ALVENARIA ESTRUTURAL: Estudo de caso.

**JOÃO VICTOR HEINZEN SALVADOR**

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

Florianópolis, 20 de dezembro de 2022.

Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ANDREA MURILLO BETIOLI  
Data: 17/02/2023 19:41:27-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Andrea Murillo Betioli, Doutora**

Documento assinado digitalmente  
**IFSC** ALEXANDRE LIMA DE OLIVEIRA  
Data: 17/02/2023 13:11:34-0300  
CPF: 014.832.549-31  
Verifique as assinaturas em <https://si.fsc.edu.br>

---

**Alexandre Lima de Oliveira, Doutor**  
Instituto Federal de Santa Catarina

DocuSigned by:  
*Bartira Silva*  
70E2C0C5C8041A

---

**Bartira da Silva, Engenheira Civil**  
Celesc Distribuição S.A.

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** JULIANA BONACORSO DORNELES  
Data: 17/02/2023 13:55:39-0300  
Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

**Juliana Bonacorso Domeles, Mestre**  
Instituto Federal de Santa Catarina

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por todas as oportunidades e conquistas durante o percurso traçado até aqui.

A minha mãe, Zélia Heinzen, que sempre esteve ao meu lado, apoiou e acreditou em mim. Agradeço por todo o esforço para que eu pudesse ter a oportunidade de cursar engenharia civil e realizar o sonho da graduação.

Aos meus familiares e amigos da família, em especial a minha madrinha Maura Heinzen Dircksen e família, os quais estiveram presentes e foram fundamentais em diversos momentos.

Aos meus colegas e amigos de curso, em especial a Gabriela Torquato e o Luiz Fellippe de Souza, por todas as experiências e conhecimentos compartilhados, pelo auxílio no desenvolvimento de projetos e seminários, e principalmente por todo o apoio nos momentos mais difíceis vivenciados durante a graduação.

Aos meus amigos, alguns deles que trago desde a adolescência e outros que tive a oportunidade de fazer durante o período da graduação, amigos que em muitos momentos se tornaram família, principalmente Bruno Mateus Chiarello dos Santos, Jessyca Amanda da Silva, Karoline Borges Fuck, Kayky do Nascimento Gonçalves Feijão, Larissa Gomes da Silva Lopes, Lucas Peters Garcia, Mariana Godoy Omena, Raquel Sequiz Arruda Pereira e Thais Moreira dos Santos.

A professora Andrea Murillo Betioli, que aceitou me orientar durante o desenvolvimento deste estudo, me auxiliou e incentivou nos momentos difíceis. Estendo o agradecimento a todos os professores do curso de engenharia civil que contribuíram para minha formação acadêmica, em especial aos professores Alexandre Lima de Oliveira e Juliana Bonacorso Dorneles, que além de integrar a minha banca, contribuíram com sugestões e incentivos.

A engenheira civil Bartira Silva e o engenheiro civil Pedro Costa Júnior, que sempre estiveram dispostos a me auxiliar durante o desenvolvimento deste estudo e possibilitaram que eu tivesse um contato direto com o sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada.

## RESUMO

Atualmente, no Brasil, o mercado da construção civil ainda é dominado por um sistema construtivo artesanal, a alvenaria convencional, sistema que apresenta baixa produtividade e elevados índices de desperdício e geração de resíduos. O sistema construtivo composto por painéis monolíticos de EPS e argamassa armada surge como uma interessante e inovadora alternativa para o mercado da construção civil, pois apresenta uma concepção estrutural mais racional em que o próprio painel desempenha a função de forma. Um importante fator para a tomada de decisão do sistema construtivo a ser adotado na execução de uma obra diz respeito a sua viabilidade econômica. Este estudo realizou um comparativo de custos diretos, com o auxílio de orçamentos analíticos, entre alvenaria estrutural - sistema construtivo conhecido e utilizado na região - e o sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada, para uma edificação residencial unifamiliar de dois pavimentos, com área total de 297,38 m<sup>2</sup>, localizada no município de Florianópolis/SC. Na análise comparativa entre os sistemas foram consideradas as etapas de execução das paredes e revestimento de argamassa. O custo por m<sup>2</sup> para a execução das paredes no sistema em EPS foi de R\$ 256,92, enquanto para alvenaria estrutural o custo por m<sup>2</sup> foi de R\$ 165,91. Pode-se apontar que o custo de execução das paredes no sistema em EPS foi aproximadamente 55% superior à alvenaria estrutural. Quando a análise foi realizada entre os custos de mão de obra, os sistemas apresentaram valores aproximados, o sistema em EPS apresentou um custo aproximadamente 5% superior à alvenaria estrutural. Identificou-se nos custos de material a maior diferença entre os sistemas, o sistema em EPS apresentou um custo aproximadamente 80% superior à alvenaria estrutural. O item identificado como o principal responsável foi o painel de EPS, representando aproximadamente 58% do custo de execução das paredes. No entanto, vale ressaltar que as etapas de superestrutura e vedação de uma obra residencial representam de 19% a 27,5% do seu custo total, por conseguinte quando observa-se o custo total, a diferença entre o custo executivo das paredes não é tão significativa, pois representa uma menor parcela de um todo. Uma outra contribuição foi a elaboração de uma composição de custos unitários para execução das paredes em EPS. Uma análise importante foi a comparação do peso das paredes, em alvenaria estrutural foi de 235 kg/m<sup>2</sup>, enquanto para o sistema em EPS foi de 128 kg/m<sup>2</sup>, o que representa uma redução de aproximadamente 47% no peso das paredes que integram a edificação. A redução no peso da estrutura se torna um ponto positivo acerca do sistema em EPS e tem influência direta sobre as fundações da edificação, pois contribui para a redução no custo de execução desta etapa. A análise de custos apresentada neste trabalho pode auxiliar na escolha do sistema construtivo, todavia a análise das características e vantagens de cada sistema são importantes fatores que devem ser levados em consideração na tomada de decisão do sistema construtivo a ser adotada na execução de uma obra.

**Palavras-chave:** Comparativo de Custo. Alvenaria Estrutural. Painéis de EPS. Argamassa Armada. Componentes Industrializados.

## ABSTRACT

Presently, the civil construction market in Brazil remains cornered by an artisanal construction system – the conventional masonry – which presents low productivity rates and strong signals of waste generation and squander. The construction system composed by EPS panels and reinforced mortar emerges as an interesting and innovative alternative to the civil construction market as it presents a more rational structural conception than the panel does in shape function. An important factor when choosing a construction system for work execution is its financial viability. This essay compares direct expenses, with the aid of analytic budgets, between structural masonry – a widely known and used system in the region – and the system composed by EPS panels and reinforced mortar, for a single-family residential building, with a total area of 297.38 m<sup>2</sup>, situated in the City of Florianópolis, SC. In a comparative analysis between the systems at issue, the steps for the execution of walls that incorporate the building at structural masonry are taken into consideration, in addition to the structured walls execution stage. The cost per m<sup>2</sup> of labor and required materials to build the walls through EPS system reached R\$ 256.92, while for structural masonry the cost reached R\$ 165.91 per m<sup>2</sup>. It's possible to point out that the cost of wall execution was approximately 55% higher than structural masonry. When analyzing labor expenses between both systems, they present similar values, while EPS system showed values 5% higher. The difference of material costs was the broadest between the systems in question. The EPS system was 80% more expensive than structural masonry in this matter. The EPS panel went identified as the main responsible of the walls execution cost and represent approximately 58% of the walls execution cost. The execution of the superstructure and sealing stages of a residential building represents 19% to 27.5% of the total cost of execution of a building, when the total cost is observed the difference between the cost of walls is not so significant, it represents a small portion of the total cost. To better proceed with wall execution in EPS, a price table has been developed, that takes specific characteristics of the architectural project. The average specific weight of a structural masonry wall unit was 235 kg/m<sup>2</sup>, while for the EPS system the average specific weight of a wall unit was 128 kg/m<sup>2</sup>, which represents a reduction of approximately 47% in the weight of the walls that make up the building. The reduction in the weight of the structure becomes a positive point about the EPS system and has direct influence on the foundations of the building, because it contributes to a reduction in the cost of execution of this stage. The expense analysis presented in this essay might help to choose a better-fitting construction system. Nevertheless the analysis of characteristics and advantages of each one of the systems are important factors that must be considered when determining a construction system to be embraced in a work execution.

**Key words:** Cost comparison. Structural Masonry. EPS panels. Reinforced mortar. Industrialized components.

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 4.1:</b> Relação percentual entre material e mão de obra para a execução das paredes estruturadas e revestimento das paredes	54
<b>Gráfico 4.2:</b> Relação percentual entre material e mão de obra para a execução das paredes em EPS	56
<b>Gráfico 4.3:</b> Custo de execução das paredes a partir dos dois sistemas construtivos	57
<b>Gráfico 4.4:</b> Custos de material e mão de obra para a execução das paredes a partir dos dois sistemas construtivos	58

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 2.1:</b> Fiada intermediária: parede em alvenaria estrutural	17
<b>Figura 2.2:</b> Fluxograma com as etapas que constituem o processo de elevação das paredes	20
<b>Figura 2.3:</b> Composição do sistema construtivo: painel de EPS, telas de aço, ligação entre telas (conectores) e argamassa estrutural	21
<b>Figura 2.4:</b> Indicação de peça fabricada a partir de poliestireno	24
<b>Figura 2.5:</b> Ligação entre o radier e painéis monolíticos de EPS	28
<b>Figura 2.6:</b> Execução da ligação entre painéis monolíticos de EPS com a utilização de arame recozido	29
<b>Figura 2.7:</b> Uso de acessórios em L no encontro perpendicular entre paredes	30
<b>Figura 2.8:</b> Uso de acessórios em U e liso em abertura	31
<b>Figura 2.9:</b> Utilização de sarrafos de madeira na parte superior dos painéis	32
<b>Figura 2.10:</b> Gráfico comparativo de custo por m <sup>2</sup>	38
<b>Figura 2.11:</b> Comparativo de custo de mão de obra e material entre os sistemas construtivos	40
<b>Figura 3.1:</b> Fluxograma das atividades desenvolvidas	41
<b>Figura 3.2:</b> Imagem 3D da residência unifamiliar	43

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 2.1:</b> Peso específico médio de estruturas executadas em alvenaria estrutural	19
<b>Tabela 2.2:</b> Requisitos para caracterização dos painéis de EPS	22
<b>Tabela 2.3:</b> Requisitos para caracterização do concreto, microconcreto ou argamassa projetados	25
<b>Tabela 2.4:</b> Requisitos para caracterização das telas de aço	26
<b>Tabela 2.5:</b> Valores médios, em porcentagem, para a execução de cada etapa da obra	33
<b>Tabela 3.1:</b> Dimensões dos acessórios em L, U e lisos	45
<b>Tabela 4.1:</b> Composição de custos unitários para a execução das paredes no sistema em EPS	51
<b>Tabela 4.2:</b> Resumo dos custos previstos para a execução da edificação no sistema em alvenaria estrutural	53
<b>Tabela 4.3:</b> Resumo dos custos previstos para a execução da edificação no sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada	55

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1 Justificativa	13
1.2 Objetivo Geral	15
1.3 Objetivos Específicos	15
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>16</b>
2.1 Alvenaria Estrutural	16
2.2 Sistema Construtivo Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada	20
2.2.1 Breve Histórico	22
2.2.2 Componentes do Sistema Construtivo	22
2.2.2.1 Painéis de Poliestireno Expandido (EPS)	22
2.2.2.2 Argamassa Armada	24
2.2.2.2.1 Argamassa Estrutural	24
2.2.2.2.2 Telas de Aço e Conectores	25
2.2.3 Instruções Normativas	26
2.2.4 Execução das Paredes no Sistema em EPS	27
2.3 Orçamentação de Obras	32
2.3.1 Principais Etapas Executivas de Uma Obra	32
2.3.2 Levantamento de Quantidades de Serviços e Critérios de Medição	33
2.3.3 Composição de Custos	34
2.3.4 Composição de Custos Unitários	34
2.3.5 Custos Diretos e Indiretos	35
2.3.6 Orçamento Analítico	35
2.4 Exemplos de Comparativos de Custos Entre Diferentes Sistemas Construtivos	36
2.4.1 Análise Estrutural e de Custos de Estruturas de Concreto Armado com Vedações Verticais com Painéis Monolíticos de EPS e com Blocos Cerâmicos	36
2.4.2 Análise Comparativa entre Sistemas Construtivos: Alvenaria Estrutural e Parede de EPS	37
2.4.3 Comparativo de Custo entre Concreto Armado e Alvenaria Estrutural: Estudo de Caso	39
<b>3 METODOLOGIA</b>	<b>41</b>
3.1 Objeto do Estudo de Caso	42
3.2 Análise e Atualização do Orçamento em Alvenaria Estrutural	43
3.3 Quantitativo de Materiais para a Execução da Edificação no Sistema Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada	44

<b>3.4 Composição de Custos Unitários para a Execução das Paredes no Sistema Construtivo Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada</b>	<b>47</b>
<b>3.5 Orçamento Analítico para o Sistema Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada</b>	<b>48</b>
<b>3.6 Comparativo de Custos entre Alvenaria Estrutural e Sistema Construtivo Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada</b>	<b>49</b>
<b>3.7 Comparativo de Peso entre Alvenaria Estrutural e Sistema Construtivo Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada</b>	<b>50</b>
<b>4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS</b>	<b>51</b>
<b>4.1 Composição de Custos Unitários para Execução das Paredes no Sistema Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada</b>	<b>51</b>
<b>4.2 Orçamento Analítico em Alvenaria Estrutural</b>	<b>53</b>
<b>4.3 Orçamento Analítico para o Sistema Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada</b>	<b>54</b>
<b>4.4 Comparativo de Custos e Peso entre Alvenaria Estrutural e Sistema Construtivo Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada</b>	<b>56</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>60</b>
<b>5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros</b>	<b>61</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>62</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>65</b>
<b>ANEXO A - Projeto Arquitetônico: Disponibilizado por Martins (2022)</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICES</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE A - Orçamento para a Execução da Edificação em Alvenaria Estrutural</b>	<b>72</b>
<b>APÊNDICE B - Orçamento para a Execução da Edificação no Sistema Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O mercado nacional da construção civil é dominado por um sistema construtivo bastante artesanal, a alvenaria convencional, o sistema apresenta baixa produtividade e elevados índices de desperdício e geração de resíduos. A modernização do setor da construção civil ainda esbarra em algumas barreiras diretamente ligadas ao pouco conhecimento existente sobre os diferentes sistemas construtivos e necessidade de uma mão de obra especializada para a execução desses sistemas (SOUZA, 2012).

Oliveira (2013) aponta que apesar de ainda pouco utilizados em comparação aos sistemas tradicionais, os sistemas construtivos industrializados vêm se desenvolvendo e aperfeiçoando. Através dos sistemas construtivos industrializados, processos que eram desenvolvidos no próprio canteiro de obras passam a ser realizados em ambientes industriais, sem interferências climáticas, o que possibilita uma melhora na qualidade dos produtos e maior adaptação às necessidades arquitetônicas. São exemplos de sistemas construtivos industrializados os painéis pré-fabricados de concreto, *light steel framing*, *wood frame* e o *drywall*.

O sistema construtivo composto pelos painéis de poliestireno expandido (EPS) e argamassa armada, apesar de ser moldado “*in loco*”, utiliza componentes industrializados na sua composição, componentes que aumentam a qualidade e produtividade do sistema e possibilitam redução no prazo de execução das obras (BERTOLDI, 2007). Este autor também descreve como vantagens do sistema a racionalização dos projetos - devido à característica modular dos painéis -, simplicidade e rapidez na montagem, além de significativa redução de desperdícios no processo de construção, em comparação a sistemas tradicionais.

Lueble (2004) destaca que esse sistema é considerado autoportante, isto é, o uso de pilares e vigas não se faz necessário nas estruturas. Um fator importante, referente a esse sistema construtivo, é o de que no país ainda não existe uma normativa específica, todavia, os materiais que compõem o sistema são normatizados. Vale ressaltar a existência da Diretriz SINAT n° 011 (SINAT, 2014): “Diretriz para Avaliação Técnica de Produtos: Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa,

microconcreto ou concreto”, na qual os materiais que compõem o sistema são caracterizados, e são descritos os requisitos mínimos e métodos para avaliação do seu desempenho.

Com base no apresentado sobre o sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada, descrição das vantagens do sistema e o trabalho desenvolvido por Martins (2022), este trabalho realizou uma análise comparativa de custos diretos, para a etapa de execução das paredes de uma edificação unifamiliar de dois pavimentos, com o sistema construtivo de alvenaria estrutural. A alvenaria estrutural, segundo Ramalho e Corrêa (2008), é um sistema bastante tradicional e utilizado na região, responsável por obras que atravessam séculos e até mesmo milênios.

Martins (2022) realizou o comparativo de custos para a execução de uma edificação unifamiliar de dois pavimentos, localizada no município de Florianópolis/SC, considerando a realização da obra em alvenaria estrutural e concreto armado, e sugere a realização de trabalhos futuros considerando a execução da obra em diferentes sistemas construtivos.

No presente trabalho, optou-se pela realização do comparativo de custos diretos, para o mesmo objeto, através da análise e atualização do orçamento desenvolvido por Martins (2022) para a execução das paredes da edificação em alvenaria estrutural e realização de levantamento de quantidades, composição de custos unitários e orçamento analítico para execução das paredes da edificação no sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada. Ainda como contribuição, foi desenvolvida uma composição de custos unitários para a execução das paredes monolíticas em EPS, em função da não existência, e a comparação do peso por m<sup>2</sup> em cada sistema.

## **1.1 Justificativa**

O atual mercado da construção civil exige a entrega de um produto final de qualidade e que apresente um menor custo de execução. Desse modo, torna-se importante a realização de comparativos entre sistemas construtivos, a fim de definir qual sistema apresenta uma maior viabilidade econômica e construtiva. Além disso, se mostra importante o investimento em pesquisas acerca de sistemas construtivos

mais inteligentes (MAGALHÃES et al., 2019). Os sistemas que utilizam componentes industrializados na etapa de execução da obra, são exemplos de sistemas construtivos mais inteligentes.

