

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

GABRIEL CHAVES ROMFELD  
GABRIEL FREITAS DÁGOLA  
LUCAS ESTEVES

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS  
EM EPS E ALVENARIA CONVENCIONAL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA

2021

GABRIEL CHAVES ROMFELD  
GABRIEL FREITAS DÁGOLA  
LUCAS ESTEVES

## **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM EPS E ALVENARIA CONVENCIONAL**

### **Comparative analysis between eps construction methods and conventional masonry**

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

Orientador: Prof. M. Eng. Carlos Alberto da Costa.

**CURITIBA**

**2021**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

Esta licença permite download e compartilhamento do trabalho desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es), sem a possibilidade de alterá-lo ou utilizá-lo para fins comerciais.

Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

GABRIEL CHAVES ROMFELD  
GABRIEL FREITAS DÁGOLA  
LUCAS ESTEVES

## **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM EPS E ALVENARIA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação  
apresentado como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Civil da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 10 de Dezembro de 2021

---

Carlos Alberto da Costa  
Mestrado em Engenharia de Produção  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Curitiba

---

Alfredo Iarozinski Neto  
Doutorado em Engenharia  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Curitiba

---

Cezar Augusto Romano  
Doutorado em Engenharia de Produção  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Curitiba

---

Vanessa Do Rocio Nahhas Scandelari  
Doutorado em Administração  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Campus Curitiba

**CURITIBA**

**2021**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que esteve comigo em todos os momentos ao longo da minha vida e por ter proporcionado a oportunidade de estar realizando um dos meus principais objetivos.

Aos meus pais, Gilberto e Eveline que sempre estiveram ao meu lado fornecendo apoio, suporte, amor e inspiração extraordinária.

Aos familiares, que fizeram parte de toda essa jornada, mesmo distantes se fizeram presentes e vibraram comigo em cada conquista.

Aos amigos, pela amizade, incentivo, experiências, conselhos e por todo apoio concedido até hoje.

Ao professor Carlos Alberto da Costa, por ter me orientado no presente trabalho com todo o suporte, sua experiência e conhecimento na área estudada.

A todos que participaram de alguma forma para o desenvolvimento e conclusão deste trabalho de pesquisa.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Curitiba, servidores e corpo acadêmico por proporcionar papel de suma importância no meu processo de formação profissional.

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente à Deus, por me auxiliar no alcance dos meus objetivos durante a faculdade e a vida como um todo.

Agradecer à minha família: Ivan, Cristiane e Guilherme que sempre me incentivaram e auxiliaram durante toda a minha jornada, que mesmo com a distância, não mediram esforços para se fazerem presentes.

Aos meus amigos que sempre apoiaram e incentivaram a busca pelos meus objetivos e metas, dentro e fora da faculdade.

Ao professor Cabeto por ter sido meu orientador do trabalho, acrescentando conhecimento a ser desenvolvido no trabalho e na vida profissional.

A todos que auxiliaram diretamente ou indiretamente na minha evolução e construção de toda a jornada.

A instituição de ensino UTFPR – Campus Curitiba, por proporcionar excelentes condições para o aprendizado e desenvolvimento acadêmico, seja com o excelente preparo do corpo de docentes ou com toda a estrutura disponibilizada.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, a Deus, que fez com que meus objetivos fossem alcançados durante todos os meus anos de estudos.

Aos meus pais e irmã, que me incentivaram nos momentos difíceis e apesar da distância, sempre se fizeram presentes em minha vida.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pela amizade incondicional e pelo apoio demonstrado ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho.

Ao professor Cabeto, por ter sido meu orientador e ter desempenhado tal função com dedicação e amizade.

A todos que participaram, diretamente ou indiretamente do desenvolvimento deste trabalho de pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pelo companheirismo e pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como formando.

À instituição de ensino UTFPR, essencial no meu processo de formação profissional, pela dedicação, e por tudo o que aprendi ao longo dos anos do curso.

*“O sucesso é uma viagem, não um ponto  
de destino.”*

Ben Sweetland

## RESUMO

Um dos principais problemas na construção civil atual, é o fato de existir uma monopolização dos métodos construtivos que acaba por dominar todo o setor, em destaque o método em alvenaria convencional com função de vedação e estrutural. Dentro deste cenário surgem diversas alternativas para fazer frente à essa situação, apresentando os mais diversos diferenciais. O trabalho tem como objetivo a verificação da real viabilidade de um desses métodos construtivos alternativos, o uso de painéis de poliestireno expandido, baseado em critérios apresentados na NBR 15575, além do custo e tempo de execução. Com a revisão bibliográfica, obteve-se os valores correspondentes para cada parâmetro e, com o auxílio da AHP, a hierarquização de tais critérios a fim de estabelecer um método construtivo que se sobressaia frente ao outro. A principal resposta obtida é de que, para os parâmetros avaliados e as ponderações estabelecidas, ambos os métodos construtivos se mostraram como boas escolhas frente aos cenários apresentados.

**Palavras-chaves:** Métodos construtivos, análise hierárquica, poliestireno expandido, alvenaria convencional.



## ABSTRACT

One of the main problems in current civil construction is the fact that there is a monopolization of construction methods that ends up dominating the entire sector, in particular the conventional masonry method with a sealing and structural function. Within this scenario, several alternatives emerge to face this situation, presenting the most diverse differentials. The work aims to verify the real viability of one of these alternative construction methods, the use of expanded polystyrene panels, based on criteria presented in NBR 15575, in addition to cost and execution time. With the literature review, the corresponding values for each parameter were obtained and, with the help of the AHP, the hierarchy of such criteria was obtained in order to establish a constructive method that would stand out against the other. The main answer obtained is that, for the parameters evaluated and the weights established, both constructive methods proved to be good choices against the scenarios presented.

**Key-words:** Construction methods, hierarchical analysis, expanded polystyrene, conventional masonry.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Barras de ancoragem dos painéis em EPS.....	20
Figura 2 – Grânulos de poliestireno .....	21
Figura 3 – Placa de EPS.....	22
Figura 4 - Montagem de painéis em EPS.....	24
Figura 5 - Amarração de malha de aço nos painéis em EPS.....	25
Figura 6 - Reforços na armadura de aço .....	26
Figura 7 - Pistola de ar quente para abrir sulcos no painel EPS.....	27
Figura 8 - Instalações em painéis EPS .....	27
Figura 9 - Revestimento de painéis em EPS .....	28
Figura 10 - Residência unifamiliar executada com painéis EPS .....	29
Figura 11 - Fluxograma Método Construtivo em EPS .....	30
Figura 12 - Bloco cerâmico 14 centímetros e 12 furos .....	32
Figura 13 – Fôrmas de vigas .....	33
Figura 14 – Etapas da utilização do aço em obras de concreto armado.....	34
Figura 15 - Execução de sulcos para passagem de tubulação .....	35
Figura 16 - Diferença entre chapisco, emboço e reboco .....	36
Figura 17 - Fluxograma Método Construtivo em Alvenaria Convencional.....	37
Figura 18 - Fluxo de decisão para os métodos AHP, ELECTRE e PROMETHEE .....	40
Figura 19 – Hierarquização de critérios para o método AHP .....	41
Figura 20 - Matriz quadrada genérica de comparações - AHP .....	43
Figura 21 - Projeto residência unifamiliar .....	53
Figura 22 - Estrutura de vigas e pilares .....	53
Figura 23 - Respostas da pesquisa de opinião.....	54
Figura 24 - Etapas para o cálculo do atraso térmico .....	57
Figura 25 - Fluxograma do uso da AHP .....	59
Figura 26 - Dados referentes à segurança do usuário.....	64
Figura 27 - Hierarquia entre os parâmetros .....	67
Figura 28 - Projeto estrutural pavimento térreo .....	79
Figura 29 - Projeto estrutural primeiro pavimento .....	80
Figura 30 - Planta estrutural cobertura .....	80
Figura 31 - Projeto arquitetônico pavimento térreo .....	81
Figura 32 - Projeto arquitetônico 2º pavimento .....	81
Figura 33 - Corte da habitação unifamiliar .....	82

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Custo total do EPS.....	60
Tabela 2 - Quantidades de entrada .....	61
Tabela 3 - Composição dos custos para o método em alvenaria .....	61
Tabela 4 - Comparativo de custos entre os métodos construtivos .....	62
Tabela 5 - Determinação do tempo para EPS .....	62
Tabela 6 - Resumo das informações para o método construtivo em alvenaria.....	63
Tabela 7 - Resumo das informações de tempo .....	63
Tabela 8 - Parâmetros de Entrada.....	65
Tabela 9 - Resultados para o conforto térmico .....	65
Tabela 10 - Matriz Completa .....	68
Tabela 11 - Média dos Parâmetros .....	68
Tabela 12 - Valoração individual por critério .....	68
Tabela 13 - Valoração global entre os métodos construtivos .....	69
Tabela 14 - Composição para alvenaria convencional .....	78
Tabela 15 - Composição para o EPS .....	83
Tabela 16 - Composição para o revestimento no EPS .....	83
Tabela 17 - Composição para formas .....	83
Tabela 18 - Composição para armação de 5 mm .....	84
Tabela 19 - Composição para armação de 6,3 mm.....	84
Tabela 20 - Composição para armação de 8 mm.....	84
Tabela 21 - Composição para armação de 10 mm.....	85
Tabela 22 - Composição para armação de 12,5 mm.....	85
Tabela 23 - Composição para armação de 16 mm.....	85
Tabela 24 - Composição para concretagem dos pilares.....	86
Tabela 25 - Composição para concretagem de vigas .....	86
Tabela 26 - Composição para o chapisco na alvenaria .....	86
Tabela 27 - Composição para o emboço interno .....	86
Tabela 28 - Composição para o emboço externo .....	87