O comparativo de custos entre alvenaria estrutural e o sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada foi desenvolvido por Elíbio (2019) para a edificação modelo Casa 1.0 - disponibilizada pela ABCP e com uma área construída de 42,30 m<sup>2</sup> -, o estudo foi realizado no estado de Santa Catarina. Através do comparativo, o autor obteve um custo de mão de obra e materiais de R\$ 1.456,55 por m<sup>2</sup> para a execução da edificação em alvenaria estrutural, com a utilização de blocos de concreto, e R\$ 1.508,61 para a execução através do sistema em EPS. Por meio dos resultados apresentados, pode-se concluir que a alvenaria estrutural leva vantagem sobre o sistema em EPS, para o tipo de edificação e região, quando é realizada a análise financeira entre os sistemas.

Fürh (2017) realizou o comparativo de custos entre os painéis monolíticos de EPS e blocos cerâmicos como elementos de vedação vertical para a execução de duas edificações. O projeto A é de uma edificação multifamiliar de quatro pavimentos com área total de 1.432,00 m<sup>2</sup>, e o projeto B um condomínio horizontal com área total de 600,43 m<sup>2</sup>. Os resultados apresentados apontam que, para a execução de ambos os projetos, a utilização de painéis monolíticos de EPS mostrou ser economicamente mais vantajosa. Para o projeto A a economia foi de 1,70% e para o projeto B esse valor foi de 1,46%. O estudo, desenvolvido no estado do Rio Grande do Sul, também destaca que a utilização dos painéis de EPS proporciona ainda uma redução no consumo de aço e concreto, além de possibilitar maior agilidade no tempo de execução das obras.

No presente estudo, o comparativo de custos diretos entre alvenaria estrutural e o sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada teve como objeto uma edificação unifamiliar de dois pavimentos, com área total de 297,38 m<sup>2</sup>, localizada no município de Florianópolis/SC. O comparativo de custos considerou a etapa de execução das paredes que integram a edificação e para sua realização foram desenvolvidos dois orçamentos analíticos. Também foi desenvolvida a composição de custos unitários para a execução das paredes monolíticas em EPS.

## **1.2 Objetivo Geral**

Realizar uma análise comparativa entre os custos diretos para a etapa de execução das paredes de uma edificação unifamiliar de dois pavimentos, localizada no município de Florianópolis/SC, em alvenaria estrutural e sistema construtivo composto por painéis de poliestireno expandido (EPS) e argamassa armada.

## **1.3 Objetivos Específicos**

Para que o objetivo geral seja atingido foram propostos os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar e atualizar o orçamento analítico desenvolvido para a execução da edificação em alvenaria estrutural;
- b) Realizar o quantitativo de materiais e montar uma composição de custos unitários para a execução das paredes da edificação no sistema em EPS;
- c) Desenvolver um orçamento analítico para a execução da edificação no sistema construtivo composto por painéis de poliestireno expandido (EPS) e argamassa armada;
- d) Realizar o comparativo de custos diretos a partir dos orçamentos analíticos desenvolvidos;
- e) Realizar o comparativo entre os pesos específicos das paredes.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo é destinado à fundamentação teórica dos sistemas construtivos em alvenaria estrutural e sistema composto por painéis de poliestireno expandido (EPS) e argamassa armada. Apresentação de conceitos da área de orçamentação de obras e de comparativos de custos realizados entre diferentes sistemas construtivos.

### 2.1 Alvenaria Estrutural

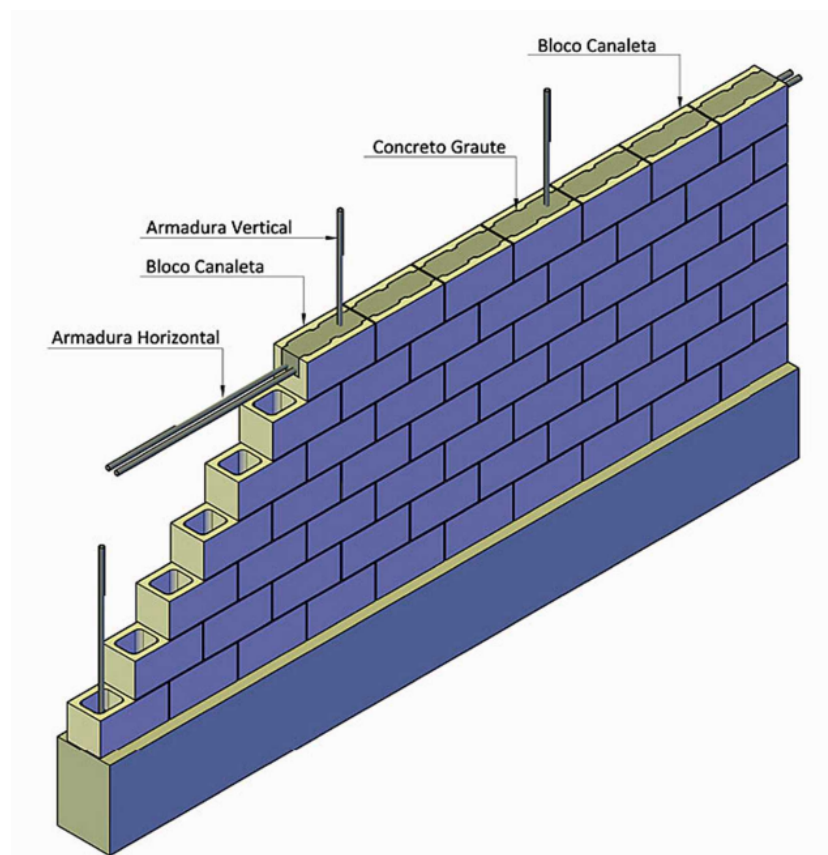
A alvenaria estrutural é um sistema construtivo bastante tradicional, utilizado desde o início das atividades humanas. Através do sistema, e com a utilização de argilas, blocos e outros materiais, foram construídas obras que atravessam séculos ou até mesmo milênios e que nos dias de hoje são consideradas verdadeiros monumentos (RAMALHO e CORRÊA, 2008).

Ao definir o sistema construtivo, Mohamad (2020), traz o seguinte conceito:

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo no qual a unidade básica modular é o bloco, que, junto com a argamassa forma as paredes, as quais são responsáveis por absorver todas as ações atuantes na vertical e horizontal. Assim, nesse tipo de edificação, a segurança estrutural é garantida pela rigidez da edificação em virtude da união (amarrações) entre as paredes estruturais nas duas principais direções que ocorrem as ações do vento. O critério de segurança é atendido quando a capacidade resistente do elemento é superior às tensões atuantes (MOHAMAD, 2020, p. 53).

Conforme descrito por Ramalho et al. (2008), para a execução dos elementos que compõem o sistema construtivo - paredes, cintas, vergas, pilares, entre outros - são empregados os seguintes materiais: blocos (ou unidades), argamassa, graute e armadura. Na Figura 2.1 é possível observar a representação da fiada intermediária de uma parede em alvenaria estrutural, na qual é feito o apontamento dos materiais empregados na sua execução:

**Figura 2.1: Fiada intermediária: parede em alvenaria estrutural**



**Fonte: Tauil e Nese, (2010)**

O bloco, componente básico da alvenaria estrutural, é responsável pela característica resistente das estruturas. No Brasil, os blocos mais utilizados são os de concreto, cerâmicos, sílico-calcários e solo-cimento. Os blocos podem ser classificados, quanto à função, entre blocos de vedação e estruturais, os blocos classificados como de vedação resistem ao peso próprio e pequenas cargas de ocupação, enquanto os blocos classificados como estruturais tem a finalidade de resistir às cargas verticais e peso próprio (RICHTER, 2007).

A ABNT NBR 11173 (ABNT, 1990) descreve a argamassa como uma mistura homogênea composta por cimento Portland, agregados miúdos (dimensão máxima igual ou inferior a 4,8 mm) e água, podendo ocorrer adições na mistura com o objetivo de melhorar as propriedades da argamassa. Para Prudêncio et al. (2002) a argamassa atua no sistema como um adesivo que une as unidades de alvenaria, utilizado com o objetivo de transferir os esforços entre as unidades e acomodar pequenas deformações inerentes à própria alvenaria.

As armaduras empregadas na alvenaria estrutural, como aponta Ramalho et al. (2008), são as mesmas utilizadas em estruturas de concreto armado, porém, neste caso, a fim de garantir o trabalho conjunto entre todos os elementos que compõem o sistema, estarão sempre envolvidas por graute.

O graute é um concreto com agregados de pequena dimensão e relativamente fluido, eventualmente necessário para o preenchimento dos vazios dos blocos. Sua função é propiciar o aumento da área da seção transversal das unidades ou promover a solidarização dos blocos com eventuais armaduras posicionadas nos seus vazios. Dessa forma pode-se aumentar a capacidade portante da alvenaria à compressão ou permitir que as armaduras colocadas combatam tensões de tração que a alvenaria por si só não teria condições de resistir (RAMALHO e CORRÊA, 2008, p.08).

O sistema construtivo em alvenaria estrutural pode ser subdividido em quatro categorias: alvenaria estrutural não-armada, alvenaria estrutural armada, alvenaria estrutural parcialmente armada e alvenaria estrutural protendida (RICHTER, 2007).

Prudêncio et al. (2002) destacam que a alvenaria estrutural é um sistema construtivo racionalizado, em que os componentes básicos do sistema apresentam dimensões padronizadas, capaz de reduzir de forma considerável a mão de obra empregada, tempo de execução e custo final de uma construção, ao fazermos a comparação com o concreto armado - sistema construtivo mais comum no país -, por exemplo.

Para uma boa execução de edificações, através do sistema em alvenaria estrutural, os seguintes itens devem ser seguidos: comunicação projeto/obra realizada de forma eficiente e precisa, sequência executiva clara para todos os envolvidos no processo de produção, *layout* do canteiro obras executado de forma eficiente e realização de um treinamento adequado para toda a mão de obra (ROMAN e PARIZOTTO, 2017).

Para iniciar o processo de elevação das paredes é fundamental a marcação da alvenaria, com destaque para a primeira fiada, de forma correta e precisa. A execução da alvenaria de forma correta irá possibilitar que a edificação tenha elevados índices de confiabilidade, desempenho e durabilidade (RICHTER, 2007). “A primeira fiada exerce um papel fundamental na resistência, nivelamento, esquadro e planimetria das alvenarias. Qualquer erro na execução desta fiada repercutirá nas demais” (SANTOS, 1998, p. 88).

A ABNT NBR 6120 (ABNT, 2019) determina o peso específico médio de estruturas executadas em alvenaria estrutural, considerando a utilização de diferentes tipos de blocos e espessuras de revestimento argamassado, conforme apontado na Tabela 2.1.

**Tabela 2.1: Peso específico médio de estruturas executadas em alvenaria estrutural**

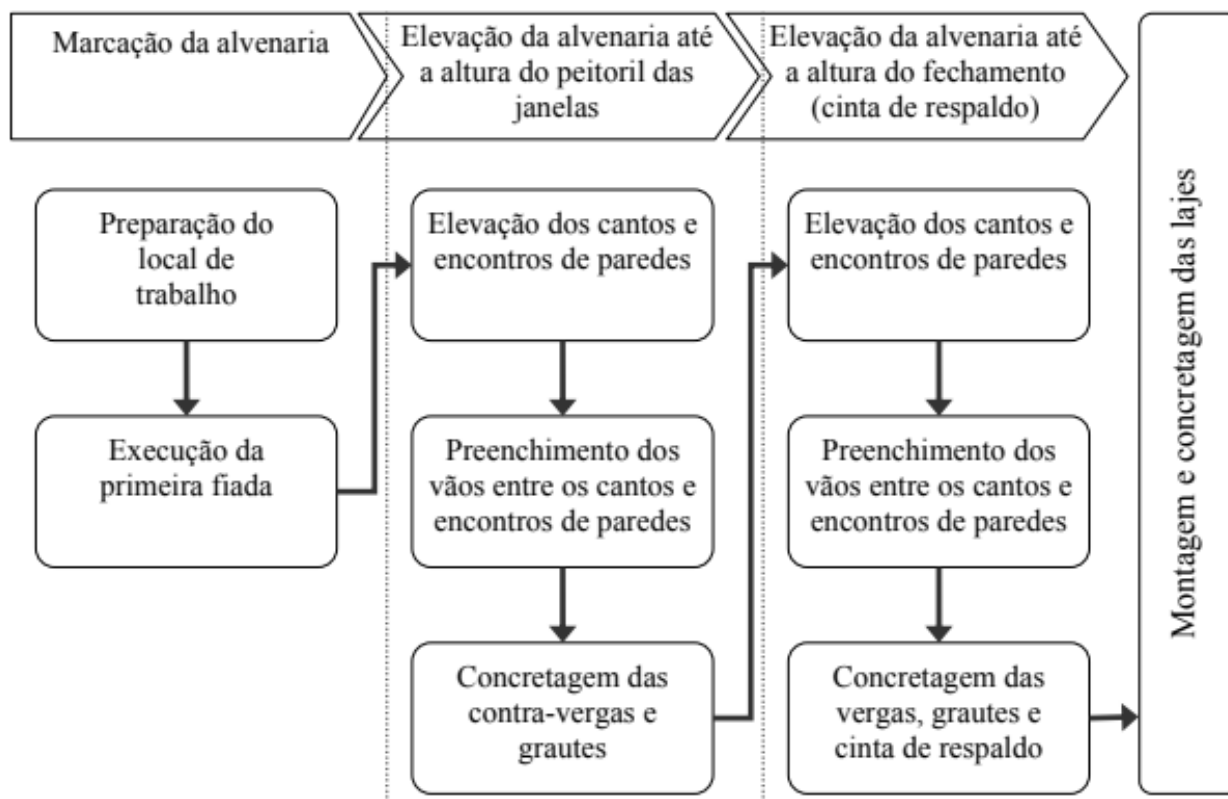
Unidade	Espessura nominal do elemento (cm)	Peso - Espessura de revestimento por face (kN/m <sup>2</sup> )		
		0 cm	1 cm	2 cm
Bloco de concreto vazado	14	2,0	2,3	2,7
	19	2,7	3,0	3,4
Bloco cerâmico vazado com paredes maciças	14	2,0	2,3	2,7
Bloco cerâmico vazado com paredes vazadas	9	1,1	1,5	1,9
	11,5	1,4	1,8	2,2
	14	1,7	2,1	2,5
	19	2,3	2,7	3,1
Tijolo cerâmico maciço	9	1,6	2,0	2,4
	11,5	2,1	2,5	2,9
	14	2,5	2,9	3,3
	19	3,4	3,8	4,2
Bloco sílico-calcário vazado	9	1,1	1,5	1,9
	14	1,5	1,9	2,3
	19	1,9	2,3	2,7
Bloco sílico-calcário perfurado	11,5	1,9	2,3	2,7
	14	2,1	2,5	2,9
	17,5	2,8	3,2	3,6

Nota: Foi considerada a utilização de argamassa de assentamento e revestimento com peso específico de 19 kN/m<sup>3</sup>.

**Fonte: Adaptado da ABNT NBR 6120, (ABNT, 2019)**

Na Figura 2.2, apresentada a seguir, é possível observar um fluxograma, que de forma simplificada, aponta as etapas que constituem o processo de elevação das paredes, para o sistema em alvenaria estrutural:

Figura 2.2: Fluxograma com as etapas que constituem o processo de elevação das paredes

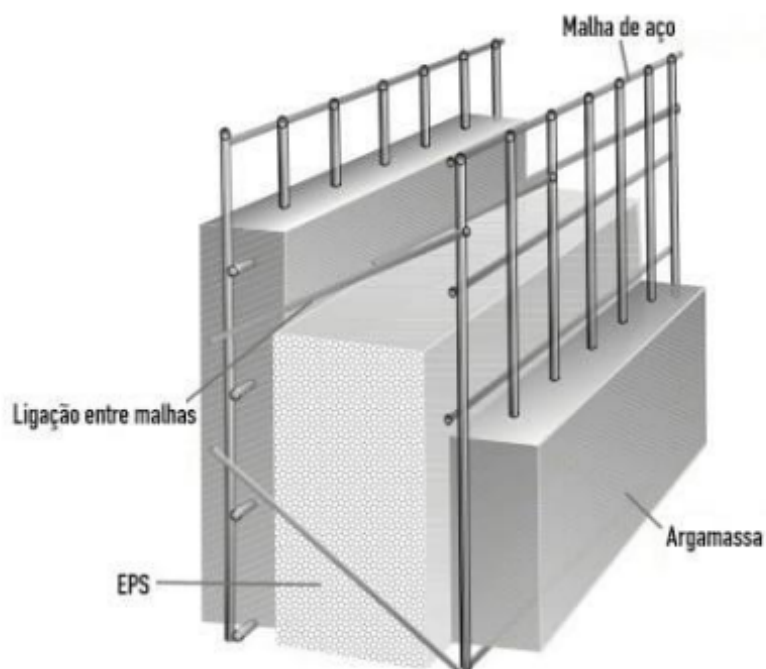


Fonte: Richter, (2007)

## 2.2 Sistema Construtivo Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada

Lueble (2004) destaca que o sistema construtivo é composto por painéis monolíticos de EPS e malha de aço, recoberto *in loco* por argamassa estrutural. A parede do sistema é considerada autoportante, isto é, o uso de vigas e pilares não se faz necessário, e é constituída de um miolo de EPS recoberto nas duas laterais por argamassa estrutural, no centro das capas de argamassa estrutural existe uma malha de aço interligada a uma malha lateral, de modo que o sistema funcione como um conjunto. Na Figura 2.3 é possível observar a composição do sistema construtivo.