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1 - Principais comparações sobre os métodos AHP, ELECTRE E PROMETHEE.....</b>	<b>39</b>
<b>Quadro 2 - Intensidades de importância - comparações - AHP .....</b>	<b>43</b>
<b>Quadro 3 – Índice Randômico Médio - AHP .....</b>	<b>45</b>
<b>Quadro 4 – Aspectos, requisitos e critérios da NBR 15575:2013 .....</b>	<b>51</b>
<b>Quadro 5 - Valoração Individual.....</b>	<b>59</b>
<b>Quadro 6 - Resumo do isolamento acústico para cada sistema construtivo ....</b>	<b>66</b>

## LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAPEX	Associação Brasileira do Poliestireno Expandido
AHP	Análise Hierárquica de Processos
CBIC	Câmara Brasileira de Indústria e Construção
EPS	Poliestireno Expandido
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices
TRF	Tempo de Resistência ao Fogo

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>1.1 Objetivos</b> .....	<b>16</b>
1.1.1 Objetivo geral .....	16
1.1.2 Objetivos específicos.....	17
<b>1.2 Justificativa</b> .....	<b>17</b>
<b>1.3 Delimitação do estudo</b> .....	<b>18</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>19</b>
<b>2.1 Método construtivo em EPS</b> .....	<b>19</b>
2.1.1 Fundação .....	19
2.1.2 Barras de ancoragem .....	20
2.1.3 Painel monolítico de poliestireno expandido. ....	20
2.1.4 Posicionamento e amarração de tela de aço soldada .....	24
2.1.5 Instalações elétricas, hidrossanitárias e gás .....	26
2.1.6 Revestimento .....	28
2.1.7 Fluxograma resumo – método construtivo em EPS. ....	29
<b>2.2 Método construtivo em alvenaria convencional</b> .....	<b>30</b>
2.2.1 Fundações.....	31
2.2.2 Elevação de alvenarias .....	31
2.2.3 Fôrmas .....	32
2.2.4 Pilares e vigas .....	34
2.2.5 Instalações na alvenaria convencional de blocos cerâmicos .....	34
2.2.6 Revestimento .....	35
2.2.7 Fluxograma resumo – método construtivo alvenaria convencional .....	36
<b>2.3 Parâmetros para tomada de decisão</b> .....	<b>37</b>
2.3.1 Análise hierárquica de processos.....	37
<b>2.4 Norma brasileira de desempenho de edifícios</b> .....	<b>45</b>
2.4.1 Aspectos gerais de desempenho .....	46
2.4.2 Aspectos de segurança .....	46
2.4.3 Aspectos de habitabilidade.....	48
2.4.4 Aspectos de sustentabilidade .....	49
2.4.5 Resumo – NBR 15575:2013.....	50
<b>3 MÉTODO DA PESQUISA</b> .....	<b>52</b>
<b>3.1 Variáveis analisadas</b> .....	<b>54</b>
3.1.1 Custo .....	55
3.1.2 Tempo .....	56
3.1.3 Resistência ao fogo .....	56
3.1.4 Desempenho térmico .....	57
3.1.5 Desempenho acústico .....	58
<b>3.2 Método AHP</b> .....	<b>58</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....	<b>60</b>

<b>4.1 Custo.....</b>	<b>60</b>
<b>4.2 Tempo .....</b>	<b>62</b>
<b>4.3 Resistência ao fogo .....</b>	<b>64</b>
<b>4.4 Desempenho térmico.....</b>	<b>64</b>
<b>4.5 Desempenho Acústico .....</b>	<b>66</b>
<b>4.6 Método AHP.....</b>	<b>67</b>
<b>5 CONCLUSÕES.....</b>	<b>70</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>71</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>83</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema convencional de construção, desde o processamento das matérias primas necessárias até os seus respectivos produtos, gera uma quantidade considerável de resíduos e impactos ambientais. Diante da preocupação com a degradação do meio ambiente tendo em vista estes impactos e levando em consideração o conjunto de estratégias políticas e econômicas industriais houve uma potencialização na busca por uma produção mais limpa. De acordo com CETESB (2010), a produção mais limpa consiste na aplicação de estratégias ambientais preventivas integradas aos processos, produtos e serviços, a fim de aumentar sua eficiência e reduzir os impactos ambientais.

Além da busca pela produção mais limpa, o setor da construção civil também é impulsionado pelo desafio de implantar novas tecnologias que possibilitem construir mais rápido, mais barato, e, ao mesmo tempo, prezar pela qualidade da edificação. (BERTOLDI, 2007).

Perante essa realidade Führ (2017) apresenta um método construtivo que tem surgido como uma alternativa para os métodos construtivos convencionais, que consiste na utilização do sistema monolítico em EPS, constituído por placas de poliestireno expandido, malhas de aço e argamassa. Segundo Chen *et. al.* (2015), o painel monolítico de EPS possui eficiência no que condiz a construção civil devido a sua economia, fácil instalação, redução da absorção de umidades, isolamento térmico e por ser ambientalmente sustentável.

O modelo construtivo de painéis de poliestireno expandido, pode ser utilizado para vedação vertical ou horizontal, tendo função estrutural ou apenas de vedação. No caso do estudo de utilização para vedação vertical, a NBR 15575-4 trata dos sistemas de vedações verticais internas e externas das edificações habitacionais, que, além da volumetria e da compartimentação dos espaços da edificação, integram-se de forma muito estreita aos demais elementos da construção, recebendo influências e influenciando o desempenho da edificação habitacional. (ABNT,2013).

A origem dos painéis com poliestireno expandido (EPS), telas eletro soldadas e argamassa advém de um projeto italiano, desenvolvido em uma região sujeita a terremotos, com o intuito de criar uma estrutura monolítica que não desmoronasse e



agregasse elementos de isolamento térmica no início dos anos oitenta. (FERNANDES, 2016).

Os métodos construtivos alternativos que possuem maior expressão no mercado atual são: *Light Steel Framing* e *Wood Framing*, destacando-se por possuírem baixa produção de resíduos (tanto na etapa de produção, quanto na etapa de execução/utilização) além da possibilidade da reciclagem das sobras. (LIMA, 2014).

De acordo com Kapp *et. al.* (2006) dentre as principais dificuldades na difusão dos métodos construtivos surge um importante conceito a inércia de projeto, ou seja, a tendência que tanto os projetistas, construtores e até mesmo os consumidores possuem de escolher o método convencional.

Barbosa (2005) apresenta as principais dificuldades na inserção dos métodos alternativos no mercado, tais como: o preconceito existente na sociedade, pouco tempo de estudo e análise dos métodos, tendo em vista que materiais como aço e concreto já são fortemente estudados desde o séc. 19.

Entretanto, o contexto da construção civil demanda de novos métodos construtivos para obras com mais eficiência em atrelado com a alta produtividade, atendendo requisitos mínimos exigidos pelo mercado atual. Porém, para a possibilidade de inserção de novas alternativas nesse mercado, é preciso comprovar diante de dados a real eficiência dos métodos alternativos frente a alvenaria convencional ou outros métodos amplamente difundidos utilizando métodos de análise afim de garantir respostas imparciais e objetivas.

## **1.1 Objetivos**

Para as análises necessárias referente a pesquisa em questão, os objetivos foram divididos em objetivo geral e objetivos específicos.

### **1.1.1 Objetivo geral**

Comparar o sistema construtivo em EPS com a alvenaria convencional utilizando o processo de análise hierárquica (AHP), incluindo critérios de desempenho conforme a NBR 15575 no caso de habitações unifamiliares com dois pavimentos.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Analisar os métodos construtivos em alvenaria convencional e EPS;
- Interpretar e correlacionar parâmetros da norma NBR 15575 – Norma de Desempenho dentre outros critérios com os métodos construtivos selecionados;
- Aplicar a análise hierárquica (AHP) e a normalização de valores nos critérios e parâmetros de comparação;

## 1.2 Justificativa

É fato que, no cenário atual, o sistema convencional apresenta uma participação de aproximadamente 88,2% no Brasil (PNAD, 2019), representando uma parcela expressiva nas obras existentes no país. Diante desta situação, muitos métodos construtivos alternativos têm surgido para fazer frente a tecnologia já consolidada no mercado consumidor/construtivo, tornando necessário a adoção de parâmetros comparativos.

Para que seja possível a realização da análise comparativa, serão adotados critérios baseados na NBR ABNT 15575:2013, tendo em vista que a mesma apresenta características a serem consideradas na adoção do modelo construtivo. Além disso, serão considerados parâmetros não pertencentes à norma, como o custo total e tempo de realização, ou seja, fatores que devem ser considerados durante o planejamento de obra.

Tendo em vista a grande quantidade de fatores/critérios a serem analisados, será necessário a adoção de uma metodologia que permita uma interpretação dos dados, bem como, a definição de um método com um conjunto de características desempenhando melhor que o outro analisado.

Para a análise dos critérios adotados, utilizou-se a teoria de tomadas de decisões baseadas na análise hierárquica de processos. Segundo Costa (2002), para a sua utilização, é necessário a construção de hierarquias, possibilitando a definição de prioridades nos critérios, ou seja, a partir da hierarquia será definido o nível de importância de cada fator o que afetará diretamente o nível de prioridade.

### **1.3 Delimitação do estudo**

O presente estudo contemplará a análise de dois métodos construtivos pré-determinados: o sistema em EPS e sistema de alvenaria convencional, utilizando critérios como tempo de execução, custo e também critérios obtidos da NBR 15575-1:2013, para uma residência unifamiliar com dois pavimentos.

Em setembro de 2021 houve a atualização da NBR 15575:2013 para NBR 15575:2021, porém o trabalho já estava sendo desenvolvido tendo como base a versão anterior da norma.

Para a realização da análise comparativa, será considerado apenas a vedação como item comum a ser analisado em ambos os métodos construtivos, tendo em vista que não houve a determinação de um terreno para que houvesse uma análise de sondagem e determinação das fundações. Com isso, o trabalho limitou-se a analisar as características mencionadas anteriormente apenas para o conjunto de vedação vertical.

Para futuros trabalhos, recomenda-se a utilização da norma atualizada.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este trabalho tem como finalidade realizar a análise comparativa entre o painel de poliestireno expandido e blocos cerâmicos como composição de alvenaria de vedação e portanto, itens que sejam similares entre os dois modelos construtivos, não serão abordados detalhadamente, apenas o que se fizer necessário para definir parâmetros que diferem um modelo construtivo do outro.

### 2.1 Método construtivo em EPS

O Poliestireno Expandido, vem sendo utilizado em larga escala na construção civil, alguns exemplos como formas de lajes nervuradas, preenchimento de lacunas de paredes para tratamento termo acústico, agregado ao concreto conferindo menor peso e composição de construções monolíticas.

#### 2.1.1 Fundação

Para uma construção executada em painéis monolíticos de poliestireno expandido, a fundação indicada é a modelo radier, fundação superficial que distribui a carga de maneira uniforme no solo, semelhante a uma laje de concreto. Esse modelo de fundação apresenta vantagens como a otimização do tempo de execução, redução de recalques, redução na geração de resíduos.

De acordo com Medeiros (2017), os gabaritos são posicionados a 50 cm acima do nível do solo e a uma distância mínima de 100 cm das paredes externas, ou seja, é necessária uma aba mínima para que a carga seja distribuída uniformemente, não ocasionando recalques nas extremidades do Radier.

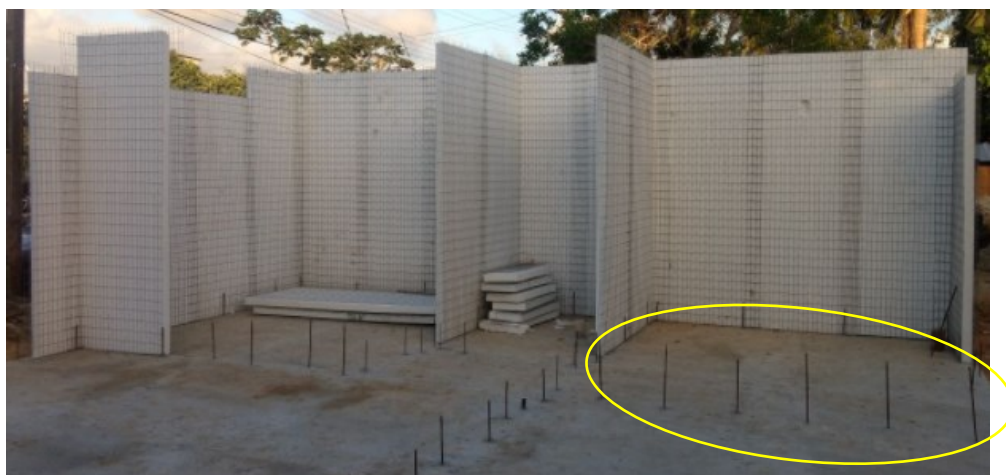
Porém, a construção executada em painéis monolíticos de poliestireno expandido permite a execução de outros modelos de fundação como estacas, sapatas, vigas baldrame e devido a possibilidade de executar a fundação semelhante para o modelo construtivo de alvenaria em blocos cerâmicos, a fundação não será um item levado em consideração para as análises comparativas.

### 2.1.2 Barras de ancoragem

Para que as paredes de EPS sejam aderidas e fixadas na fundação, existem barras de espera que proporcionam o encaixe. As barras são engastadas no radier a 10 cm de profundidade, fixadas proporcionalmente à colocação dos painéis, com furos a cada 50 cm de ambos os lados (MONOPAINEL®, 2019). Essas barras podem ser posicionadas junto à armadura de fundação ou colocadas posteriormente, usando para fixação o adesivo epóxi. (MEDEIROS, 2017).

A Figura 1 enfatiza a utilização das barras de ancoragem de espera para o encaixe dos painéis.

**Figura 1 - Barras de ancoragem dos painéis em EPS**



**Fonte: Bruman (2016)**

### 2.1.3 Painel monolítico de poliestireno expandido.

Primeiramente, para contextualizar o uso do painel em EPS, é imprescindível discorrer sobre as características em geral do material.

De acordo com Souza (2009), o EPS oferece propriedades mecânicas de resistência à compressão, resistência à tração e à flexão e sua resistência aumenta de acordo com sua densidade.

Entretanto, este material não é um bom isolante acústico. Para que adquira propriedades de isolamento acústico, as paredes das placas EPS devem ser rompidas para abrir as micro células, através de cilindragem (as placas passam por dois

cilindros, fazendo uma abertura de 1/3 da espessura das placas) ou compressão das placas até que cheguem a 1/3 de sua espessura. (ABRAPEX, 2006).

De acordo com Souza (2009), o EPS não é um material higroscópico, ou seja, é praticamente impermeável e quase não absorve água. Quando imerso, uma pequena quantidade de água é retida nos espaços entre as células. O material seca facilmente, sem perder suas propriedades.

De acordo com Bertoldi (2007), o EPS possui um poder calorífico de 145 a 240 kcal/dm<sup>3</sup>. Em comparação, a madeira é de 2400 kcal/dm<sup>3</sup>. Callister (2006 apud SOUZA, 2009) comenta que o EPS é termoplástico e sendo aquecido se funde e ao resfriar se solidifica.

De acordo com Camargo e Figueiredo (2019), o sistema de painéis de EPS é considerado autoportante pois dispensa o uso de pilares e vigas. O sistema conta com o suporte de uma malha feita por barras de aço eletro soldadas.

A primeira etapa da fabricação do EPS, refere-se a pré-expansão que, com o uso de um pré-expansor, o poliestireno é disposto em contato com a água e vapor, provocando uma reação que incha, aumentando cerca de 50 vezes o volume inicial, originando os flocos granulados, observa-se a presença dos flocos granulados na Figura 2.

**Figura 2 – Grânulos de poliestireno**

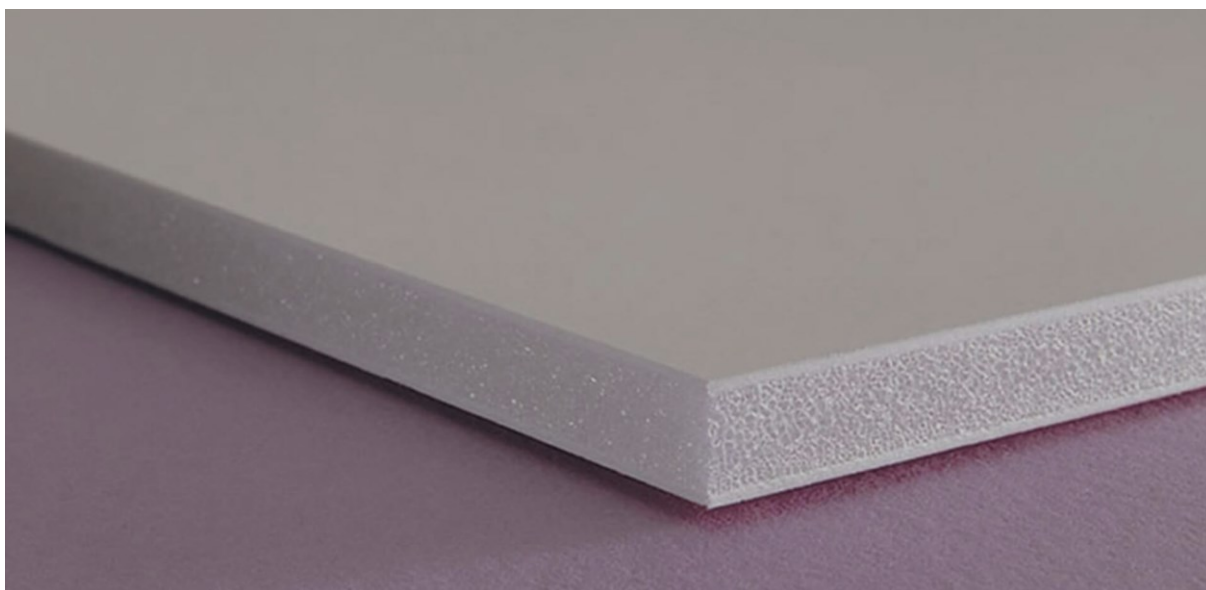


**Fonte: ALFA-M (2021)**

O período de resfriamento é de suma importância, pois a célula de EPS cria uma cavidade no interior, que, posteriormente é preenchido por ar circulante. Após estabilizado, os grânulos são introduzidos a moldes e novamente são expostos a água e vapor, inchando o material e em alguns casos, o molde é comprimido para que haja a soldagem de um granulo ao outro, conferindo variadas formas, de acordo com o molde.