**Figura 2.3: Composição do sistema construtivo: painel de EPS, telas de aço, ligação entre telas (conectores) e argamassa estrutural**



**Fonte: Polisopor, (2022)**

Segundo Medeiros (2017), o núcleo de EPS garante leveza ao sistema, proporciona excelente isolamento térmico, além de facilitar o transporte e montagem dos painéis. Já as telas eletrosoldadas e conectores de aço, garantem rigidez e são responsáveis por proporcionar uma boa aderência da argamassa estrutural ao sistema. Alves (2015) descreve os painéis monolíticos de EPS como uma composição leve, pesando de  $2,5 \text{ kg/m}^2$  a  $4 \text{ kg/m}^2$ . O peso final das estruturas executadas no sistema em EPS considera ainda o peso do revestimento argamassado.

Como características do sistema construtivo pode-se apontar suas elevadas capacidades estrutural e sísmica, além de elevada resistência térmica, fatores que podem proporcionar economia e rapidez na execução das fundações. Além disso, o sistema é de vedação e forma, portando o painel de EPS assume também a função de forma, conforme descreve Bertoldi (2007).

### 2.2.1 Breve Histórico

Segundo Bertoldi (2007), o sistema construtivo, composto por painéis monolíticos de EPS e telas eletro soldadas, foi desenvolvido por volta do ano de 1980, pela empresa italiana *Monolite*. A criação do sistema partiu da necessidade de atender exigências técnicas, construtivas - intensificadas pela existência de abalos sísmicos - e climáticas da sua região, algumas áreas da região apresentavam invernos rigorosos, com temperaturas negativas, enquanto outras apresentavam elevadas temperaturas.

Sobre a chegada do sistema construtivo ao Brasil, Bertoldi (2007) destaca que o sistema chegou na década de 90 e que, no Instituto de Pesquisa Tecnológico de São Paulo, ocorreram ensaios, de acordo com as Normas Brasileiras, nos quais o sistema atingiu desempenho considerado satisfatório. Contudo, a empresa responsável pela vinda da tecnologia ao país acabou encerrando as atividades anos depois, fator que acabou restringindo a utilização do sistema na época.

### 2.2.2 Componentes do Sistema Construtivo

#### 2.2.2.1 Painéis de Poliestireno Expandido (EPS)

Os painéis de EPS empregados no sistema, conforme descreve a Diretriz SINAT n° 011 (SINAT, 2014), são placas de poliestireno expandido que acabam desempenhando a função de núcleo das paredes, a espessura dos painéis pode variar de acordo com as especificações de projeto, e funciona como anteparo para a colocação de armadura e projeção de argamassa. Na Tabela 2.2 é possível observar os requisitos para caracterização dos painéis de EPS.

**Tabela 2.2: Requisitos para caracterização dos painéis de EPS**

Item	Requisitos	Indicador de Conformidade
<b>A</b>	<b>Painel de EPS</b>	
<b>A.1</b>	Caracterização da face do painel (plana/ondulada/outros)	Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico
<b>A.2</b>	Espessura do painel	Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico
<b>A.3</b>	Classificação quanto ao uso retardante a chamas	Classe F, conforme ABNT NBR 11752

<b>A.4</b>	Massa específica aparente (nominal e mínima)	(Tipo 4 ou superior, conforme NBR 11752)
<b>A.5</b>	Tensão por compressão com 10% de deformação	Tipo 4 ou superior, conforme ABNT NBR 11752
<b>A.6</b>	Resistência mínima à flexão	Tipo 4 ou superior, conforme ABNT NBR 11752
<b>A.7</b>	Absorção de água (g/cm <sup>2</sup> .100)	Tipo 4 ou superior, conforme ABNT NBR 11752
<b>A.8</b>	Absorção de água total (% em massa)	Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico
<b>A.9</b>	Permeabilidade ao vapor d'água	Tipo 4 ou superior, conforme ABNT NBR 11752
<b>A.10</b>	Coefficiente de condutividade térmica máxima de (23° C)	Tipo 4 ou superior, conforme ABNT NBR 11752

**Fonte: Diretriz SINAT n° 011, (SINAT, 2014)**

O poliestireno expandido (EPS), popularmente conhecido como Isopor®, de acordo com a ABNT NBR 11752 (ABNT, 2016), pode ser definido como:

Material plástico rígido, com adição de retardante à chama, originalmente de cor branca, fabricado pela expansão de grânulos pré-expandidos de poliestireno, moldado em forma definitiva ou cortado em blocos produzidos por um processo contínuo ou descontínuo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016, p. 02).

A ABRAPEX - Associação Brasileira de Poliestireno Expandido - frisa que o EPS, produzido através de polímeros derivados do petróleo, apresenta como vantagens: baixa condutividade térmica, baixo peso, resistência a intempéries, resistência mecânica, baixa absorção de água, facilidade de manuseio e versatilidade. Além do citado, é importante ressaltar que o EPS pode ser 100% reutilizado/reciclado, reduzindo os problemas ambientais causados pelo material já que estão diretamente ligados ao descarte, quando realizado de forma indevida.

As peças de EPS, conforme aponta a ABNT NBR 13230 (ABNT, 2008), apresentam simbologias com a indicação da resina termoplástica utilizada para a fabricação do material, com o objetivo de auxiliar na separação e reciclagem, a simbologia empregada em peças de EPS é representada na Figura 2.4.

**Figura 2.4: Indicação de peça fabricada a partir de poliestireno**



Fonte: ABNT NBR 13230, (ABNT, 2008)

### **2.2.2.2 Argamassa Armada**

A argamassa armada é composta de argamassa e armadura de telas de aço distribuídas pela seção transversal. São necessários cuidados especiais no projeto e execução das ligações entre os diferentes materiais, para que a argamassa armada possa contribuir de forma efetiva na resistência e estabilidade do sistema, como aponta a ABNT NBR 11173 (ABNT, 1990). A norma também destaca que os cuidados para a estrutura de concreto armado, apontados na ABNT NBR 6118, e requisitos de aço destinado à armadura para estruturas de concreto armado como descreve a ABNT NBR 7480, devem ser trazidos para o sistema, além de todos os critérios elencados na própria norma.

#### **2.2.2.2.1 Argamassa Estrutural**

Conforme aponta a Diretriz SINAT nº 011 (SINAT, 2014), a argamassa é uma mistura homogênea composta por cimento Portland, agregados miúdos (dimensão máxima igual ou inferior a 4,8 mm) e água, podendo ocorrer adições na mistura com o objetivo de melhorar as propriedades da argamassa. Quando se projeta a argamassa sob pressão sobre uma superfície, pode-lhe atribuir o nome de argamassa projetada.

A argamassa estrutural, empregada ao sistema, deve necessariamente atender os seguintes critérios:

Deve possuir resistência mecânica suficiente para suportar esforços atuantes, rigidez, satisfatória evitando deformações excessivas, estabilidade física, química e dimensional para se manter acima dos limites últimos durante a vida útil de projeto, além de possuir elevada compacidade e baixa permeabilidade para funcionar como barreira eficiente à passagem de líquidos e gases no seu interior, que possam prejudicar a proteção da armadura ou as próprias condições de utilização do componente ou estrutura. (MEDEIROS, 2017, p.22).

Na Tabela 2.3 é possível observar os requisitos para caracterização da argamassa projetada empregada no sistema construtivo.

**Tabela 2.3: Requisitos para caracterização do concreto, microconcreto ou argamassa projetados**

Item	Requisitos	Indicador de Conformidade
<b>C</b>	<b>Concreto, microconcreto ou argamassa estrutural projetados</b>	
<b>C.1</b>	Espessura da camada	Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico, considerando um valor mínimo de cobrimento da armadura conforme a NBR 6118
<b>C.2</b>	Resistência à compressão axial	Conforme especificação de projeto, considerando um mínimo de resistência conforme a NBR 6118
<b>C.3</b>	Vibração dimensional aos 28 dias (retração ou expansão linear)	Informação que deve constar no DATEC específico
<b>C.4</b>	Consistência (estado fresco)	Conforme especificação de projeto e constar do DATEC
<b>C.5</b>	Massa específica (estado endurecido)	Conforme especificação de projeto
<b>C.6</b>	Absorção de água (estado endurecido)	Conforme especificação de projeto
<b>C.7</b>	Absorção de água por capilaridade	Informação que deve constar no DATEC específico
<b>C.8</b>	Índice de vazios (estado endurecido)	Informação que deve constar no DATEC específico
<b>C.9</b>	Permeabilidade à água	Informação que deve constar no DATEC específico

Fonte: Adaptado da Diretriz SINAT nº 011, (SINAT, 2014)

#### **2.2.2.2.2 Telas de Aço e Conectores**

A ABNT NBR 7481 (ABNT, 1990) descreve as telas de aço nervuradas como armaduras pré-fabricadas, em forma de malhas, constituídas de fios de aço longitudinais e transversais, sobrepostos e soldados em todos os nós (pontos de contato). Na Tabela 2.4 é possível observar os requisitos para caracterização das telas de aço.

**Tabela 2.4: Requisitos para caracterização das telas de aço**

Item	Requisitos	Indicador de Conformidade
<b>B</b>	<b>Tela de Aço</b>	
<b>B.1</b>	Especificação das telas de aço (tipo, diâmetro, quantidade, etc)	Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico, sendo que as telas soldadas devem atender à ABNT NBR 7481
<b>B.2</b>	Resistência de escoamento	Informação que deve constar do projeto e do DATEC específico
<b>B.3</b>	Proteção contra-corrosão (tipo, espessura, etc)	No caso de <b>concreto ou microconcreto</b> projetadas, as telas devem ter galvanização de no mínimo 50 g/m <sup>2</sup> de zinco. No caso de <b>argamassa</b> projetada, as telas precisam ser em aço inoxidável ou galvanizadas com no mínimo 20 µm (140 g/m <sup>2</sup> ) de zinco. Em ambos os casos, deve-se atender às especificações da NBR 6118

**Fonte: Diretriz SINAT nº 011, (SINAT, 2014)**

Em situações específicas, as telas de aço necessitam de reforços, concebidos com arame de aço galvanizado. Segundo Alves (2015), há necessidade de reforços no encontro entre paredes perpendiculares e em todo o perímetro e cantos das aberturas, assim, os cantos são as regiões em que existe o acúmulo de esforços. Os reforços são utilizados com o objetivo de formar uma estrutura única, interligando toda a montagem e fortalecendo possíveis pontos críticos da estrutura.

Os conectores de aço, fabricados a partir do aço CA-60, atravessam o painel de EPS e são responsáveis pela ligação entre as telas eletrosoldadas, dessa forma garantem rigidez construtiva aos painéis e facilitam a aplicação de argamassa (NOGUEIRA, 2022).

### **2.2.3 Instruções Normativas**

No país ainda não existe uma norma específica para o sistema construtivo, entretanto os materiais que compõem o sistema - poliestireno expandido, tela de aço e argamassa - são normatizados. A seguir, são citadas as normativas e diretrizes que podem ser utilizadas na elaboração e execução de projetos, no sistema construtivo em pauta, em residências no país:

- **ABNT NBR 6120 (2019):** Ações para o cálculo de estruturas de edificações;

- **ABNT NBR 7480 (2022):** Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado - Requisitos;
- **ABNT NBR 7481 (2022):** Tela de aço soldada nervurada para armadura de concreto - Requisitos;
- **ABNT NBR 11173 (1990):** Projeto e execução de argamassa armada - Procedimento;
- **ABNT NBR 11752 (2016):** Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial - Especificação;
- **ABNT NBR 15575-1 (2021):** Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais.
- **SINAT - DIRETRIZ nº 011 (2014):** Diretriz para Avaliação Técnica de Produtos: Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa, microconcreto ou concreto.

Agora, são citadas algumas normativas internacionais que podem ser consideradas para a elaboração e execução de projetos:

- **ETA 20/0976:** EMMEDUE CONSTRUCTION SYSTEM;
- **ISO 3801:1977:** Textiles -Woven fabrics - Determination of mass per unit length and mass per unit area;
- **ISO 5084:1996:** Textiles — Determination of thickness of textiles and textile products.

#### **2.2.4 Execução das Paredes no Sistema em EPS**

Neste item são descritas as etapas de execução das paredes no sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada. A instalação de esquadrias e a execução das disciplinas complementares não foram consideradas no processo descrito.

Elíbio (2019) aponta a fundação como a base para a execução das paredes em EPS, sobre a fundação - com o auxílio do projeto arquitetônico - é realizada a marcação das regiões em que serão executadas as paredes. Na etapa posterior ocorre a ligação entre a fundação e os painéis monolíticos de EPS, com a

utilização de arranques de aço, as ligações são responsáveis por garantir a continuidade estrutural do sistema (BERTOLDI, 2007). Na Figura 2.5 é possível observar a utilização de arranques de aço para a ligação entre o radier e painéis monolíticos de EPS.

**Figura 2.5: Ligação entre o radier e painéis monolíticos de EPS**



**Fonte: Disponibilizada pelo engenheiro civil Pedro Costa Júnior, (2022)**

Com os painéis monolíticos de EPS já posicionados é executada a amarração entre as telas de aço que compõem os painéis. O processo é realizado nas duas faces, interna e externa, da estrutura e utiliza-se arame recozido para sua execução (NOGUEIRA, 2022).

Na Figura 2.6 é possível observar a amarração entre dois painéis monolíticos de EPS com a utilização de arame recozido.

**Figura 2.6: Execução da ligação entre painéis monolíticos de EPS com a utilização de arame recozido**



**Fonte: Disponibilizada pelo engenheiro civil Pedro Costa Júnior, (2022)**

O próximo passo é a execução dos reforços na estrutura com o uso de acessórios em L, U e lisos. Os acessórios em L são empregados sempre que ocorre o encontro perpendicular entre paredes (ALVES, 2015). Na Figura 2.7 é possível observar o uso de acessórios em L.

**Figura 2.7: Uso de acessórios em L no encontro perpendicular entre paredes**



**Fonte: Disponibilizada pelo engenheiro civil Pedro Costa Júnior, (2022)**

Os acessórios em U são empregados em todo o perímetro das aberturas (ALVES, 2015). Enquanto “o reforço “liso” é utilizado para reforçar as aberturas de portas e janelas em cantos onde estão presentes os acúmulos de esforços” (ALVES, 2015, p. 14). Na Figura 2.8 é possível observar o uso de acessórios em U e liso em abertura.

**Figura 2.8: Uso de acessórios em U e liso em abertura**



**Fonte: Disponibilizada pelo engenheiro civil Pedro Costa Júnior, (2022)**

Para finalizar a etapa de montagem dos painéis monolíticos de EPS é realizado o travamento da estrutura, para a execução dessa etapa podem ser utilizados sarrafos e escoras de madeira (NOGUEIRA, 2022). As escoras e sarrafos garantem ainda o prumo e alinhamento correto dos painéis (BALBINO, 2020).

Na Figura 2.9 é possível observar a utilização de sarrafos de madeira na parte superior dos painéis de EPS para garantir o travamento e alinhamento da estrutura.

**Figura 2.9: Utilização de sarrafos de madeira na parte superior dos painéis**



**Fonte: Disponibilizada pelo engenheiro civil Pedro Costa Júnior, (2022)**

Após a conclusão de todos os processos citados anteriormente, é realizada a aplicação de argamassa sobre o sistema, a aplicação deve ocorrer em duas etapas. Na primeira etapa a camada de argamassa deve cobrir totalmente as telas de aço, já na segunda etapa ocorre a aplicação de argamassa até o sistema atingir a espessura especificada em projeto (ELIBIO, 2019). “Na fase de revestimento pode ser usada a argamassa projetada ou simples, lançada manualmente, que deve ser desempenada até atingir a espessura especificada no projeto” (ALVES, 2015, p. 19).

## **2.3 Orçamentação de Obras**

Este item é destinado a descrever alguns conceitos da área de orçamentação de obras que serão utilizados no decorrer do presente estudo.

### **2.3.1 Principais Etapas Executivas de Uma Obra**

As principais etapas executivas de uma obra, considerando desde a execução dos serviços preliminares até a entrega das chaves para o proprietário, podem ser observadas a seguir (SIENGE, 2023):

1. Serviços preliminares: Sondagem, construção do depósito e do tapume, vestiário e local de alimentação para os pedreiros, instalação provisória de água e luz, etc;
2. Infraestrutura: Momento em que são construídas a fundação, as vigas, as colunas, as lajes e as escadas de uma obra;
3. Superestrutura e vedação: desenvolvimento dos pilares, das vigas, das vergas e contravergas, paredes, lajes, torre de caixa d'água, etc;
4. Cobertura: Momento de proteger a obra contra a chuva, calor e ruídos, construindo o telhado, as calhas e os demais acessórios;
5. Esquadrias: Portas e janelas, sejam de madeira, alumínio ou pvc, implementação de guarnições, batentes, folhas e vistas de vidro;
6. Acabamentos e revestimentos: Chapisco, emboço, reboco, contra piso, piso, azulejo, soleira e rodapés;
7. Instalações hidráulicas e sanitárias: Providenciamento de canos, tubos, registros, válvulas, ferragens, metais e caixas d'água, de gordura, sifonada e de inspeção, tanque séptico, filtro anaeróbio e instalação de rede de água fria, quente e de esgoto;
8. Instalações elétricas: Tubulações, caixas, fios, tomadas e disjuntores, quantidade de lâmpadas, tomadas, equipamentos, telefonia interna, computadores, alarmes, sensores de presença, refletores, bombas de piscina ou reservatórios, interfonos, etc;
9. Pintura interna e externa: Escolha do melhor acabamento e padrão de pintura, aplicação de selador, massa corrida, lixa, tinta e solvente;
10. Serviços complementares: Construções de área de lazer, paisagismo, jardinagem, limpeza final, etc (SIENGE, 2023).

Sienge (2023) destaca que a estimativa de custo para a execução de cada etapa pode variar de acordo com a área construída e padrão de cada projeto. Todavia, foi desenvolvida uma tabela com os valores médios, em porcentagem, para execução de cada etapa da obra, conforme apresentado na Tabela 2.5.