Geralmente os moldes são retangulares, conferindo aspectos de placas (formato destacado na Figura 3). Além de paralisar o sistema expansivo, o arrefecimento bruto também diminui a pressão, facilitando a retirada do material dos moldes, não alterando sua forma original. Como resultado, o material é composto por 98% de ar e 2% de material sólido. (ABRAPEX, 2006).

**Figura 3 – Placa de EPS**



**Fonte: Rdiasisopor (2008)**

Segundo a ABRAPEX (2006), em 1m<sup>3</sup> de EPS, existem entre 3 e 6 milhões de células fechadas, com cavidade interior preenchida de ar, conjunto responsável pelas características peculiares do material, extremamente limpas e de altas eficácia no isolamento termo – acústico, isso em temperaturas entre -70°C e 80°C. Os produtos resultantes do EPS, são fisicamente estáveis, inodoros, não poluentes e podendo ser 100% reciclados e podem, com certeza, voltar a sua condição original de matéria prima.

O EPS deve se enquadrar em padrões estabelecidos pela NBR 11752/2016 – Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial - Especificação, que determina as densidades. Em suas versões, a norma 9 regulamenta: CLASSE P – não retardante de chama e CLASSE F – é retardante de chama, os grupos são diferenciados por suas composições, um deles sofre adição de produtos que diminuem o ausente causador das chamas no material, combatendo o fogo. A norma apresenta também as massas específicas, apresentando três grupos de massa específica aparente: I- De 13 a 16 kg/m<sup>3</sup> II- De 16 a 20 kg/m<sup>3</sup> III-De 20 a 25 kg/m<sup>3</sup>. ABNT (2016).

De acordo com a Associação Brasileira do Poliestireno Expandido (2006), o EPS apresenta características como: baixa condutividade térmica, baixa absorção de água, baixo peso, resistência mecânica, facilidade de manuseio, versatilidade, resistência ao envelhecimento, absorção de choque e resistência à compressão.

Os painéis são ancorados em barras de aço de espera, demarcando a direção das futuras paredes e montados iniciando uma sequência lógica, de uma das extremidades da construção, levando em consideração a sequência de montagem, fluxo dentro da obra e velocidade de montagem.

Para o alinhamento dos painéis, podem ser utilizadas réguas de madeira aparelhada ou alumínio, de ambos os lados dos painéis (destacado na Figura 4).

A primeira régua deve estar a 60 cm do piso, e a segunda a 200 cm da primeira. Para garantir o prumo, são utilizadas escoras na diagonal e perpendicular às réguas. (MONOPAINEL®, 2019).



**Figura 4 - Montagem de painéis em EPS**

**Fonte: Isoalfa (2021)**

#### 2.1.4 Posicionamento e amarração de tela de aço soldada

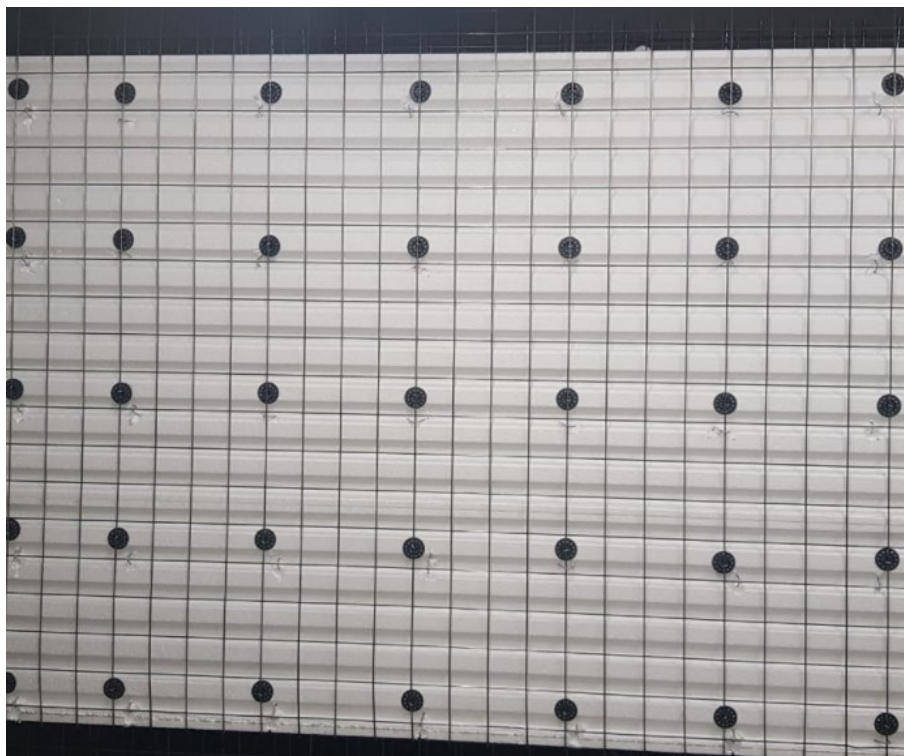
As malhas de aço cobrem toda a superfície dos painéis, que estão ligados à fundação por meio dos arranques, tornando toda a estrutura como um elemento único, muito resistente, tendo sido desenvolvido para suportar possíveis intempéries. (FÜHR, 2017).

As malhas utilizadas são produzidas com aço de alta resistência, tendo tensão última superior a 600 MPa, limite de escoamento de  $f_yk > 600 \text{ N/mm}^2$  e limite de ruptura  $f_{tk} > 680 \text{ N/mm}^2$ . De acordo com a necessidade do projeto, o aço pode ser comum, zincado, galvanizado ou inoxidável. As telas eletro soldadas tem bitola entre 2 mm e 10 mm, e a malha pode variar de acordo com as necessidades do projeto, à partir de 5 cm x 5 cm até 30 cm x 30 cm. A malha padrão tem bitola de 3,4 mm e espaçamento entre fios de 73 mm por 130 mm. (BERTOLDI, 2007).

Para ter o cobrimento mínimo da armadura, são dispostos espaçadores circulares presos a malha de aço, que permitem o espaçamento da armadura e o

painel EPS. A Figura 5 demonstra a amarração das malhas de aço nos painéis de EPS.

**Figura 5 - Amarração de malha de aço nos painéis em EPS**

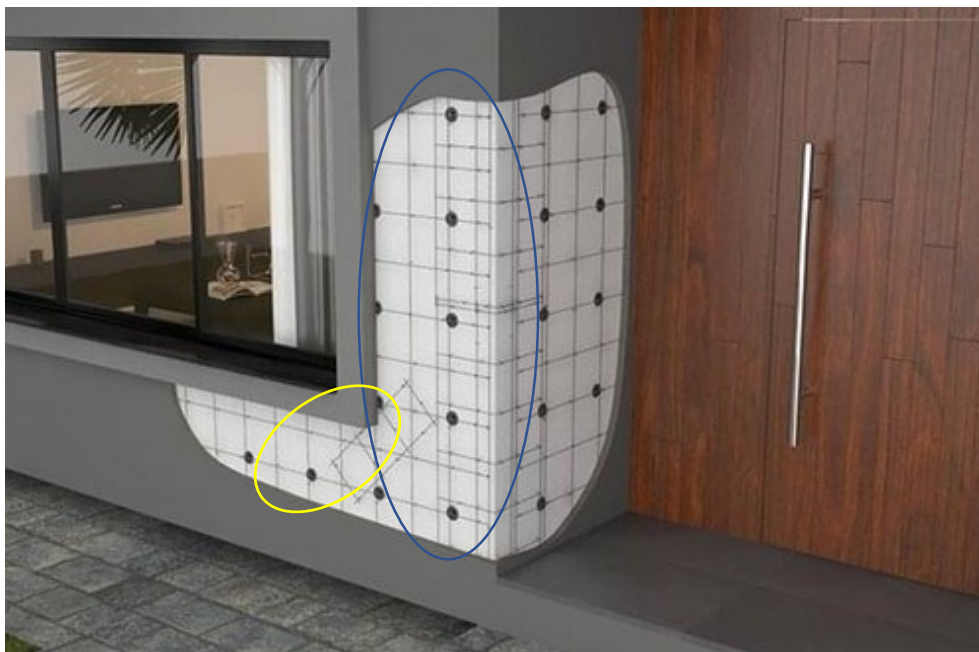


**Fonte: Boniz (2013)**

Para unificar a estrutura como um todo, são feitos reforços à malha em bordas e extremidades dos painéis. São feitos de malha de aço galvanizado, adotando formas em “L”, “U” ou “liso”, em destaque na Figura 6, o reforço do tipo L. (BARRETO, 2017).

O reforço “liso” ou em forma de “I” deve ser usado em aberturas de portas e janelas, em suas extremidades, diagonalmente a 45°. A aplicação desse reforço visa absorver tensões e eventuais trincas nesses pontos. (MEDEIROS, 2017).

**Figura 6 - Reforços na armadura de aço**



**Fonte: Construpertile (2021)**

#### 2.1.5 Instalações elétricas, hidrossanitárias e gás

Após a fixação e alinhamento de todos os painéis, com reforços, inicia-se a fase de aberturas de sulcos nos painéis, com o uso de um soprador térmico ou maçarico, para a passagem das instalações elétricas e hidrossanitárias, com eletrodutos e tubulações. (MEDEIROS, 2017).

A Figura 7 apresenta o uso de pistola de ar quente para executar as instalações citadas anteriormente.

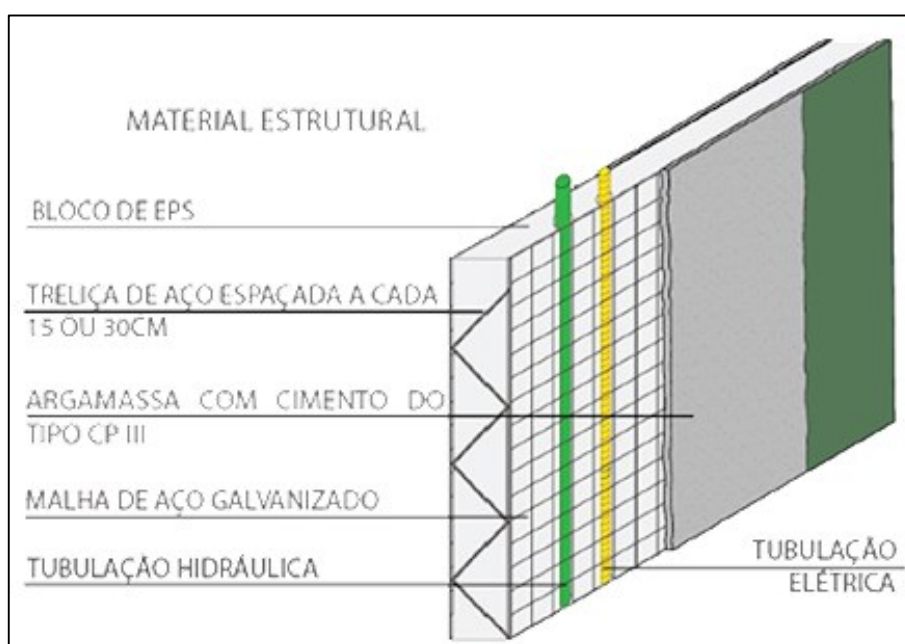
**Figura 7 - Pistola de ar quente para abrir sulcos no painel EPS**



Fonte: Isorecort (2021)

A Figura 8 demonstra o posicionamento das tubulações e eletrodutos nos painéis em EPS.

**Figura 8 - Instalações em painéis EPS**



Fonte: Icpconstruções (2021)

### 2.1.6 Revestimento

O revestimento é executado com argamassa projetada. Recomenda-se utilizar o sistema de projeção pneumática, para assim, aumentar a produtividade. O processo é executado em duas etapas, sendo a primeira cobrindo o EPS até as malhas, nas duas faces, para evitar a fissuração diferencial. Após a cura, em até 48 horas, é feita a segunda camada de acordo com a espessura determinada no projeto. (COSTA, 2020).

A Figura 9 demonstra a aplicação da primeira camada, que tem como objetivo o cobrimento da malha de aço.

**Figura 9 - Revestimento de painéis em EPS**



**Fonte: Isomaf (2007)**

A Figura 10 apresenta a conclusão da obra em uma residência, construída a partir do método construtivo utilizando os painéis em EPS.

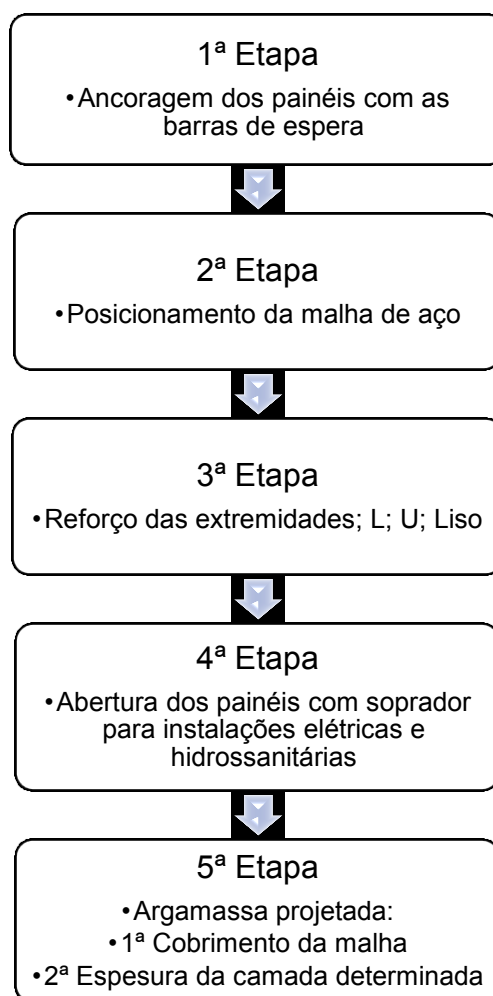
**Figura 10 - Residência unifamiliar executada com painéis EPS**



**Fonte: Isorecor (2021)**

#### 2.1.7 Fluxograma resumo – método construtivo em EPS.

A Figura 11 sintetiza em um fluxograma todas as informações apresentadas anteriormente sobre o método construtivo utilizando o EPS.

**Figura 11 - Fluxograma Método Construtivo em EPS**

Fonte: Autoria própria (2021)

## 2.2 Método construtivo em alvenaria convencional

Neste trabalho o termo alvenaria convencional destina-se a construção com estrutura em concreto armado formada por lajes, viga, pilares e com vedação em blocos cerâmicos vazados. Alvenaria convencional é o sistema construtivo composto de paredes e muros utilizando pedras naturais, tijolos ou blocos unidos por uma argamassa apropriada de ligação, formando um conjunto rígido e coeso (MARTINS, 2009). A alvenaria pode apresentar as funções de apenas vedação ou vedação e suporte estrutural caracterizado pela alvenaria de blocos estruturais de concreto. (SILVA, 2003).

Pelo fato da fundação ser considerada a mesma para os dois modelos construtivos em questão, a fundação não será um item a ser amplamente abordado.

### 2.2.1 Fundações

As fundações mais comuns a serem empregadas para construções de residência unifamiliar são do tipo sapata e baldrame. Como neste trabalho está sendo considerado o mesmo modelo de fundação como citado anteriormente, este tópico de fundação é apenas para relatar os tipos mais usuais.

### 2.2.2 Elevação de alvenarias

A alvenaria convencional é composta por um sistema estrutural pautado em lajes, vigas e pilares modelados em concreto com a presença de barras de aço (armaduras) e a vedação é feita com a utilização de blocos cerâmicos. Ademais, para se assimilar ao modelo construtivo de painéis monolíticos de poliestireno expandido, será adotado após a fundação, a elevação de alvenarias de blocos cerâmicos e posteriormente os próprios blocos cerâmicos juntamente com tabuas de madeira, irão compor as caixarias para a concretagem de pilares e vigas.

Os blocos cerâmicos considerados serão de 14x19x19 centímetros e 12 furos, observado na Figura 12. Os blocos cerâmicos utilizados na execução das alvenarias de vedação devem atender a norma NBR 15270-1 de 2017, que determina os requisitos dimensionais, físicos e mecânicos exigíveis. Segundo a norma citada, no item 3.11, define-se o bloco de alvenaria racionalizada como um componente participante ou não da resistência estrutural, apresentando características definidas pela norma. (ABNT,2017).

Em relação à resistência a compressão, de acordo com a ABNT (2005) a NBR 15270-1, para blocos cerâmicos com furos na horizontal, essa resistência é maior ou igual a 1,5 MPa.



**Figura 12 - Bloco cerâmico 14 centímetros e 12 furos**



Fonte: CCL e CBA (2021)

### 2.2.3 Fôrmas

Barros e Melhado (1998, *apud* Fajersztajn, 1987) descrevem que o sistema de fôrmas é composto por: molde, estrutura do molde, escoramento e peças acessórias. Sendo que o molde é o elemento responsável por dar forma e texturas a peça, e por isso está em contato direto com o concreto. Os painéis ou fôrmas são concebidos de madeira e geralmente são utilizados em lajes e faces de pilares e vigas principalmente. A estrutura do molde é o que garante a sua estabilidade assegurando que as funções do molde sejam atendidas, principalmente na etapa de disposição das armaduras e concretagem das fôrmas. O escoramento ou cimbramento é o que garante segurança estrutural para a fôrma, transmitindo os esforços para o solo ou para o próprio pavimento de concreto que o escoramento está apoiado.

Como a alvenaria fará função de forma juntamente com a madeira, terá uma economia significativa em relação ao consumo de madeira. Na Figura 13, percebe-se que o fundo da forma é basicamente o bloco cerâmico, não sendo necessário o fechamento da forma com madeira.