**Tabela 2.5: Valores médios, em porcentagem, para a execução de cada etapa da obra**

<b>Etapa</b>	<b>Custo por etapa (%)</b>
Infraestrutura	de 3,0% a 3,5%
Superestrutura	de 12,0% a 16,5%
Vedação (Alvenaria de Paredes e Painéis)	de 7,0% a 11,0%

**Fonte: Adaptado de Sienge, (2023)**

### **2.3.2 Levantamento de Quantidades de Serviços e Critérios de Medição**

Esta etapa consiste em realizar de forma técnica o levantamento das quantidades dos serviços com base nas informações disponibilizadas nos projetos e

memoriais, além de estimar os serviços que não foram especificados, mas são fundamentais para a execução da obra (COELHO, 2015). A realização do levantamento de quantidades demanda “leitura de projeto, cálculos de áreas e volumes, consultas a tabelas de engenharia, tabulação de números, etc” (MATTOS, 2006, p.44).

Os critérios de medição adotados para o levantamento das quantidades de um serviço devem ser especificados. e, quando o responsável técnico pelo levantamento dessas quantidades utilizar as bases de dados disponibilizadas pelo sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil (SINAPI) ou pela tabela de composição de preços para orçamentos (TCPO), por exemplo, a fonte dos dados deve ser sempre apresentada (CÔELHO, 2015).

### **2.3.3 Composição de Custos**

Dá-se o nome composição de custos ao processo de estabelecimento dos custos incorridos para a execução de um serviço ou atividade, individualizado por insumo e de acordo com certos requisitos pré-estabelecidos. A composição lista todos os insumos que entram na execução do serviço, suas respectivas quantidades, e seus custos unitários totais (MATTOS, 2006, p .62).

Na montagem da composição de custos consideram-se os coeficientes de produtividade da mão de obra, consumo de materiais e consumo horário dos equipamentos utilizados (COELHO, 2015). O autor aponta ainda que a composição de custos deve variar de acordo com a obra, localidade e empresa que irá executar os serviços.

### **2.3.4 Composição de Custos Unitários**

A composição de custos unitários apresenta os insumos necessários para a execução de uma unidade de determinado serviço, integram a composição de custos unitários: insumo, unidade, índice, custo unitário e custo total (MATTOS, 2006).

Insumo - é cada um dos itens de material, mão-de-obra e equipamento que entram na execução do serviço;

Unidade - é a unidade de medida do insumo. Quando se trata de material pode ser kg, m<sup>3</sup>, m<sup>2</sup>, m, un, entre outras; para a mão-de-obra, a unidade é

sempre hora (mais precisamente, homem-hora); para equipamento, hora (de máquina);

Índice - é a incidência de cada insumo na execução de uma unidade de serviço;

Custo unitário - é o custo de aquisição ou emprego de uma unidade de insumo;

Custo total - é o custo total do insumo na composição de custos unitários. É obtido pela multiplicação do índice pelo custo unitário. A somatória dessa coluna é o custo total unitário do serviço (MATTO, 2006, p. 63).

### **2.3.5 Custos Diretos e Indiretos**

Os custos para a execução dos serviços de uma obra podem ser classificados como diretos e indiretos, integram os custos diretos a mão de obra, materiais e equipamentos (LIMMER, 1996). Enquanto os custos indiretos, segundo Mattos (2006), podem ser definidos como todos os custos que não foram considerados nos custos diretos de execução da obra, os quais representam de 5 a 30% do custo total, e podem variar de acordo com os seguintes aspectos: localização geográfica, política da empresa - quantidade de supervisores e equipamentos disponibilizados, por exemplo -, prazo e complexidade dos serviços.

### **2.3.6 Orçamento Analítico**

O orçamento analítico consiste na apresentação detalhada e ordenada dos custos previstos para a execução de uma obra. Para a execução de um orçamento analítico utilizam-se os seguintes dados: levantamento de quantidades, descrição dos serviços (unidades métricas e quantidades), composições de custos unitários, custos unitários - com especificação do custo de mão de obra, material e equipamento - e custo total (COÊLHO, 2015). O autor descreve ainda que a elaboração do orçamento é fundamental para o sucesso de um empreendimento, pois o orçamento é a base para o desenvolvimento do planejamento para a execução dos serviços.

## **2.4 Exemplos de Comparativos de Custos Entre Diferentes Sistemas Construtivos**

Neste item são apresentados alguns dos comparativos de custos já realizados entre diferentes sistemas construtivos, considerando as regiões do país em que os estudos foram elaborados.

### **2.4.1 Análise Estrutural e de Custos de Estruturas de Concreto Armado com Vedações Verticais com Painéis Monolíticos em EPS e com Blocos Cerâmicos**

Fürh (2017) analisa a redução no volume de concreto, peso de aço e custo final de obra, ao utilizar concreto armado com vedação vertical em painéis monolíticos de EPS e com blocos cerâmicos. A análise foi realizada em dois diferentes projetos, o projeto A, referente a uma edificação multiresidencial de quatro pavimentos com área total de 1.432,00 m<sup>2</sup>, e o projeto B, referente a um condomínio horizontal com área total de 600,43 m<sup>2</sup>. O estudo foi desenvolvido no município de São Leopoldo/RS.

Após a realização do dimensionamento de cada projeto, nos sistemas construtivos citados, desenvolvimento dos quantitativos de materiais e orçamentos, Fürh (2017) obtém os seguintes resultados: ao analisar as quantidades de aço e concreto calculadas para as edificações, observou-se, na edificação A, uma redução de 6,02% na quantidade de aço e de 10,69% na quantidade de concreto, o sistema construtivo que apresentou um menor quantitativo desses materiais foi o composto por vedações verticais em painéis monolíticos de EPS. Na edificação B, as quantidades de aço e concreto também foram reduzidas, as reduções foram de 1,69% e 7,23%, respectivamente (FÜHR, 2017).

No que diz respeito às fundações, ao utilizar o sistema construtivo com vedações em painéis monolíticos de EPS, a edificação A - edificação com a maior quantidade de pavimentos - apresentou uma redução no quantitativo de concreto de 17,73%, enquanto os valores de peso do aço foram praticamente os mesmos. Em relação à fundação da edificação B, a redução de concreto foi de 3,92% e a redução de aço foi de 5,5% (FÜHR, 2017).

Já em relação aos orçamentos elaborados, conclui-se que o custo da obra com vedações verticais em painéis monolíticos em EPS é menor do que no sistema convencional. Na edificação de 4 pavimentos seria possível economizar R\$ 30.698,08 utilizando os painéis em EPS e no condomínio horizontal seria possível economizar R\$ 12.227,74. No entanto, ao considerar o custo total da obra, esta redução de custos é pequena, sendo de 1,70% na edificação A e 1,46 % na edificação B.

A porcentagem da diferença no custo total da estrutura de concreto armado e das vedações verticais foi praticamente a mesma nas duas edificações. Representando 4,92% na edificação A e 4,90% na edificação B (FÜHR, 2017, p. 68-69).

Após a apresentação dos resultados, Fürh (2017), concluiu que a utilização dos painéis monolíticos em EPS, na vedação vertical das estruturas de concreto armado, proporciona uma redução no consumo de aço e concreto, o que contribui para a redução do impacto ambiental gerado pelas construções. Além do citado, com a utilização dos painéis monolíticos em EPS, ocorre uma maior agilidade no tempo de conclusão da obra, o que favorece a relação custo benefício.

#### **2.4.2 Análise Comparativa entre Sistemas Construtivos: Alvenaria Estrutural e Parede de EPS**

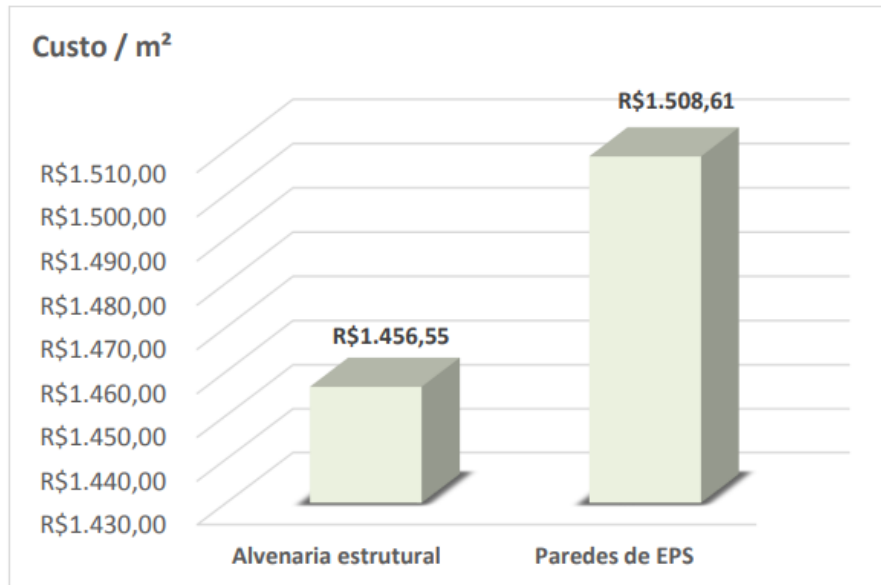
Elíbio (2019) realiza uma análise técnica e financeira entre alvenaria estrutural e o sistema construtivo composto pelas paredes de EPS. A análise, desenvolvida para o estado de Santa Catarina, visa definir o sistema mais adequado para a execução da Casa 1.0, desenvolvida pela ABCP - Associação Brasileira de Cimento Portland -, com área total de 42,30 m<sup>2</sup>. Para o sistema em alvenaria estrutural Elíbio (2019) prevê a utilização de blocos de concreto, blocos com dimensões de 14x19x39 cm.

A análise financeira para o sistema em alvenaria estrutural foi desenvolvida através da composição de preços, a partir da TCPO - Tabela de Composições de Preços para Orçamento (2009). Já para o sistema composto pelas paredes de EPS foi utilizada uma composição de preços própria, a utilização dessa composição ocorreu por conta da ausência de indicadores de formação de preço para o sistema construtivo (ELÍBIO, 2019).

Ao final, os custos de mão de obra e material necessários para a execução da edificação foram apresentados na forma de gráfico considerando o

custo de execução por m<sup>2</sup>. Na Figura 2.10 é possível observar o gráfico desenvolvido por Elibio (2019).

**Figura 2.10: Gráfico comparativo de custo por m<sup>2</sup>**



**Fonte: Elibio, (2019)**

Quando se considera apenas a análise de custo para a execução da edificação, observa-se que o sistema em alvenaria estrutural leva vantagem sobre o sistema em EPS, para o tipo de edificação e região analisadas. Elibio (2019) considera que apesar de financeiramente o sistema em alvenaria estrutural se mostrar mais vantajoso, existem desvantagens em relação às paredes de EPS, como desvantagens pode-se citar: limitação no projeto arquitetônico, impossibilidade de adaptação da arquitetura para uma nova utilização do ambiente, maior consumo de mão de obra, maior tempo de execução de obra e resistência térmica e à compressão inferiores (ELIBIO, 2019).

Após a apresentação dos resultados e considerações, Elibio (2019) conclui que não existe um sistema construtivo ideal, mas sim um sistema que se adapte melhor às necessidades do contratante.

### **2.4.3 Comparativo de Custo entre Concreto Armado e Alvenaria Estrutural: Estudo de Caso**

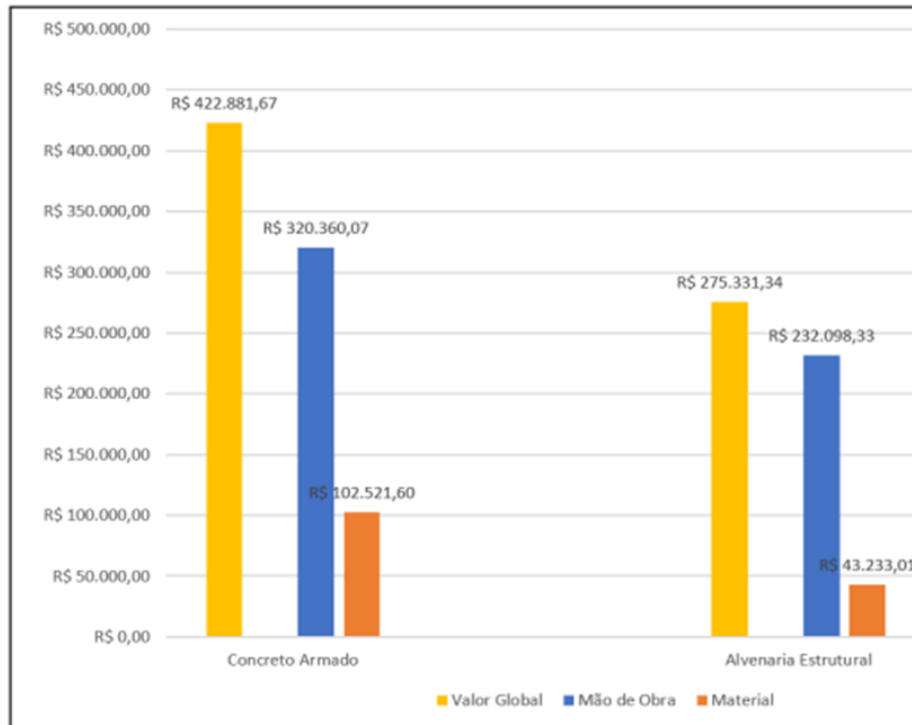
Martins (2022) realiza o comparativo de custos entre concreto armado e alvenaria estrutural, para uma edificação residencial unifamiliar de dois pavimentos, localizada na cidade de Florianópolis/SC. Para a execução da edificação, a partir do sistema em alvenaria estrutural, Martins (2022) considera a utilização de blocos de concreto 14x19x39 cm. Para a realização do comparativo, foi considerado apenas o custo, fatores como a redução de desperdício e prazo de execução, que geralmente são vantagens da alvenaria estrutural, não são levados em consideração para a conclusão do estudo.

Após a realização dos dimensionamentos das estruturas, cálculo de materiais e serviços necessários para execução do projeto de estrutura e vedação dos sistemas construtivos, Martins (2022) chega à seguinte conclusão:

Não há dúvidas de que o projeto em Alvenaria Estrutural é mais vantajoso que o projeto em Concreto Armado em relação ao custo de execução da estrutura e vedação da residência em análise, visto que, no comparativo de valores globais, a Alvenaria Estrutural apresentou redução de aproximadamente 34,89% nestes custos (MARTINS, 2022, p.60).

Através do gráfico representado na Figura 2.11, desenvolvido por Martins (2022), é possível observar o comparativo global entre os sistemas construtivos.

**Figura 2.11: Comparativo de custo de mão de obra e material entre os sistemas construtivos**



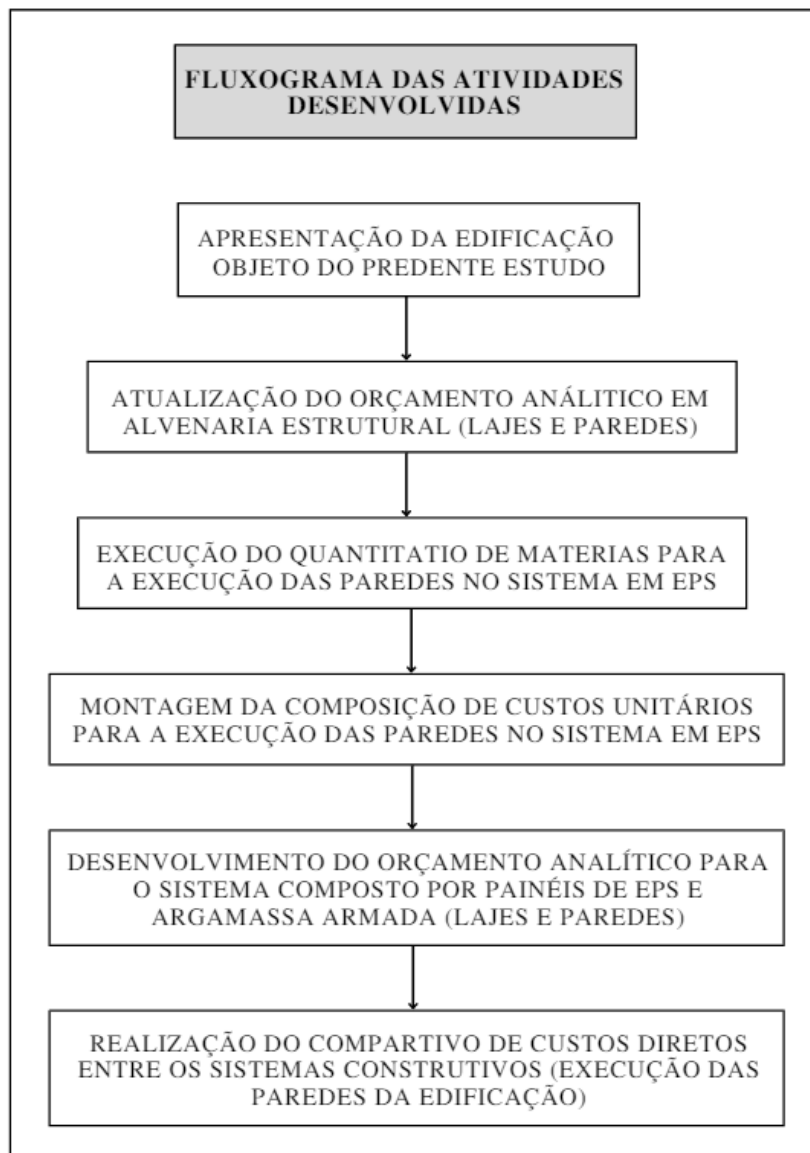
**Fonte: Martins, (2022)**

Todavia, algumas ponderações foram realizadas, Martins (2022) aponta que o estudo foi proposto em um ambiente ideal para a implantação da alvenaria estrutural. Porém, limitações pós-obra e modificações no projeto arquitetônico, necessárias para que o sistema construtivo possa ser implantado, são fatores que nem sempre são bem aceitos pelos consumidores do produto final.