**Figura 13 – Fôrmas de vigas**

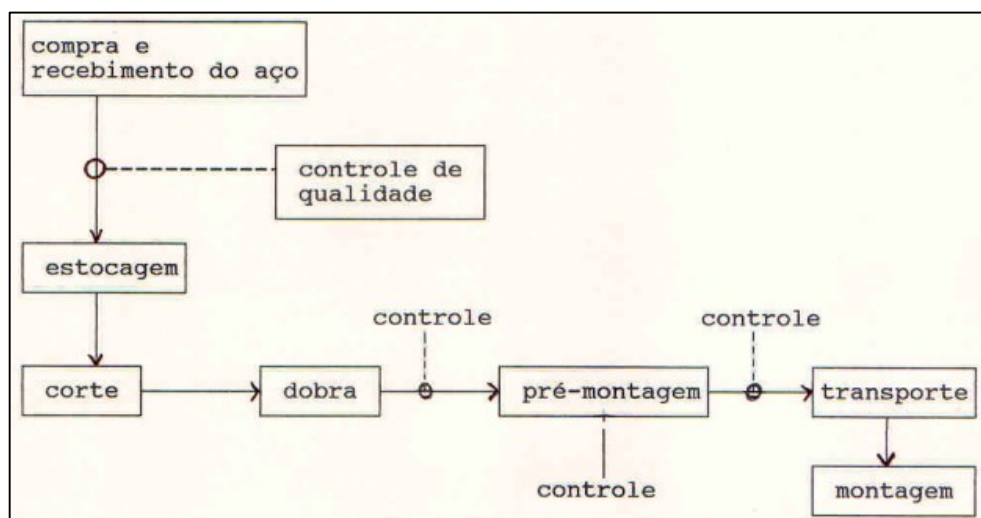


**Fonte: Rezenti (2021)**

Segundo Barros e Melhado (1998), as armaduras nos componentes estruturais têm como função principal a de absorver tensões de tração e cisalhamento, completando as características falhas do concreto, que é a baixa resistência a tração, gerando uma composição com maior resistência.

Ainda de acordo com Barros e Melhado (1998), o processo que vai desde a compra do aço até a sua montagem em obra está disposto na Figura 14.

**Figura 14 – Etapas da utilização do aço em obras de concreto armado**



**Fonte: Barros e Melhado (1998)**

#### 2.2.4 Pilares e vigas

Segundo Bastos (2006), o concreto é um material composto por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita), e ar. Em alguns casos pode ser necessário acrescentar adições como cinza volante, pozolanas, sílica ativa e aditivos químicos dependendo da finalidade de empregabilidade do concreto, potencializando ou modificando algumas de suas propriedades básicas.

Em relação a produção do concreto, este divide-se em duas possibilidades, concreto produzido no próprio canteiro de obras ou em usinas próprias variando a escolha entre essas alternativas de acordo com a dimensão da obra, pois, segundo Barro e Melhado (1998) em obras que exijam um volume maior de concreto, o aconselhável é a opção das usinas para garantir que o concreto possua maior controle e precisão de sua dosagem dimensionadas em projeto.

#### 2.2.5 Instalações na alvenaria convencional de blocos cerâmicos

Para que seja executada a passagem de tubulações hidráulicas e elétricas na elevação de alvenaria de blocos cerâmicos é necessário que haja a abertura dos sulcos. Para a abertura dos sulcos, os blocos cerâmicos são cortados e quebrados,

gerando uma quantidade significativa de resíduos, conforme apresentado na Figura 15.

**Figura 15 - Execução de sulcos para passagem de tubulação**



Fonte: Ripper (2014)

#### 2.2.6 Revestimento

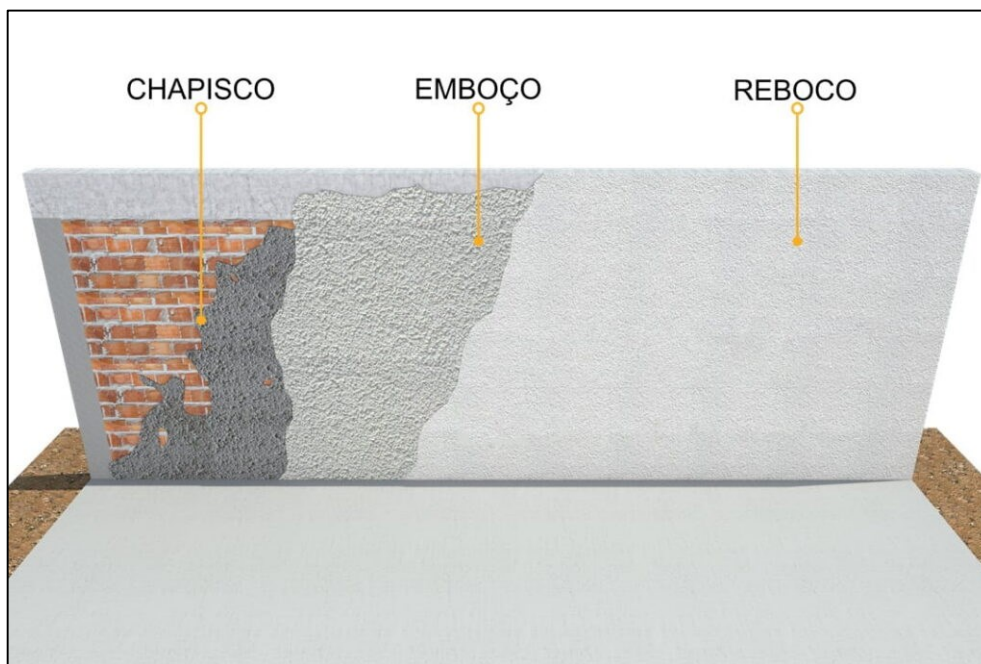
O revestimento interno e externo é executado com uma aplicação de chapisco e posteriormente uma aplicação de argamassa compondo o emboço. Segundo a norma NBR 13281, a argamassa é uma mistura homogênea de agregados miúdos, aglomerantes inorgânicos e água, contendo ou não aditivos, com propriedades de aderência e endurecimento, podendo ser dosada em obra ou em instalação própria. (ABNT, 2005).

O chapisco é o resultado da mistura de areia, cimento e água, podendo ou não ter aditivo e sua função é conferir uma superfície de aderência entre a elevação de alvenaria e a camada de emboço.

O reboco é a camada de acabamento fino, que confere o acabamento esteticamente melhor, geralmente executado com massa corrida. Como nos dois modelos construtivos o reboco é necessário, não será um item avaliado de acordo com os critérios estabelecidos na análise comparativa.

A Figura 16 apresenta as camadas que compõe uma parede de alvenaria, para o presente trabalho, será analisado apenas o componente principal, que no caso é o bloco cerâmico.

**Figura 16 - Diferença entre chapisco, emboço e reboco**

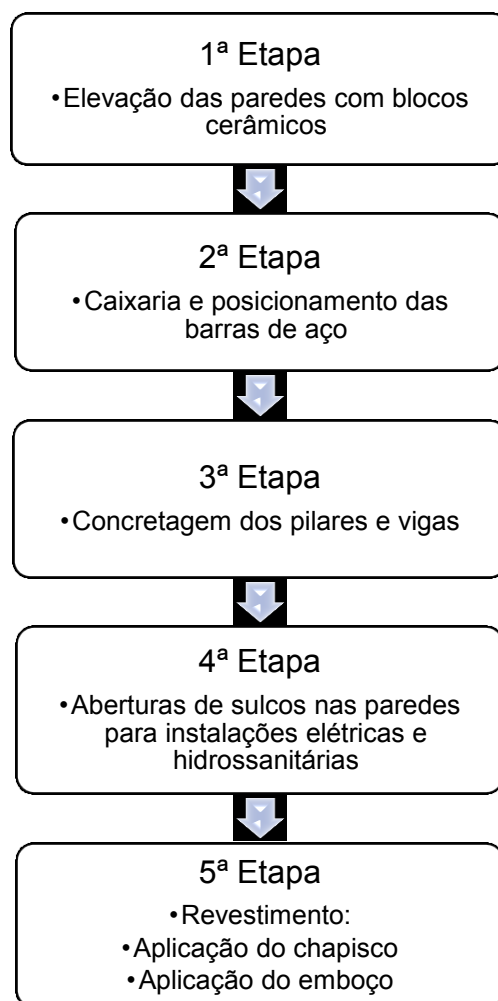


**Fonte: Retondo (2021)**

### 2.2.7 Fluxograma resumo – método construtivo alvenaria convencional

A Figura 17 sintetiza em um fluxograma todas as informações apresentadas anteriormente sobre o método construtivo utilizando a alvenaria convencional.

Figura 17 - Fluxograma Método Construtivo em Alvenaria Convencional



Fonte: Autoria própria (2021).

## 2.3 Parâmetros para tomada de decisão

Para a análise de tomada de decisão, os fatores levados em consideração foram a tomada de decisão através do método de multicritérios e tendo como parâmetros a NBR 15575:2013.

### 2.3.1 Análise hierárquica de processos

O ramo da construção civil está em constante evolução, movida pelas necessidades impostas pela sociedade, visando exigências de utilização de métodos organizacionais, ferramentas e concepções de projetos cada vez mais eficientes,

eficazes, flexíveis e de menor custo, algo que está totalmente associado com a tomada de decisão por parte de gestores, construtores, engenheiros e tantos outros profissionais que estão envolvidos nesse segmento. E para lidar com todos os itens citados, é preciso um método que além de auxiliar os profissionais no momento de decisão, consiga lidar e tratar problemas complexos de uma maneira simples, algo que impacta no tempo e recursos por parte das empresas.

Em problemas que envolvem decisões complexas, na maioria dos casos, são acompanhados de diversos critérios e subcritérios diferentes para serem avaliados e comparados, tornando a decisão final entre essas alternativas uma tarefa longe de ser considerada fácil.

De acordo com Silva *et. al.* (2005), a análise de decisão multicritério ou método multicritério (MCDM - *Multiple-Criteria Decision Method*) ou ainda (AMD - Apoio Multicritério a Decisão) padronizam o processo de tomada de decisão através da modelagem matemática, auxiliando o decisor a resolver problemas nos quais existem diversos objetivos a serem alcançados simultaneamente.

Segundo Leite e Freitas (2012), existem inúmeras divisões e vertentes de pesquisas quando se trata da metodologia AMD/MCDM, entretanto, as principais fontes de estudo têm origem nas escolas Americana e Francesa, sendo representadas principalmente pelos métodos: *Analytic Hierarchy Process* (AHP), *Elimination and Choice Expressing Reality* (ELECTRE) e *Preference Ranking Organisation Method for Enrichment Evaluations*. (PROMETHEE).

O Quadro 1 destaca as relações entre os métodos citados anteriormente.

**Quadro 1 - Principais comparações sobre os métodos AHP, ELECTRE E PROMETHEE**

	AHP	ELECTRE	PROMETHEE
<b>Entrada de dados (<i>Inputs</i>)</b>			
Quantidade de julgamentos em problemas com muitos critérios e alternativas	Alta	Baixa	Alta
Necessidade de processar dados	Não	Sim	Sim
Utilização de dados quantitativos e qualitativos	Sim	Sim	Sim
Utilização de decisões em vários níveis hierárquicos	Sim	Não	Não
<b>Saída de dados (<i>Outputs</i>)</b>			
Problemas com avaliação de desempenho	Sim	Não	Não
Proporciona a eliminação de alternativas	Não	Sim	Não
Permite avaliação da coerência dos julgamentos	Sim	Não	Não
<b>Interface do decisor <i>versus</i> método</b>			
Disponibilidade de <i>software</i> gratuito	Sim	Não	Sim
Utilização de decisão em grupo	Sim	Não	Não
Número de publicações científicas	Alto	Média	Baixa

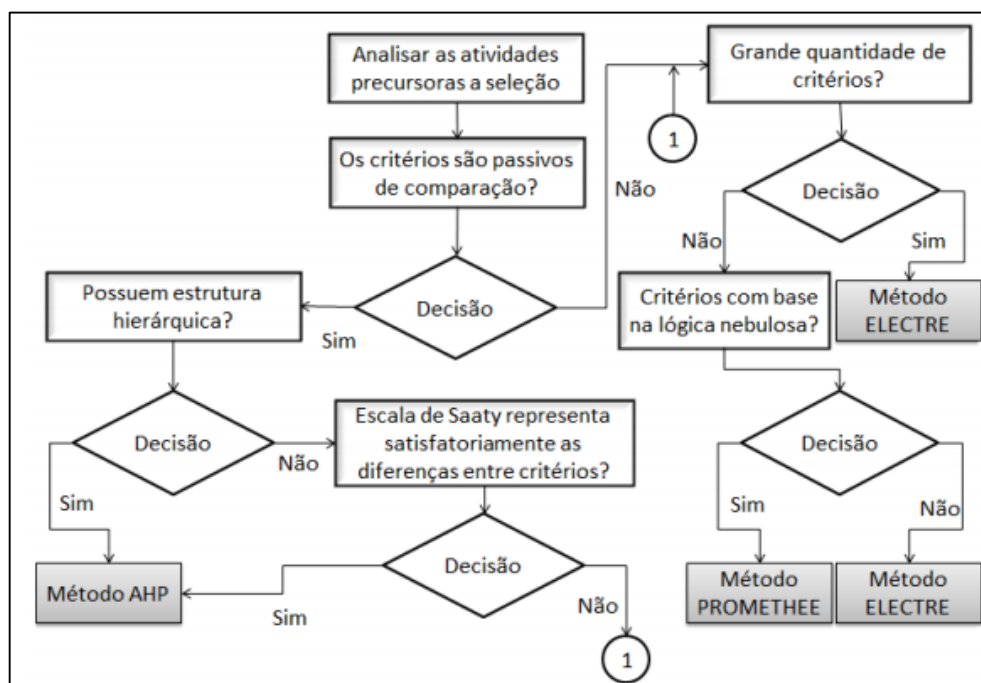
**Fonte: Leite e Freitas (2012)**

De acordo com Moreira (2007), alguns pontos são essenciais para o momento da escolha do método a ser utilizado como: os parâmetros que serão avaliados e comparados, precisão e tipologia dos dados, as maneiras de pensar do decisor ou decisores, do conhecimento sobre o problema/situação, a respeito dos resultados esperados como a seleção, ordenação ou classificação por fim, da necessidade de decisão com inúmeros decisores. Todos esses parâmetros ponderados influenciam diretamente na seleção do modelo e resultado final, pois dependendo da situação e do método utilizado, pode-se agregar mais confiabilidade nos resultados, evitando dessa forma o desperdício de tempo e conclusões totalmente incertas.

A Figura 18 demonstra um fluxograma dos métodos citados, considerando todas as características elencadas anteriormente.



Figura 18 - Fluxo de decisão para os métodos AHP, ELECTRE e PROMETHEE



Fonte: Leite e Freitas (2012)

O método AHP é baseado em matemática e psicologia, desenvolvido por Thomas Saaty na Universidade da Pensilvânia na década de 90. O método em si, transforma o problema em divisões e níveis hierárquicos, facilitando assim a sua completa avaliação e decisão mais precisa de escolha para o decisor, levando sempre em consideração a consequência de cada escolha. (SILVA, 2007).

Outra visão sobre a análise de decisão multicritérios é proposta por Helder (2004), como uma ferramenta simples para a solução de problemas complexos e que trata os problemas decisórios de uma forma estruturada, possibilitando o reconhecimento e tratamento da subjetividade inerente aos problemas de decisão.

Saaty (1991) explica que a determinação das prioridades dos fatores mais baixos com relação ao objetivo é demonstrada através de uma sequência de comparação par a par, possuindo ou não, relações de *feedback* entre os níveis. Através dessas comparações, as prioridades calculadas pelo AHP são respaldadas em medidas subjetivas e objetivas e demonstram a intensidade de domínio de um critério sobre o outro (SAATY, 1991). Santana (2004) propôs um modelo de desenvolvimento de Sistema de Medição de Desempenho Logístico, onde a escolha dos indicadores de desempenho foi realizada através da utilização do AHP. A

justificativa de uso do autor vem da simplicidade comparado a outros métodos multicritérios e a sua difusão para o apoio em decisões no mundo empresarial.

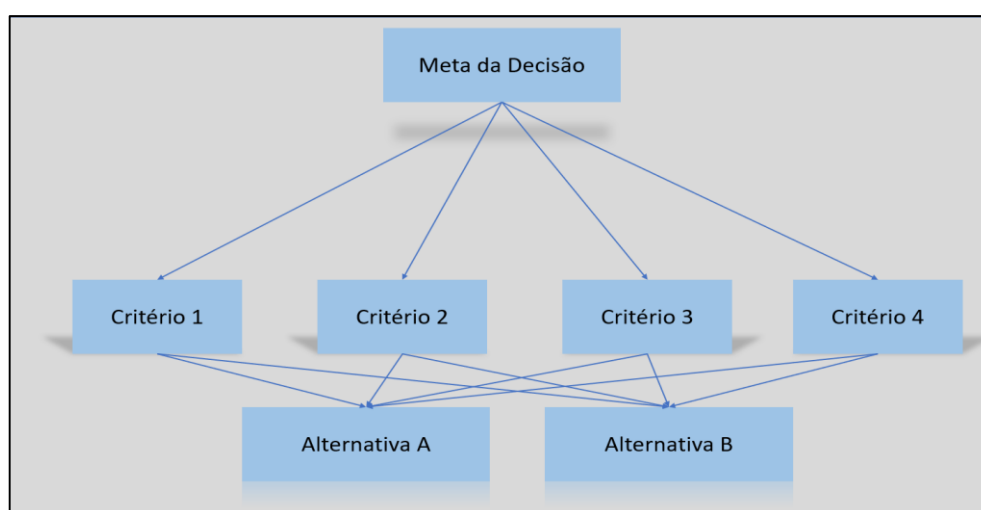
Ainda segundo Silva (2007), na área acadêmica, alguns autores utilizaram o método AHP em seus estudos como por exemplo Grandzol (2005), que aplicou o método para a seleção de um corpo docente, Becker (2004) utilizou o AHP para selecionar prioridades de pesquisa de agricultura internacional. Feng (2004) com uma medição de eficiência do gerenciamento de atividades de pesquisa e desenvolvimento em universidades, Hummel (2002) com um planejamento de projeto de produto, Chan (2004) estabeleceu prioridades em sistema de gestão de segurança.

Para Saaty (1991), a parte mais criativa de tomadas de decisão que possui considerável efeito no resultado é a modelagem do problema. No método AHP, um problema é estruturado como hierarquia e na sequência sofre um processo de priorização.

A prática da tomada de decisões está ligada à avaliação das alternativas, todas satisfazendo um conjunto de objetivos pretendidos. O problema está em escolher a alternativa que melhor satisfaz o conjunto total de objetivos. O interesse em questão é relacionado a obtenção de pesos numéricos para alternativas com relação a subobjetivos e, para subobjetivos com relação a objetivos de ordem mais elevada (SAATY, 1991).