### 3 METODOLOGIA

Este capítulo é destinado à apresentação da edificação unifamiliar de dois pavimentos, objeto do estudo, bem como para a descrição dos procedimentos e materiais utilizados no desenvolvimento deste trabalho. Neste capítulo também são expostos os critérios adotados para a execução do comparativo de custos entre os sistemas construtivos. Na Figura 3.1 pode-se observar o fluxograma com as atividades desenvolvidas no presente estudo.

**Figura 3.1: Fluxograma das atividades desenvolvidas**



Fonte: Autor, (2022)

### **3.1 Objeto do Estudo de Caso**

O objeto do presente estudo, disponibilizado por Martins (2022), é uma edificação residencial unifamiliar de dois pavimentos, localizada no bairro Córrego Grande, no município de Florianópolis em Santa Catarina, a edificação conta com uma área total de 297,38 m<sup>2</sup>, e área de terreno igual a 326,65 m<sup>2</sup>. Para a elaboração das planilhas de custos, não foram levados em consideração os serviços preliminares de limpeza e terraplanagem do terreno, ou seja, a análise é realizada para um terreno considerado limpo, nivelado e pronto para execução da edificação.

O projeto arquitetônico, disponível no Anexo A deste documento, conta com algumas adaptações realizadas por Martins (2022), a fim de possibilitar a execução do projeto em alvenaria estrutural. As alterações consistiram, basicamente, em deixar o projeto com os ambientes em um formato mais quadrado, modulados, a fim de possibilitar a execução com blocos estruturais de concreto, blocos com dimensão predominante de 14x19x39 cm. Para a execução do projeto no sistema construtivo composto pelos painéis poliestireno expandido (EPS) e argamassa armada foi utilizado o mesmo projeto arquitetônico, não sendo necessária a realização de atualizações. Na Figura 3.2 é possível observar uma imagem 3D da residência unifamiliar, objeto deste estudo.

**Figura 3.2: Imagem 3D da residência unifamiliar**



**Fonte: Autor, (2022)**

### **3.2 Análise e Atualização do Orçamento em Alvenaria Estrutural**

Nesta etapa ocorre a análise do orçamento analítico desenvolvido por Martins (2022), para a execução da edificação em alvenaria estrutural, a fim de descrever os critérios utilizados para o seu desenvolvimento e apontar as adequações necessárias. Conforme aponta Martins (2022), o orçamento foi elaborado com enfoque na disciplina estrutural e também considera a etapa de revestimento de argamassa, as demais disciplinas complementares, aplicação de acabamentos e esquadrias, não foram levadas em consideração.

No presente estudo o orçamento base, desenvolvido por Martins (2022), sofreu algumas atualizações, elencadas a seguir:

- Não foi realizada a análise do custo necessário para a execução da fundação desta edificação, por conseguinte, o item fundação não integra mais o orçamento;

- Foram considerados os custos diretos para a execução desta edificação, portanto, na versão atualizada do orçamento, o BDI (benefícios e despesas indiretas) aplicado sobre o valor total é desconsiderado;
- Os custos de equipamentos foram somados aos custos de mão de obra;
- A espessura de massa única considerada para a execução do revestimento das paredes estruturais foi de 10 mm;
- Atualização do orçamento analítico de acordo com os valores disponibilizados pelo SINAPI 08/2022 (não desonerado) para o estado de Santa Catarina.

Para a etapa de atualização do orçamento analítico optou-se pela utilização de planilha eletrônica, elaborada através do *software Excel* e disponibilizada no documento final (APÊNDICE A).

### **3.3 Quantitativo de Materiais para a Execução da Edificação no Sistema Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada**

O quantitativo de materiais necessários para a execução das paredes da edificação no sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada foi desenvolvido com base nas dimensões dos painéis monolíticos de EPS fabricados pela empresa Ecopainel. Para o desenvolvimento da planilha de quantidades optou-se pela utilização do *software Excel*, na planilha foram especificadas as quantidades de painéis monolíticos de EPS, acessórios em L, U e lisos, arame recozido, barras de aço, sarrafos e pontaletes de madeira e argamassa - com especificação do traço adotado e aditivo adesivo - necessários para a execução das paredes que compõem a edificação.

Com a utilização do projeto arquitetônico foi contabilizado o comprimento de cada trecho de parede dos pavimentos térreo, superior e reservatório, e com base nessas informações foi determinada a quantidade total de painéis monolíticos de EPS necessários para a execução das paredes que compõem a edificação. Os painéis monolíticos utilizados para a execução das paredes possuem as seguintes

dimensões: largura de 1200 mm, espessura de 80 mm e altura variável, a altura varia de acordo com o pé direito de cada pavimento.

Em paralelo à etapa de quantificação dos painéis monolíticos de EPS, realizou-se a quantificação do total de barras de aço CA-60, para a execução dos arranques, com bitola de 4,20 mm. Considerou-se a utilização de barras de aço com comprimento de 60 cm e a locação é realizada com uma distância de 60 cm entre barras.

O arame recozido utilizado para a amarração entre os painéis monolíticos de EPS é de 1,65 mm de diâmetro e comprimento de 8 cm, o intervalo adotado entre as amarrações foi de 20 cm. Considerou-se também a utilização de arame recozido para a execução das seguintes etapas: amarração entre os painéis de EPS e arranques de aço, amarração dos sarrafos de madeira junto aos painéis de EPS e amarração entre os acessórios em L, U e lisos e os painéis de EPS.

Na Tabela 3.1 são apresentadas as dimensões dos acessórios em L, U e lisos utilizados para a execução dos reforços na estrutura.

**Tabela 3.1: Dimensões dos acessórios em L, U e lisos**

<b>DIMENSÕES DOS ACESSÓRIOS EM L, U E LISOS</b>	
<b>Acessório</b>	<b>Dimensão</b>
Acessório em L	350 x 1200 mm
Acessório em U	400 x 1200 mm
Acessório liso	300 x 1200 mm

**Fonte: Autor, (2022)**

Para o travamento dos painéis de EPS foi considerada a utilização de sarrafos e pontaletes de madeira, os sarrafos de madeira são fabricados em pinus, ou equivalente da região, tem largura de 5 cm e espessura de 2,50 cm, foi considerada uma reutilização para cada peça. Enquanto os pontaletes de madeira - fabricados em eucalipto ou equivalente da região - são peças roliças com 3 metros de comprimento e utilizados com o espaçamento de 3,5 metros, foi considerada uma reutilização para cada peça.

Para a realização do quantitativo do volume de argamassa para o recobrimento dos painéis monolíticos de EPS foi considerada a área total de

acabamento dos painéis que formam as paredes, apenas aberturas com área superior a 2,00 m<sup>2</sup> foram subtraídas da área total de acabamento. A espessura de argamassa considerada para o presente estudo é de 3,20 cm, valor que respeita o mínimo de cobrimento de armadura especificado na NBR 6118 (2014) e está de acordo com o valor médio utilizado conforme citado por Souza (2009).

Após a determinação do volume de argamassa, considerando sua produção em betoneira, posterior aplicação manual e utilização dos seguintes materiais: aditivo adesivo líquido, água, areia média e cimento Portland - com traço 1:3 (cimento:areia, em volume) -, foi realizado o levantamento da quantidade de cada material necessária para a execução do revestimento dos painéis de EPS.

Com a realização dos passos descritos, elaborou-se uma planilha com a quantidade total de materiais necessários para a execução das paredes de acordo com as especificações do sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada.

Considerando que o sistema construtivo em EPS trabalha de forma similar à alvenaria estrutural, em que os esforços são transmitidos das lajes para as paredes, e tendo em vista que as lajes estão sujeitas aos mesmos vãos e sobrecargas, no presente trabalho optou-se pela utilização das lajes já dimensionadas para o modelo em alvenaria estrutural. Para o sistema em alvenaria estrutural Martins (2022) optou pela utilização de lajes maciças, o quantitativo de materiais das lajes será o mesmo utilizado para o sistema em alvenaria estrutural.

Ao final, todas as quantidades de materiais necessários para a execução das paredes e lajes da edificação foram adicionadas a uma mesma planilha, base para o desenvolvimento do orçamento analítico. É importante ressaltar que o quantitativo desenvolvido para a execução das paredes e lajes, através do sistema construtivo em EPS, tem como objetivo a realização do comparativo de custos diretos entre os sistemas construtivos. Porém, para a execução da edificação torna-se necessário o dimensionamento das estruturas em EPS.

### **3.4 Composição de Custos Unitários para a Execução das Paredes no Sistema Construtivo Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada**

Para o presente estudo, em função da indisponibilidade de composições de custos unitários para o sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada nas planilhas disponibilizadas pelo SINAPI - planilhas base para o desenvolvimento do orçamento em alvenaria estrutural e lajes maciças -, o autor optou pela elaboração de uma composição de custos própria para a execução das paredes no sistema em EPS. Para o desenvolvimento da composição de custos, além das quantidades levantadas, foram especificadas a mão de obra, com sua respectiva produtividade, e equipamentos utilizados.

Os serviços para execução das paredes foram divididos em duas etapas. Na etapa 01: marcação das regiões em que serão executadas as paredes, colocação dos arranques de aço, fixação dos painéis monolíticos de EPS, amarração entre painéis, adição dos acessórios em L, U e lisos e travamento dos painéis. Já na etapa 02 foi considerado o preparo mecânico de argamassa, com a utilização de betoneira, e posterior aplicação manual sobre os painéis monolíticos de EPS.

O cálculo de produtividade de execução dos serviços que integram a etapa 01 foi desenvolvido com base na revisão bibliográfica e auxílio dos dados de produtividade média disponibilizados pelo engenheiro civil Pedro Costa Júnior - no mês de outubro de 2022. A produtividade média para a execução dos seguintes serviços: fixação dos painéis monolíticos de EPS, amarração entre painéis, adição dos acessórios em L, U e lisos e travamento dos painéis, serviços que integram etapa 01, considerando uma equipe composta por 08 trabalhadores, sendo 05 pedreiros e 03 serventes, é de 18 painéis por hora.

Integram ainda a etapa 01 os serviços de marcação das regiões em que serão executadas as paredes e colocação dos arranques de aço, considerando também a execução dos serviços em um ambiente exposto às intempéries, foi definida a aplicação de um coeficiente de majoração sobre a quantidade de horas necessárias para a execução dos serviços, o coeficiente foi de 1,6. Quando foi realizada a divisão da produtividade de 18 painéis por 01 hora e foi considerada a

multiplicação do coeficiente de majoração pela quantidade de horas, chegou-se a uma produtividade final de 18 painéis a cada 1,6 horas de trabalho. Logo, a produtividade final para a execução de todos os serviços que integram a etapa 01 é de 11,25 painéis por hora.

Já o cálculo da mão de obra para a execução da etapa 02 foi desenvolvido com base nas planilhas disponibilizadas pelo SINAPI e considera a área total de acabamento das paredes, além de um recobrimento total de argamassa de 3,20 cm para a execução do revestimento vertical. A equipe definida para a execução dos serviços que integram a etapa 02 é composta pelas seguintes composições do SINAPI: pedreiro com encargos complementares (código 88309) - com a aplicação de um coeficiente de 0,614 sobre a área de acabamento de parede -, e servente com encargos complementares (código 88316) - com aplicação de um coeficiente de 0,218 sobre a área de acabamento de parede.

Após o desenvolvimento dos cálculos de mão de obra, material e equipamentos para a execução das paredes no sistema em EPS, os resultados obtidos foram apresentados em uma planilha desenvolvida no *software Excel* e organizados de acordo com os seguintes itens: insumos, unidades, índices, custos unitários e custo total dos insumos e composições que integram a composição de custos unitários. A unidade para a execução das paredes é o m<sup>2</sup>, no presente estudo também foi apresentado o custo unitário para a execução de uma unidade de parede e o seu peso específico médio.

### **3.5 Orçamento Analítico para o Sistema Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada**

Com base no levantamento de quantidades e composição de custos unitários para a execução das paredes no sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada, além das quantidades e composições para a execução das lajes maciças, foi elaborado o orçamento analítico. Para a elaboração do orçamento foram considerados os custos diretos de execução dos serviços - os custos de equipamentos foram somados aos custos de mão de obra - e optou-se pela utilização de planilha eletrônica, elaborada no *software Excel* e disponibilizada no presente estudo (APÊNDICE B).

Os insumos e composição utilizados para o desenvolvimento do orçamento foram os disponibilizados pelo SINAPI 08/2022 (não desonerado) - para o estado de Santa Catarina -, nos casos em que os insumos não estavam disponíveis no SINAPI - como é o caso dos painéis monolíticos de EPS e acessórios em L, U e lisos - foram utilizadas as informações fornecidas pelo Ecopainel, por meio de planilha orçamentária. Foi realizado ainda o apontamento do item identificado como o principal responsável pelo custo de execução das paredes no sistema em EPS, indicando percentualmente quanto o item representa do custo total de execução das paredes no sistema construtivo.

### **3.6 Comparativo de Custos entre Alvenaria Estrutural e Sistema Construtivo Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada**

Após a execução dos orçamentos analíticos - desenvolvidos para a edificação objeto do presente estudo - orçamento A, em alvenaria estrutural, e orçamento B, desenvolvido a partir do sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada, foi realizado o comparativo de custos entre os sistemas construtivos. Ainda nesta etapa foi apontado quanto a execução das lajes e paredes representa, de forma percentual, no custo total de execução da obra.

Para a realização do comparativo de custos foram levados em consideração os custos diretos para a execução das paredes da edificação. Como para execução da edificação, em ambos os sistemas construtivos, foi prevista a utilização de lajes maciças, com as mesmas características e quantidades de materiais, optou-se pela retirada das lajes do comparativo de custos final.

Realizou-se também uma análise comparativa do custo direto para execução das paredes da edificação, e separadamente analisou-se o custo de mão de obra e o custo de material. Foram apresentados ainda os pesos específicos médios de uma unidade de parede em cada sistema construtivo e realizou-se uma análise comparativa entre os pesos totais das paredes.

Todos os resultados foram apresentados na forma de texto e gráficos, com base nas informações analisadas foi apontado qual sistema construtivo mostrou ser economicamente mais vantajoso para a execução deste tipo de edificação,

considerando sua execução no município de Florianópolis em Santa Catarina no ano de 2022.

### **3.7 Comparativo de Peso entre Alvenaria Estrutural e Sistema Construtivo Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada**

De forma inicial foi determinado o peso específico médio para a execução de um m<sup>2</sup> de parede em cada um dos sistemas. Para a alvenaria estrutural considerou-se a utilização de blocos de concreto, dimensão predominante de 14x19x39 cm, e espessura de revestimento de 1 cm por face. Com a unidade e espessura do revestimento argamassado definidas utilizou-se a tabela 2 da NBR 6120 (2019) para determinar o peso da estrutura.

Já para o sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada foi considerado um peso de 4kg/m<sup>2</sup> para os painéis monolíticos e o emprego de revestimento argamassado com espessura de 3,2 cm por face, o peso específico do revestimento argamassado foi de 19 kN/m<sup>3</sup>. Após a determinação dos pesos específicos e pesos totais das estruturas foi desenvolvido um comparativo entre os sistemas e apontamento de quem apresentou menor peso específico.

## 4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo foi destinado à apresentação dos resultados obtidos a partir da realização dos orçamentos analíticos e comparativos de custos, para execução da edificação objeto do presente estudo, entre os sistemas construtivos em alvenaria estrutural e sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada. Neste capítulo também é apresentada a composição de custos unitários desenvolvida para a execução das paredes da edificação no sistema em EPS.

### 4.1 Composição de Custos Unitários para Execução das Paredes no Sistema Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada

Neste item foi apresentada a composição de custos unitários - Tabela 4.1 - montada para a etapa de execução das paredes no sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada. A unidade considerada para execução do serviço foi o m<sup>2</sup> e o custo unitário para a execução de uma unidade de parede foi de R\$ 256,92.

**Tabela 4.1: Composição de custos unitários para a execução das paredes no sistema em EPS**

COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS PARA A EXECUÇÃO DAS PAREDES NO SISTEMA EM EPS							
Item	Origem	Código	Composição /Insumo	Discriminação	Unidade	Custo Unitário	Índice
<b>ETAPA 01 (COLOCAÇÃO DOS PAINÉIS)</b>							
1.1	ECOPAINEL 10/2022	-	Insumo	Painéis de EPS (1200 x variável x 80) mm	m <sup>2</sup>	R\$ 149,67	1,00
1.2	ECOPAINEL 10/2022	-	Insumo	Acessórios L (350 x 1200) mm	un	R\$ 17,40	0,44
1.3	ECOPAINEL 10/2022	-	Insumo	Acessórios U (400 x 1200) mm	un	R\$ 19,05	0,30
1.4	ECOPAINEL 10/2022	-	Insumo	Acessórios lisos (300 x 1200) mm	un	R\$ 14,04	0,16
1.5	SINAPI 08/2022	<b>43132</b>	Insumo	Arame recozido 16 BWG, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 BWG, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	kg	R\$ 30,00	0,02
1.6	SINAPI 08/2022	<b>43059</b>	Insumo	Aço CA-60, 4,2 mm ou 5,0 mm, ou 6,0 mm, ou 7,0 mm, vergalhão	kg	R\$ 9,02	0,06

COMPOSIÇÃO DE CUSTOS UNITÁRIOS PARA A EXECUÇÃO DAS PAREDES NO SISTEMA EM EPS							
Item	Origem	Código	Composição /Insumo	Discriminação	Unidade	Custo Unitário	Índice
<b>ETAPA 01 (COLOCAÇÃO DOS PAINÉIS)</b>							
1.7	SINAPI 08/2022	<b>7851</b>	Insumo	Sarrafo *2,5 X 5* cm em pinus, mista ou equivalente da região - bruta	m	R\$ 1,84	0,30
1.8	SINAPI 08/2022	<b>2745</b>	Insumo	Pontaletes roliço sem tratamento, d = 8 a 11 cm, h = 3 m, em eucalipto ou equivalente da região - bruta (para escoramento)	m	R\$ 3,73	0,16
1.9	SINAPI 08/2022	<b>88309</b>	Composição	Pedreiro com encargos complementares	h	R\$ 30,12	0,28
1.10	SINAPI 08/2022	<b>88316</b>	Composição	Servente com encargos complementares	h	R\$ 20,82	0,17
<b>ETAPA 02 (APLICAÇÃO DE ARGAMASSA)</b>							
1.11	SINAPI 08/2022	<b>88628</b>	Composição	Argamassa traço 1:3 (em volume de cimento e areia média úmida), preparo mecânico com betoneira 400 l. AF_08/2019	m³	R\$ 593,65	0,06
1.12	SINAPI 08/2022	<b>7334</b>	Insumo	Aditivo adesivo líquido para argamassas de revestimentos cimentícios	l	R\$ 13,95	0,02
1.13	SINAPI 08/2022	<b>88309</b>	Composição	Pedreiro com encargos complementares	h	R\$ 30,12	1,13
1.14	SINAPI 08/2022	<b>88316</b>	Composição	Servente com encargos complementares	h	R\$ 20,82	0,40
<b>CUSTO TOTAL DA COMPOSIÇÃO</b>						<b>R\$ 256,92</b>	

**Fonte: Autor, (2022)**

A composição de custos unitários levou em consideração as especificidades do projeto arquitetônico e a região em que se prevê a execução da obra, pois utiliza as composições e insumos disponibilizados pelo SINAPI/SC. Portanto, a composição de custos unitários pode servir de base para a determinação do custo de execução das paredes em EPS para edificações similares a deste estudo. Porém, para uma análise de custo mais detalhada se torna necessário considerar as características e especificidades do projeto arquitetônico.

## 4.2 Orçamento Analítico em Alvenaria Estrutural

O orçamento analítico prevê a execução de lajes maciças e paredes em alvenaria estrutural para a edificação objeto do presente estudo. Para a atualização do custo das composições e insumos que integram o orçamento, foram utilizadas as planilhas disponibilizadas pelo SINAPI 08/2022 (não desonerado), para o estado de Santa Catarina.

O custo direto para a execução das lajes e paredes que integram a edificação foi de R\$ 171.699,34, já os custos diretos individuais de execução dos seguintes serviços: lajes maciças, paredes estruturadas e revestimento das paredes, foram apresentados na Tabela 4.2. Ainda nesta tabela pode-se observar o custo de mão de obra e material para a execução de cada serviço.

**Tabela 4.2: Resumo dos custos previstos para a execução da edificação no sistema em alvenaria estrutural**

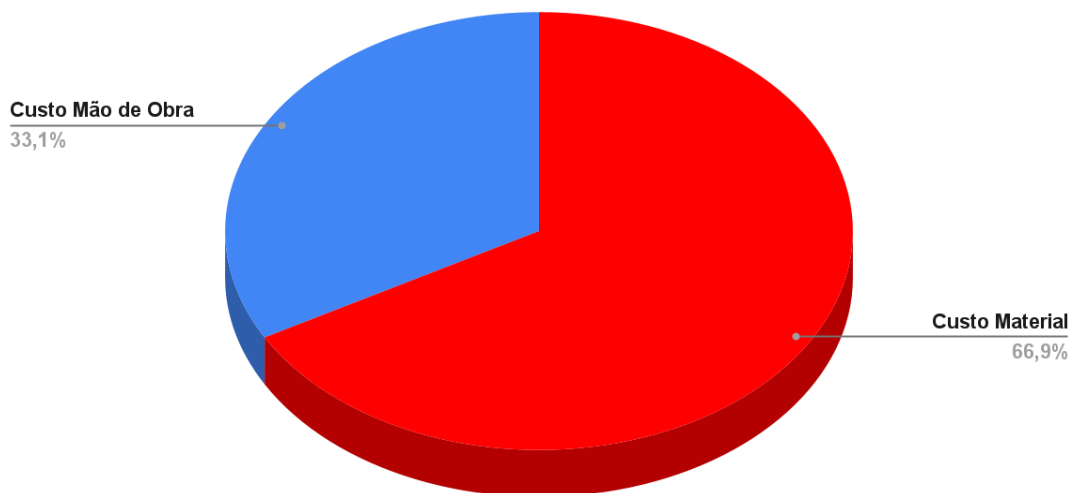
<b>RESUMO ORÇAMENTO ANÁLITCO - ALVENÁRIA ESTRUTURAL</b>		
<b>Custo Mão de Obra (R\$)</b>	<b>Custo Material (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
<b>PAREDES ESTRUTURADAS</b>		
17.508,90	52.516,85	70.025,75
<b>REVESTIMENTO DAS PAREDES</b>		
14.389,46	12.027,01	26.416,46
<b>CUSTO TOTAL DE EXECUÇÃO DAS PAREDES</b>		
<b>31.898,36</b>	<b>64.543,85</b>	<b>96.442,21</b>
<b>LAJES MACIÇAS</b>		
12.269,52	62.987,62	75.257,13
<b>SOMA DO CUSTO DE EXECUÇÃO DE TODOS OS SERVIÇOS</b>		
<b>44.167,87</b>	<b>127.531,47</b>	<b>171.699,34</b>

Fonte: Autor, (2022)

No presente estudo aborda-se também a relação percentual entre o custo de mão de obra e custo de material para a execução das paredes estruturais e do revestimento em argamassa. O custo direto para a execução das paredes e revestimento foi de R\$ 96.442,21, enquanto o custo de mão de obra foi de R\$

31.898,36 (33,1% do custo total) e o custo de material foi de R\$ 64.543,85 (66,9% do custo total), conforme o Gráfico 4.1.

**Gráfico 4.1: Relação percentual entre material e mão de obra para a execução das paredes estruturadas e revestimento das paredes**



Fonte: Autor, (2022)

O orçamento completo para a execução da edificação, em alvenaria estrutural, é apresentado no Apêndice A de este documento.

#### **4.3 Orçamento Analítico para o Sistema Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada**

O orçamento analítico prevê a execução de lajes maciças e paredes no sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada para a edificação objeto do presente estudo. O orçamento foi elaborado com base no levantamento de quantidades e composição de custos unitários apresentados. Os insumos e composições utilizados foram os disponibilizados nas planilhas do SINAPI 08/2022 (não desonerado), para o estado de Santa Catarina. Para os casos em que os insumos não estavam disponíveis nas planilhas do SINAPI, como foi o caso dos painéis monolíticos de EPS e acessórios em L, U e lisos, foram utilizados os

insumos disponibilizados, através de planilha orçamentária disponibilizada pela empresa Ecopainel.

O custo direto para a execução das lajes e paredes que integram e edificação foi de R\$ 224.609,29, já os custos individuais para a execução dos seguintes serviços: lajes maciças e paredes no sistema em EPS - etapas 01 e 02 - foram os apresentados na Tabela 4.3. Ainda nesta tabela pode-se observar o custo de mão de obra e material para a execução de cada serviço.

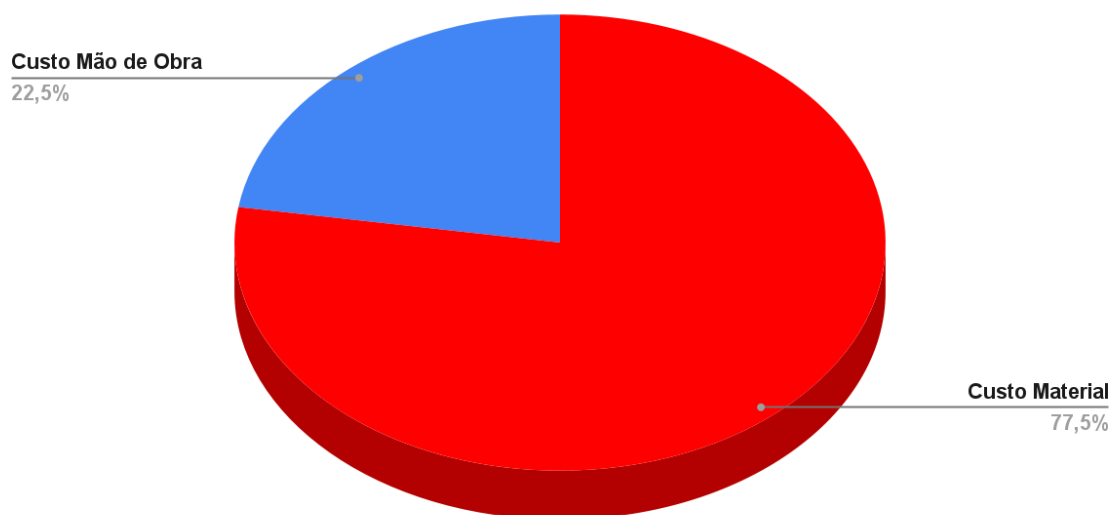
**Tabela 4.3: Resumo dos custos previstos para a execução da edificação no sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada**

<b>RESUMO ORÇAMENTO ANÁLITCO - PAINÉIS DE EPS E ARGAMASSA ARMADA</b>		
<b>Custo Mão de Obra (R\$)</b>	<b>Custo Material (R\$)</b>	<b>Custo Total (R\$)</b>
<b>ETAPA 01 - PAREDES EM EPS (COLOCAÇÃO DOS PAINÉIS)</b>		
6.928,12	97.416,01	104.344,13
<b>ETAPA 02 - PAREDES EM EPS (APLICAÇÃO DE ARGAMASSA)</b>		
26.682,98	18.279,61	45.008,03
<b>CUSTO TOTAL DE EXECUÇÃO DAS PAREDES</b>		
<b>33.611,10</b>	<b>115.695,62</b>	<b>149.352,16</b>
<b>LAJES MACIÇAS</b>		
12.269,52	62.987,62	75.257,13
<b>SOMA DO CUSTO DE EXECUÇÃO DE TODOS OS SERVIÇOS</b>		
<b>45.880,62</b>	<b>178.683,24</b>	<b>224.609,29</b>

Fonte: Autor, (2022)

No presente estudo aborda-se também a relação percentual entre o custo de mão de obra e custo de material para a execução das paredes no sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada. O custo direto para a execução das paredes em EPS foi de R\$ 149.352,16, enquanto o custo de mão de obra foi de R\$ 33.611,10 (22,5% do custo total) e o custo de material foi de R\$ 115.695,62 (77,5% do custo total), conforme pode-se observar no Gráfico 4.2.

**Gráfico 4.2: Relação percentual entre material e mão de obra para a execução das paredes em EPS**



**Fonte: Autor, (2022)**

Ao analisar o custo de execução das paredes em EPS identificou-se o painel de EPS como o principal responsável pelo custo executivo do sistema, os painéis representam aproximadamente 58% do custo total de execução das paredes, um total de R\$ 87.004,37. O orçamento completo para a execução da edificação, elaborado a partir do sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada, é apresentado no Apêndice B deste documento.

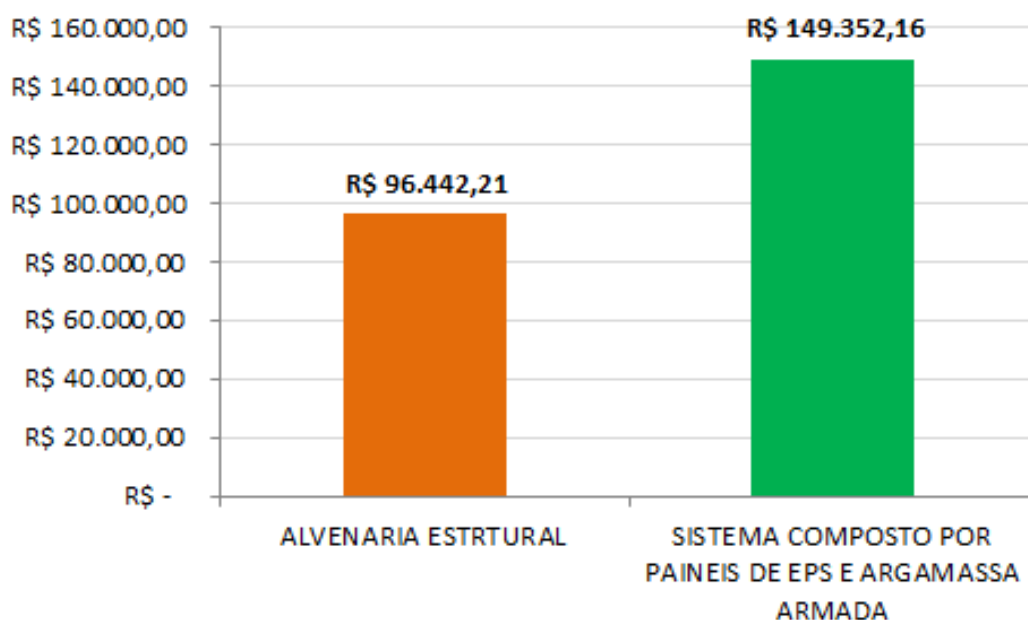
#### **4.4 Comparativo de Custos e Peso entre Alvenaria Estrutural e Sistema Construtivo Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada**

O comparativo de custos, realizado a partir dos orçamentos analíticos, foi desenvolvido entre alvenaria estrutural e sistema construtivo composto por painéis de EPS e argamassa armada para a execução das paredes que integram a edificação em estudo.

A primeira análise comparativa entre os sistemas em questão leva em consideração os custos diretos de execução das paredes, para a alvenaria estrutural

o custo foi de R\$ 96.442,21, enquanto para o sistema em EPS o custo foi de R\$ 149.352,16, como pode ser observado no Gráfico 4.3. O sistema em EPS foi R\$ 52.909,95 (54,86%) mais caro.

**Gráfico 4.3: Custo de execução das paredes a partir dos dois sistemas construtivos**



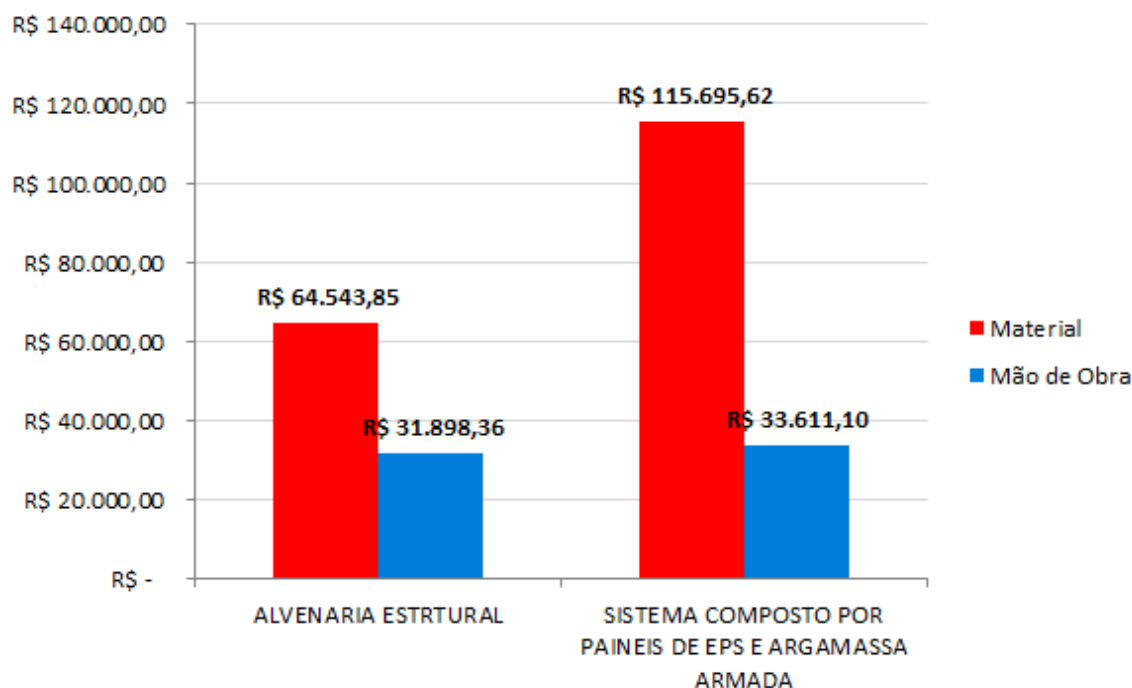
**Fonte: Autor, (2022)**

Além da análise do custo direto de execução das paredes, foi desenvolvido um comparativo entre os custos de mão de obra e material para a execução de cada sistema. Para as paredes executadas em alvenaria estrutural o custo de mão de obra foi de R\$ 31.898,36 (33,1%), já o custo de material foi de R\$ 64.543,85 (66,9%) e para o sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada o custo de mão de obra foi de R\$ 33.611,10 (22,5%), enquanto o custo de material foi de R\$ 115.695,62 (77,5%).

Ao considerar o custo de material para a execução das paredes pode-se observar que o sistema em EPS apresentou um custo superior à alvenaria estrutural, a diferença de custo foi de R\$ 51.151,77, percentualmente o sistema em EPS mostrou ser 79,25% mais caro. Já o custo de mão de obra ficou bastante próximo entre os sistemas em questão, o custo de mão de obra para a execução das paredes em EPS foi R\$ 1.712,74 superior à alvenaria estrutural, percentualmente o sistema em EPS mostrou ser 5,37% mais caro.

No Gráfico 4.4 pode-se observar os custos de material e mão de obra para a execução das paredes nos dois sistemas construtivos.

**Gráfico 4.4: Custos de material e mão de obra para a execução das paredes a partir dos dois sistemas construtivos**



Fonte: Autor, (2022)

A execução das etapas de infraestrutura, superestrutura e vedação de uma obra residencial, etapas que abrangem a execução das lajes e paredes da edificação, representa de 22% a 31% do custo total de execução de uma obra. Quando considera-se apenas a execução da superestrutura e vedação da obra, etapas que abrangem a execução das paredes da edificação, o custo representa de 19% a 27,5% do custo total. Por conseguinte, quando observa-se o custo total da obra, a diferença entre o custo executivo das paredes não é tão significativo, pois representa uma menor parcela de um todo.

O sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada apresenta ainda as seguintes vantagens em relação a alvenaria estrutural: simplicidade e rapidez na execução da sua montagem com redução no desperdício de materiais e prazo de execução, maior adaptação aos diferentes formatos arquitetônicos, excelente isolamento térmico, além de um menor peso específico médio.

O peso específico médio de uma unidade de parede executada em alvenaria estrutural foi de aproximadamente 235 kg/m<sup>2</sup>, já para as paredes executadas no sistema em EPS o peso específico médio foi de aproximadamente 128 kg/m<sup>2</sup>. O peso total de parede para o sistema em alvenaria estrutural foi de 136.609,85 kg, enquanto para o sistema em EPS o peso total de parede foi de 74.408,68 kg. As paredes executadas no sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada tiveram um peso 46,6% inferior às paredes executadas em alvenaria estrutural, o que representa uma menor carga a ser aplicada sobre as fundações e resulta em um menor custo executivo desta etapa.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho teve como objetivo contribuir com o estudo de viabilidade econômica do sistema construtivo composto por painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS) e argamassa armada e realizar uma análise comparativa entre os custos de execução do sistema e a alvenaria estrutural, o objeto do estudo foi uma edificação residencial unifamiliar de dois pavimentos localizada no município de Florianópolis/SC.

Através da elaboração da composição de custos unitários, inexistente para o sistema em EPS, foi encontrado um custo total de R\$ 256,92 para a execução de uma unidade de parede no sistema em EPS. O comparativo de custos entre os sistemas construtivos em questão apontou a alvenaria estrutural como sendo economicamente vantajosa para a execução das paredes da edificação, considerando a edificação objeto do presente estudo. O custo de execução das paredes no sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada foi aproximadamente 55% superior à alvenaria estrutural.

A maior diferença de custo entre os sistemas construtivos foi no custo de material, o custo de material para a execução das paredes no sistema em EPS foi aproximadamente 80% superior à alvenaria estrutural. Enquanto os custos de mão de obra foram bastante próximos entre os sistemas em questão, no sistema em EPS foi aproximadamente 5% superior à alvenaria estrutural. O painel monolítico de EPS foi identificado como o principal responsável pelo custo superior do sistema em EPS representando aproximadamente 58% do custo de execução das paredes no sistema construtivo.

A execução das etapas de superestrutura e vedação de uma obra residencial representa de 19% a 27,5% do seu custo total, por conseguinte quando observa-se o custo total, a diferença entre o custo executivo das paredes não é tão significativo, pois representa uma menor parcela de um todo. A redução no peso de 47% da estrutura se torna um ponto positivo acerca do sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada e tem influência direta sobre as fundações da edificação, pois contribui para a redução no custo de execução desta etapa da obra.

O presente estudo aponta maior viabilidade econômica para o sistema em alvenaria estrutural para edificações com características similares à apresentada e região estudada, Florianópolis (SC), contudo o estudo foi limitado ao comparativo dos custos diretos para a etapa de execução das paredes. Para a escolha do melhor sistema construtivo, o comparativo de custos apresentado pode auxiliar na análise, entretanto as características, especificidades e vantagens de cada sistema são fatores importantes que devem ser levados em consideração na decisão do melhor sistema construtivo para a execução de uma obra.

O sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada apresenta as seguintes características que podem influenciar na escolha do sistema construtivo que melhor se adapte às necessidades da obra: apresenta um menor peso específico, utiliza componentes industrializados na sua composição, simplicidade e rapidez na montagem com redução do desperdício de materiais e prazo de execução, sistema autoportante e a utilização do EPS garante excelente isolamento térmico ao sistema.

### **5.1 Sugestões para Trabalhos Futuros**

- Planejar a execução da edificação no dois sistemas construtivos e fazer uma análise comparativa da produtividade;
- Realizar o dimensionamento da fundação desta edificação considerando a execução das paredes em alvenaria estrutural e sistema em EPS e realizar o comparativo dos custos de execução da fundação;
- Desenvolver o orçamento analítico para a execução de edificações com características distintas da apresentada e fazer uma análise comparativa com os custos apresentados neste estudo;
- Realizar o dimensionamento estrutural da edificação considerando sua execução no sistema composto por painéis de EPS e argamassa armada.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPEX. **Associação brasileira do poliestireno expandido**. Disponível em: <http://www.abrapex.com.br>. Acesso em: 15 mai. 2022.

ALVES, João Paulo O. **Sistema construtivo em painéis de EPS**. 2015, 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 6120 - Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7480 - Aço destinado às armaduras para estruturas de concreto armado - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7481 - Tela de aço soldada nervurada para armadura de concreto - Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS: **ABNT 11173 - Projeto e execução de argamassa armada - Procedimento**. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 11752 - Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial - Especificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 13230 - Embalagens e acondicionamentos plásticos recicláveis - Identificação e simbologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575-1 - Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

BALBINO, Matheus S. **Sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS: uma solução para a construção de habitações populares no Brasil**. 2020, 107 f. (Graduação) - Curso em Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

BERTOLDI, Renato. H. **Caracterização de sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço: dois estudos de caso em Florianópolis**. 2007, 144f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

COÊLHO, Paulo Sérgio A. **Orçamento de obras na construção civil**. São Luís. Edição do autor: 2016.

ECOPAINEL, Ecopainel Sistemas Construtivos LTDA. **A Ecopainel**. Disponível em: <https://ecopainel.com.br/>. Acesso em: 23 jun. 2022.

ELIBIO, Bruno A. **Análise comparativa entre sistemas construtivos: Alvenaria Estrutural e Paredes de EPS**. 2019, 100 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2019.

FEDERAL, Caixa Econômica. **SINAPI - Índice da Construção Civil**. Brasil, Governo Federal. Disponível em: <https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>. Acesso em: 05 dez. 2022.

FÜHR, Andréia Grasiela. **Análise estrutural e de custos de estruturas de concreto armado com vedações verticais com painéis monolíticos de EPS e com blocos cerâmicos**. 2017, 146 f., Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2017.

MAGALHÃES, Matheus F. ABREU, Marcus V. G. e CORREIA, Luiz S. **Estudo comparativo de custos entre um edifício executado em alvenaria estrutural em parede de concreto moldada *in loco***. Congresso Técnico Científico de Engenharia e de Agronomia, 2019, Palmas. Artigo. Tocantins: 2019. p.1 - 5.

LIMMER, Carl Vicente. **Planejamento, orçamentação e controle de projetos e obras**. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

LUEBLE, Ana Regina C. P. **Construção de habitações com painéis de EPS e argamassa armada**. In: I Conferência latino-americana de construção sustentável e X encontro nacional de ciência e tecnologia do meio construído, 2004, São Paulo. Artigo. São Paulo: 2004. p. 1 - 9.

MARTINS, Otávio C. R. **Comparativo de custo entre concreto armado e alvenaria estrutural: estudo de caso**. 2022, 92f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

MATTOS, Aldo D. **Como preparar orçamento de obras**. São Paulo: Editora Pini, 2006.

MEDEIROS, Guilherme Álef N. **Avaliação de paredes sanduíche em argamassa armada com núcleo de EPS**. 2017, 98f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

MOHAMAD, GIHAD. **Construções em Alvenaria Estrutural: Materiais, projeto e desempenho**. 2ª edição ampliada e revisada conforme a NBR 16868/2020. São Paulo, Editora Blucher, 2020.

NOGUEIRA, Davy F. **Aspectos construtivos e de dimensionamento de uma habitação unifamiliar em painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS)**. 2022, 90 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiânia, 2022.

POLISOPOR. Polisopor Cortes Especiais em EPS. **Painel monolítico em EPS**. Disponível em: <https://polisopor.com.br/painel-monolitico-em-eps/>. Acesso em: 07 jul. 2022.

PRUDÊNCIO, Luiz R.; OLIVEIRA, Alexandre. L.; BEDIN, Carlos A. **Alvenaria estrutural de blocos de concreto**. Edição única. Florianópolis: Editora Gráfica Pallotti, 2002.

OLIVEIRA, Ana Beatriz F. **Inserção de sistemas construtivos industrializados de ciclo aberto no mercado da construção civil residencial brasileira**. 2013, 157f. Dissertação (Pós-Graduação) - Departamento de Engenharia Civil, Escola de Minas da Universidade de Ouro Preto, Ouro Preto, 2013.

RAMALHO, Marcio A.; CORRÊA, Márcio R.S. **Projeto de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. 1ª ed. São Paulo: Editora Pini Ltda, 2008.

RICHTER, Cristiano M. S. **Alvenaria Estrutural: Processo Construtivo Racionalizado**. Rio Grande do Sul, 2007. (Apostila).

ROMAN, Humberto; PARIZOTTO, Sérgio F. **Manual da alvenaria estrutural com blocos cerâmicos**. 2017.

SANTOS, Marcus Daniel F. **Técnicas construtivas em alvenaria estrutural: contribuição ao uso**. 1998. 157f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1998.

SIENGE. *Software de gestão, ERP (Enterprise Resource Planning)*. **Custo de obra por etapa: conheça os valores e planeje-se**. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/custo-da-obra-por-etapa/>. Acesso em: 03 fev. 2023.

SISTEMA NACIONAL DE NORMAS TÉCNICAS. **DIRETRIZ 11 - Diretriz para Avaliação Técnica de Produtos: Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa, microconcreto ou concreto**. Brasília, p. 42. 2014.

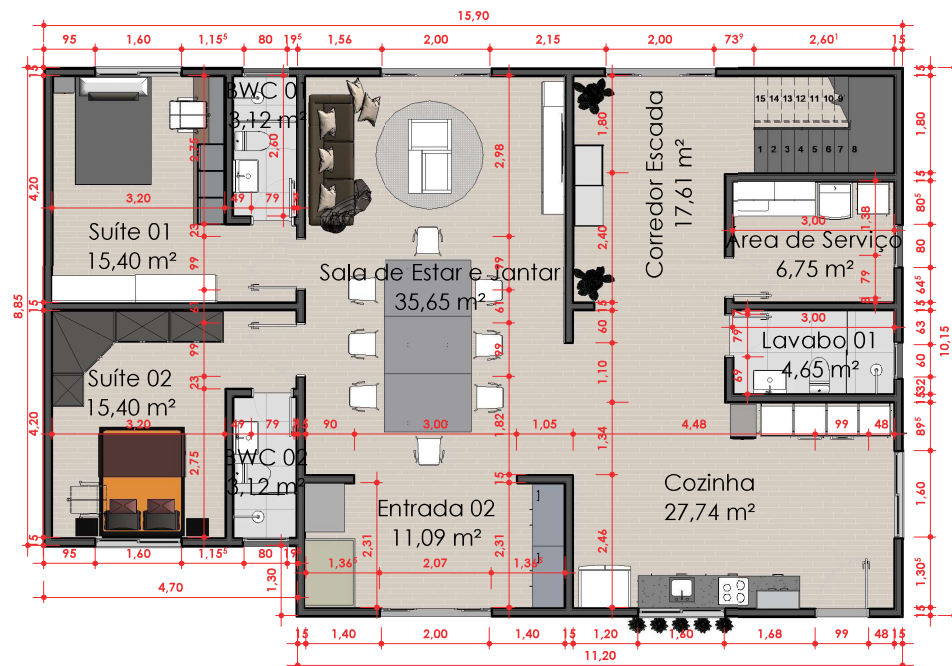
SOUZA, Angela Cristina A. G. **Análise comparativa de custos de alternativas tecnológicas para construção de habitações populares**. 2009, 180f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2009.

SOUZA, Laurilan G. **Análise comparativa de custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame**. 2012. 20 f. Curso de Arquitetura, Instituto de Pós Graduação IPOG, Florianópolis, 2012.

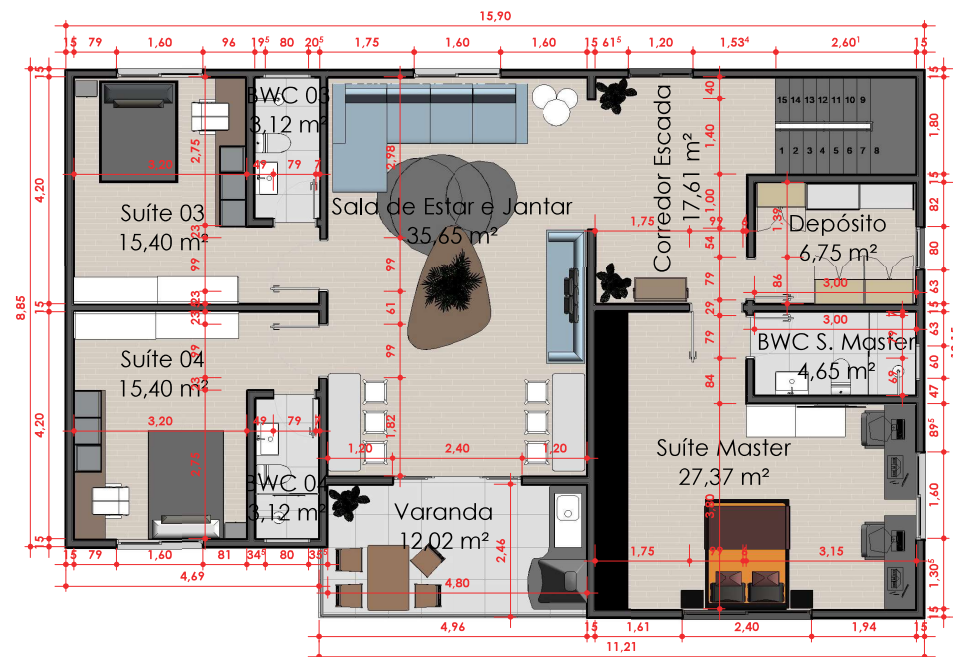
TAUIL, Carlos A.; NESE, Flávio J.M. **Alvenaria estrutural: metodologia de projeto; detalhes; mão de obra; normas e ensaios**. 1ª ed. São Paulo: Editora Pini Ltda, 2010.

**ANEXOS**

**ANEXO A - Projeto Arquitetônico: Disponibilizado por Martins  
(2022)**



1 **1. Planta Baixa Pav. Térreo**  
1 : 100



2 **2. Planta Baixa Pav. Segundo**  
1 : 100



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

CURSO: ENGENHEIRO CIVIL  
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

## EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

Rua Vera Linhares de Andrade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil

projeto:  
PROJETO ARQUITETÔNICO

discriminação:  
Planta Baixa Pav. Térreo e Pav. Segundo

aluno: OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS

prancha:

**01**

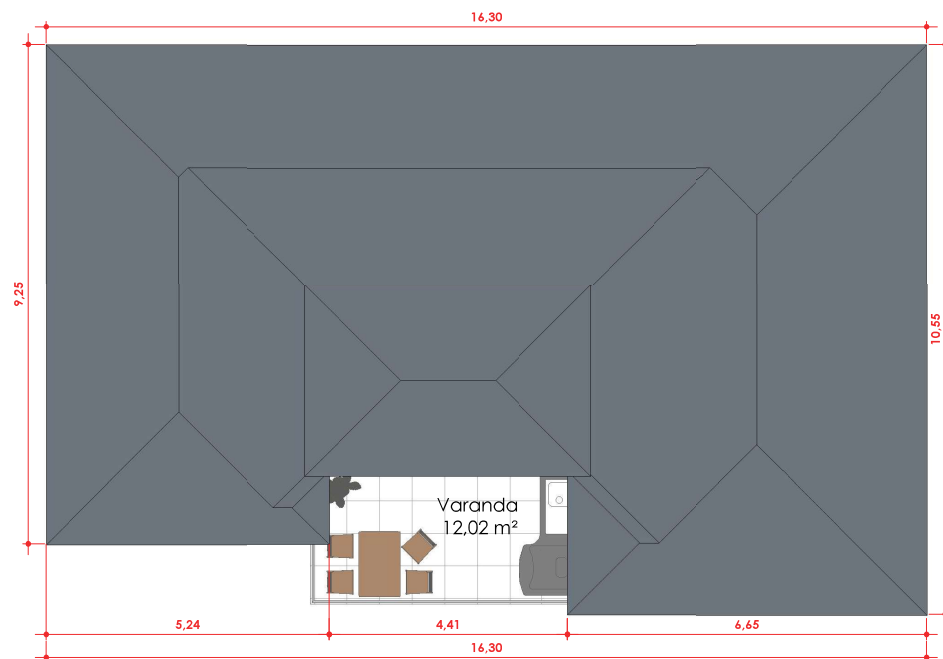
total:  
04

escala:

1/100

data:

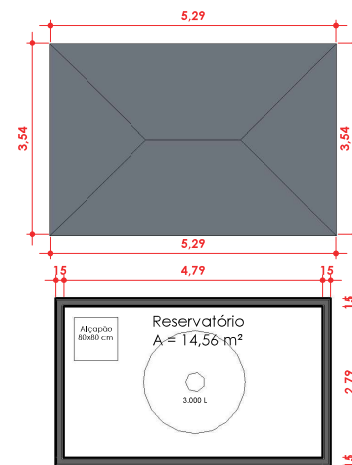
02/03/22



### 3. Planta Baixa Pav. Cobertura

3

1 : 100



4

### 4. Planta Baixa Pav. Cob. Cx. d' Água

1 : 100



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

CURSO: ENGENHEIRO CIVIL  
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

## EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

Rua Vera Linhares de Andrade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil

prancha:

02

total:

04

escala:

1/100

data:

02/03/22

projeto:  
PROJETO ARQUITETÔNICO

discriminação:  
Planta Baixa Pav. Cobertura e Pav. Cobertura Caixa d'Água

aluno: OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS



1 Fachada Frontal



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

CURSO: ENGENHEIRO CIVIL  
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

## EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

Rua Vera Linhares de Andrade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil

prancha:

**03**

total:

04

escala:

1/100

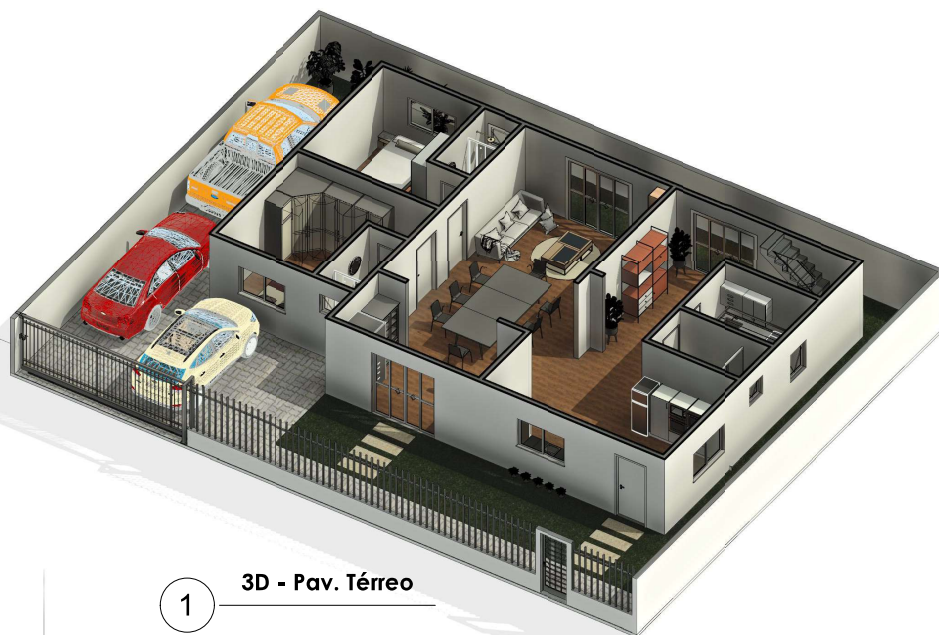
data:

02/03/22

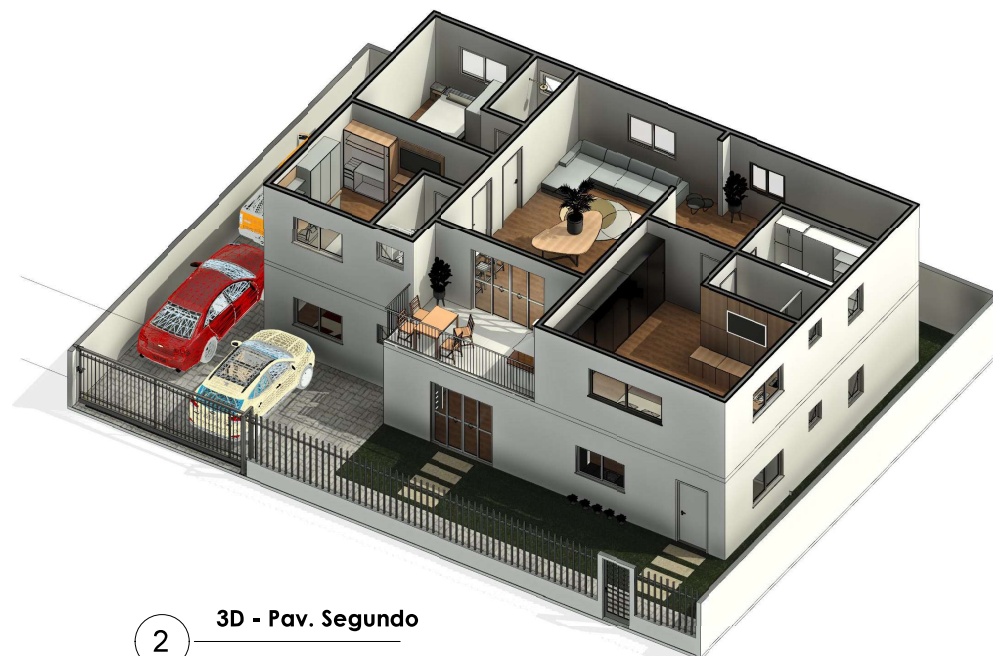
projeto:  
PROJETO ARQUITETÔNICO

discriminação:  
Fachada Frontal

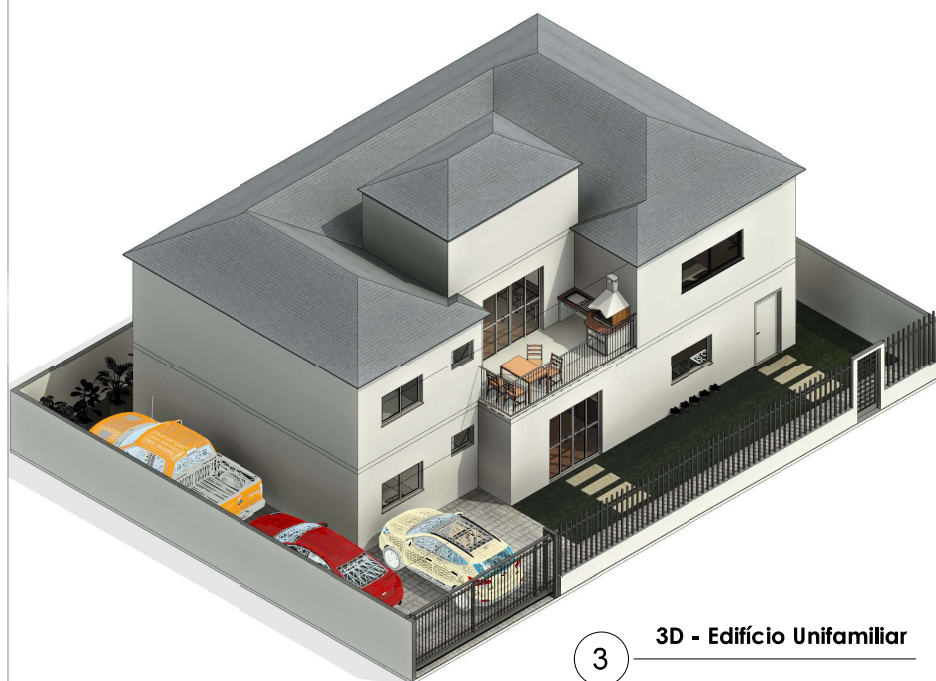
aluno: OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS



1 3D - Pav. Térreo



2 3D - Pav. Segundo



3 3D - Edifício Unifamiliar



INSTITUTO FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CAMPUS FLORIANÓPOLIS

CURSO: ENGENHEIRO CIVIL  
DISCIPLINA: TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO  
ORIENTADOR: PROF. ANDRÉ PUEL

## EDIFÍCIO UNIFAMILIAR

Rua Vera Linhares de Andrade - Florianópolis - Santa Catarina - Brasil

prancha:

04

total:

04

escala:

1/100

data:

02/03/22

projeto:  
PROJETO ARQUITETÔNICO

discriminação:  
Vistas 3D

aluno: OTÁVIO CAMPOS RIBEIRO MARTINS

## **APÊNDICES**

**APÊNDICE A - Orçamento para a Execução da Edificação em  
Alvenaria Estrutural**

Base para realização do orçamento: SINAPI 08/2022 (Não desonerado) para o estado de Santa Catarina

ORÇAMENTO ANÁLITICO - ALVENARIA ESTRUTURAL										
Item	Origem	Código	Composição /Insumo	Discriminação	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Material (R\$)	Custo Mão de Obra (R\$)	Custo Total (R\$)
<b>Lajes</b>										
1										
1.1	SINAPI 08/2022	92510	Composição	Montagem e desmontagem de fôrma de laje maciça, pé-direito simples, em chapa de madeira compensada resinada, 2 utilizações. AF_09/2020	m²	278,00	80,45	15.887,70	6.477,40	22.365,10
1.2	SINAPI 08/2022	92768	Composição	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-60 de 5,0 mm - montagem. AF_06/2022	kg	436,91	15,50	4.954,56	1.817,55	6.772,11
1.3	SINAPI 08/2022	92769	Composição	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-50 de 6,3 mm - montagem. AF_06/2022	kg	469,20	14,76	5.682,01	1.243,38	6.925,39
1.4	SINAPI 08/2022	92770	Composição	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-50 de 8,0 mm - montagem. AF_06/2022	kg	455,11	13,97	5.616,06	741,83	6.357,89
1.5	SINAPI 08/2022	92771	Composição	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-50 de 10,0 mm - montagem. AF_06/2022	kg	472,10	12,51	5.433,87	472,10	5.905,97
1.6	SINAPI 08/2022	92772	Composição	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-50 de 12,5 mm - montagem. AF_06/2022	kg	231,70	10,54	2.317,00	125,12	2.442,12
1.7	SINAPI 08/2022	103675 *	Composição	Concretagem de vigas e lajes, FCK= 30 MPa, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba - lançamento, adensamento e acabamento. AF_02/2022	m³	36,80	665,45	23.096,42	1.392,14	24.488,56
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 62.987,62</b>	<b>R\$ 12.269,52</b>	<b>R\$ 75.257,13</b>
<b>Paredes Estruturadas</b>										
2										
2.1	SINAPI 08/2022	89457	Composição	Alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x39 cm, (espessura de 14 cm), FBK= 4,5 MPa, para paredes com área líquida menor de 6 m², com vãos, utilizando palheta. AF_12/2014	m²	93,27	91,04	6.289,20	2.202,10	8.491,30
2.2	SINAPI 08/2022	89453	Composição	Alvenaria de blocos de concreto estrutural 14x19x39 cm, (espessura de 14 cm), FBK= 4,5 MPa, para paredes com área líquida menor de 6 m², sem vãos, utilizando palheta. AF_12/2014	m²	490,05	85,84	32.059,07	10.006,82	42.065,89
2.3	SINAPI 08/2022	89993	Composição	Grauteamento vertical em alvenaria estrutural. AF_09/2021	m³	3,45	1057,96	2.236,46	1.413,50	3.649,96
2.4	SINAPI 08/2022	89994	Composição	Grauteamento de cinta intermediária ou de contraverga em alvenaria estrutural. AF_09/2021	m³	0,54	906,14	339,80	149,52	489,32
2.5	SINAPI 08/2022	89995	Composição	Grauteamento de cinta superior ou de verga em alvenaria estrutural. AF_09/2021	m³	4,37	1019,13	2.811,61	1.641,98	4.453,60
2.6	SINAPI 08/2022	89996	Composição	Armação vertical de alvenaria estrutural, diâmetro de 10,0 mm. AF_09/2021	kg	497,30	12,22	4.913,32	1.163,68	6.077,01
2.7	SINAPI 08/2022	89998	Composição	Armação de cinta de alvenaria estrutural, diâmetro de 10,0 mm. AF_09/2021	kg	309,53	11,66	3.036,49	572,63	3.609,12
2.8	SINAPI 08/2022	90000	Composição	Armação de verga e contraverga de alvenaria estrutural, diâmetro de 10,0 mm. AF_09/2021	kg	81,70	14,56	830,89	358,66	1.189,55
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 52.516,85</b>	<b>R\$ 17.508,90</b>	<b>R\$ 70.025,75</b>
<b>Revestimento</b>										
3										
3.1	SINAPI 08/2022	87547	Composição	Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 10 mm, com execução de taliscas. AF_06/2014	m²	1073,84	24,60	12.027,01	14.389,46	26.416,46
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 12.027,01</b>	<b>R\$ 14.389,46</b>	<b>R\$ 26.416,46</b>
<b>TOTAL</b>								<b>R\$ 127.531,47</b>	<b>R\$ 44.167,87</b>	<b>R\$ 171.699,34</b>

**Observação:**

\* Composição 103675 do SINAPI (08/2022) - na composição original é prevista a utilização de concreto com fck= 25 MPa, porém para o presente projeto é prevista a utilização de concreto com fck= 30 MPa. Portanto, foi realizada a atualização do valor do insumo na composição, de acordo com a planilha de insumos do SINAPI (08/2022)

**APÊNDICE B - Orçamento para a Execução da Edificação no Sistema Composto por Painéis de EPS e Argamassa Armada**

Base para realização do orçamento: SINAPI 08/2022 (Não desonerado) para o estado de Santa Catarina e ECOPAINEL 10/2022

ORÇAMENTO ANALÍTICO - SISTEMA COMPOSTO POR PAINÉIS DE EPS E ARGAMASSA ARMADA										
Item	Origem	Código	Composição /Insumo	Discriminação	Unidade	Quantidade	Custo Unitário (R\$)	Custo Material (R\$)	Custo Mão de Obra (R\$)	Custo Total (R\$)
<b>Lajes</b>										
1										
1.1	SINAPI 08/2022	92510	Composição	Montagem e desmontagem de fôrma de laje maciça, pé-direito simples, em chapa de madeira compensada resinada, 2 utilizações. AF_09/2020	m²	278,00	80,45	15.887,70	6.477,40	22.365,10
1.2	SINAPI 08/2022	92768	Composição	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-60 de 5,0 mm - montagem. AF_06/2022	kg	436,91	15,50	4.954,56	1.817,55	6.772,11
1.3	SINAPI 08/2022	92769	Composição	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-50 de 6,3 mm - montagem. AF_06/2022	kg	469,20	14,76	5.682,01	1.243,38	6.925,39
1.4	SINAPI 08/2022	92770	Composição	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-50 de 8,0 mm - montagem. AF_06/2022	kg	455,11	13,97	5.616,06	741,83	6.357,89
1.5	SINAPI 08/2022	92771	Composição	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-50 de 10,0 mm - montagem. AF_06/2022	kg	472,10	12,51	5.433,87	472,10	5.905,97
1.6	SINAPI 08/2022	92772	Composição	Armação de laje de estrutura convencional de concreto armado utilizando aço CA-50 de 12,5 mm - montagem. AF_06/2022	kg	231,70	10,54	2.317,00	125,12	2.442,12
1.7	SINAPI 08/2022	103675 *	Composição	Concretagem de vigas e lajes, FCK= 30 MPa, para lajes maciças ou nervuradas com uso de bomba - lançamento, adensamento e acabamento. AF_02/2022	m³	36,80	665,45	23.096,42	1.392,14	24.488,56
							<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 62.987,62</b>	<b>R\$ 12.269,52</b>	<b>R\$ 75.257,13</b>
<b>Paredes em EPS</b>										
<b>ETAPA 01 (COLOCAÇÃO DOS PAINÉIS)</b>										
2.1	ECOPAINEL 10/2022	--	Insumo	Painéis de EPS (1200 x 2800 x 80) mm	un m²	164 549,39	149,67	82.226,90	--	82.226,90
2.2	ECOPAINEL 10/2022	--	Insumo	Painéis de EPS (1200 x 1900 x 80) mm	un m²	14 31,92	149,67	4.777,47	--	4.777,47
2.3	ECOPAINEL 10/2022	--	Insumo	Acessórios L (350 x 1200) mm	un	253	17,40	4.402,20	--	4.402,20
2.4	ECOPAINEL 10/2022	--	Insumo	Acessórios U (400 x 1200) mm	un	174	19,05	3.315,49	--	3.315,49
2.5	ECOPAINEL 10/2022	--	Insumo	Acessórios lisos (300 x 1200) mm	un	96	14,04	1.340,82	--	1.340,82
2.6	SINAPI 08/2022	43132	Insumo	Arame recozido 16 BWG, D= 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 BWG, D= 1,25 mm (0,01 kg/m)	kg	12,13	30,00	363,88	--	363,88
2.7	SINAPI 08/2022	43059	Insumo	Aço CA-60, 4,2 mm ou 5,0 mm, ou 6,0 mm, ou 7,0 mm, vergalhão	kg	36,31	9,02	327,53	--	327,53
2.8	SINAPI 08/2022	7851	Insumo	Sarrafo *2,5 x 5* cm em pinus, mista ou equivalente da região - bruta	m	174,72	1,84	321,48	--	321,48
2.9	SINAPI 08/2022	2745	Insumo	Pontaletes roliço sem tratamento, d = 8 a 11 cm, h = 3 m, em eucalipto ou equivalente da região - bruta (para escoramento)	m	91,22	3,73	340,24	--	340,24
2.10	SINAPI 08/2022	88309	Composição	Pedreiro com encargos complementares	h	162,59	30,12	--	4.897,09	4.897,09
2.11	SINAPI 08/2022	88316	Composição	Servente com encargos complementares	h	97,55	20,82	--	2.031,03	2.031,03
							<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 97.416,01</b>	<b>R\$ 6.928,12</b>	<b>R\$ 104.344,13</b>
<b>ETAPA 02 (APLICAÇÃO DE ARGAMASSA)</b>										
2.12	SINAPI 08/2022	88628	Composição	Argamassa traço 1:3 (em volume de cimento e areia média úmida), preparo mecânico com betoneira 400 l. AF_08/2019	m³	34,17	593,65	18.147,21	2.090,69	20.283,34
2.13	SINAPI 08/2022	7334	Insumo	Aditivo adesivo líquido para argamassas de revestimentos cimentícios	l	9,49	13,95	132,40	--	132,40
2.14	SINAPI 08/2022	88309	Composição	Pedreiro com encargos complementares	h	655,58	30,12	--	19.746,15	19.746,15
2.15	SINAPI 08/2022	88316	Composição	Servente com encargos complementares	h	232,76	20,82	--	4.846,14	4.846,14
							<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 18.279,61</b>	<b>R\$ 26.682,98</b>	<b>R\$ 45.008,03</b>
							<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 178.683,24</b>	<b>R\$ 45.880,62</b>	<b>R\$ 224.609,29</b>

**Observação:**

\* Composição 103675 do SINAPI (08/2022) - na composição original é prevista a utilização de concreto com fck= 25 MPa, porém para o presente projeto é prevista a utilização de concreto com fck= 30 MPa. Portanto, foi realizada a atualização do valor do insumo na composição, de acordo com a planilha de insumos do SINAPI (08/2022)