Essa relação de alternativas e critérios pode ser visualizada na Figura 19.

**Figura 19 – Hierarquização de critérios para o método AHP**



**Fonte: Saaty (1991) - Adaptado**

Grandzol (2005) descreve que, através de comparações par a par em cada patamar da hierarquia baseadas na escala de prioridades do AHP, os decisores desenvolvem pesos relativos, chamados de prioridades, para criar uma diferenciação na importância dos critérios.

Um julgamento ou comparação é a representação numérica de uma relação entre dois elementos que possuem o mesmo pai. O grupo de todos esses julgamentos pode ser representado numa matriz quadrada, na qual os elementos são comparados com eles mesmos. Cada julgamento representa a dominância de um elemento da coluna à esquerda sobre um elemento na linha do topo. (SAATY, 1994).

A escala criada por Saaty (1991), demonstrada no Quadro 2, possui 9 níveis de intensidade de importância. O número 1 significa a indiferença de importância de um critério comparação ao outro, e 9 significa importância absoluta de um critério sobre outro, e esses níveis variam em uma sequência de ímpares com estágios intermediários de importância caracterizados pelos números pares. Outro ponto importante está relacionado a desconsideração das comparações entre os critérios de mesma intensidade de importância, caracterizados pelo número 1, com isso, apenas metade das comparações precisa executada, porque a outra metade é constituída das comparações recíprocas na matriz de comparações.

Quadro 2 - Intensidades de importância - comparações - AHP

Intensidade de Importância	Definição	Explicação
1	Mesma importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra; sua dominação de importância é demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários entre os valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.
Recíprocos dos valores acima de zero	Se a atividade i recebe uma das designações diferentes acima de zero, quando comparada com a atividade j, então j tem o valor recíproco quando comparada com i.	Uma designação razoável.
Racionais	Razões resultantes da escala	Se a consistência tiver de ser forçada para obter valores numéricos n, somente para completar a matriz.

Fonte: Saaty (1991)

Após as comparações serem feitas e dispostas na matriz, seu formato deve ser semelhante à Figura 20, com  $a_{ij}$  igual a  $\alpha$ ,  $a_{ji}$  igual a  $1/\alpha$  e  $a_{ii}$  igual a 1, em que  $a_{ij}$  remete a comparação paritária entre os critérios i e j e  $\alpha$  representa o valor da intensidade da importância.

Figura 20 - Matriz quadrada genérica de comparações - AHP

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{21}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{n1}} & \frac{1}{a_{n2}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Fonte: Oliveira (2020)

Para se obter o índice de consistência (IC) é necessário a utilização da Equação 1.

$$IC = \text{Índice de Consistência} = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \quad (\text{Eq. 1})$$

De acordo com Saaty (1991), para obter-se a consistência de uma matriz positiva recíproca, seu autovalor máximo deve ser igual a n (dimensão da matriz). No caso de uma matriz consistente, precisamos de n-1 comparações paritárias, pois, a partir dessas, podemos deduzir as demais utilizando a lógica matemática.

O autovalor é a medida de consistência do julgamento e o autovetor dá a ordem de prioridade. O método da AHP busca o autovalor máximo,  $\lambda_{m\acute{a}x}$ , que pode ser calculado pela multiplicação da matriz de julgamentos A pelo vetor coluna de prioridades computado w, seguido da divisão desse novo vetor encontrado, Aw, pelo primeiro vetor w, chegando-se ao valor de  $\lambda_{m\acute{a}x}$ . (SAATY, 1991).

Um ponto importante a ser lembrado diz respeito aos parâmetros  $Aw = \lambda w$ , que no método AHP é dado por  $Aw = \lambda_{m\acute{a}x} w$ ., utilizando a equação 2 para se obter  $\lambda_{m\acute{a}x}$ .

$$\lambda_{max} = \text{Média do vetor} = \frac{Aw}{w} \quad (\text{Eq. 2})$$

Para IC menores que 0,1, existe a consistência para prosseguir com o método, caso contrário será necessário rever os julgamentos adotados para o problema em questão. O autor, conforme a equação 3, apresenta a razão de consistência, que leva em consideração o IC e o Índice Randômico (IR), variando com o tamanho da amostra n. (SAATY, 1991).

$$\text{Razão de consistência} = \frac{IC}{IR} \quad (\text{Eq. 3})$$

E por fim, Saaty (1991) também propõe um quadro com índices randômicos IR de matrizes de ordem 1 a 15 calculados em laboratório, observados no Quadro 3.

Quadro 3 – Índice Randômico Médio - AHP

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

Fonte: Saaty (1991)

## 2.4 Norma brasileira de desempenho de edifícios

Como apresentado anteriormente, em 29/09/2021 houve a atualização da NBR 15575-1 para a versão de 2021, porém, para o presente trabalho, utilizou-se o texto obtido da versão anterior, com data de 2013.

De acordo com Bolina *et. al* (2015) a NBR 15575 é a principal ferramenta utilizada para validar a decisão em projeto, tendo em vista que a mesma abrange diversas áreas de desempenho da edificação, desde a parte de segurança da edificação quanto a parte de conforto, passando por diversos outros critérios que serão mais aprofundados.

Conforme a ANBT (2013) a NBR 15575 está dividida em 6 partes, cada uma referenciando um componente da edificação.

*“ABNT NBR 15575-1: Parte 1 – Requisitos gerais;*

*ABNT NBR 15575-2: Parte 2 – Requisitos para os sistemas estruturais;*

*ABNT NBR 15575-3: Parte 3 – Requisitos para os sistemas de pisos;*

*ABNT NBR 15575-4: Parte 4 – Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE);*

*ABNT NBR 15575-5: Parte 5 – Requisitos para os sistemas de coberturas;*

*ABNT NBR 15575-6: Parte 6 – Requisitos para os sistemas de hidrossanitários.”*

Cordovil (2013) destaca 3 principais termos/definições possibilitando um maior entendimento. O primeiro refere-se ao desempenho relacionado ao próprio comportamento de todo um conjunto/sistema, podendo ser avaliado como bom ou ruim; o segundo sobre as especificações de desempenho, ligado às funções necessárias que a edificação deve atender (requisitos) e para que seja possível a avaliação desse atendimento, utiliza-se uma gama de critérios; já o último diz respeito à norma de desempenho que relaciona os requisitos com os critérios de avaliação, para que seja possível a determinação da eficiência da edificação e a comparação com outros modelos, facilitando a tomada de decisão.

Conforme ABNT (2013), a NBR 15575-1 apresenta uma lista geral dos requisitos que as edificações devem atender a fim de garantir um bom uso/aproveitamento na relação usuário x edificação. Pode-se dividir em 4 grandes grupos: requisitos gerais, segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

#### 2.4.1 Aspectos gerais de desempenho

A CBIC (2013) apresenta os requisitos gerais de desempenho, que compreende critérios como: implantação da obra, saúde, higiene e qualidade do ar e adequação ambiental.

Para a implantação da obra, a NBR 15575-1 apresenta importantes pontos a serem levados em consideração durante a implantação da obra, como os aspectos referentes à geotécnica, os impactos ambientais e os efeitos que a construção poderá causar à área ao redor, seja desde vibrações até a emissão de gases tóxicos. (ABNT, 2013).

Já para saúde, higiene e qualidade do ar, estão relacionados os critérios referentes ao atendimento do código sanitário e condições gerais de salubridade. Tendo como premissa, critérios que envolvem à emissão de gases tóxicos, estanqueidade de gases e insetos e riscos de contaminação da água potável. (CBIC, 2013).

Para a adequação ambiental a NBR 15575-1 não apresenta critérios específicos, apenas devem ser observadas as legislações específicas referentes ao uso e contaminação do solo e a racionalização do consumo de água, assegurando que o empreendimento cause o menor impacto ambiental possível. (ABNT, 2013).

#### 2.4.2 Aspectos de segurança

Os requisitos e critérios agrupados em segurança, referem-se tanto na segurança da estrutura quanto na relação entre usuário e habitação.

Para os requisitos referentes à segurança estrutural, a NBR 15575-2 dispõe diversas considerações referentes à integralidade da estrutura, com isso, pode-se

perceber que o principal requisito é sobre a afirmação de que a estrutura não romperá e que não apresenta qualquer risco para quem utilizará. (CBIC,2013).

As mesmas fontes apresentam o ELU (estado limite último) como critério para dimensionamento da estrutura, além da consideração das deformações que a estrutura pode sofrer, resultante das cargas da edificação, do uso e do vento. (ABNT, 2013).

No requisito de segurança contra o fogo, a NBR 15575 apresenta os principais pontos que devem ser levados em consideração durante a execução/projeto de uma edificação, tendo em vista a proteção dos habitantes da edificação durante uma situação de incêndio e de tal forma que a resistência da estrutura consiga facilitar a operação do corpo de bombeiros, a fim de garantir que o fogo não se espalhe e atinja edificações ao seu entorno. (ABNT, 2013).

A resistência ao fogo deve ser julgada de acordo com os critérios de estabilidade, estanqueidade e de isolamento térmica. Em relação à estabilidade, a falência é caracterizada pelo colapso do corpo de prova. Para a estanqueidade, a falência remete ao aparecimento de rachaduras/aberturas que permitem a passagem de gases. A falência da isolamento térmica é julgada em função de ocorrência, na face não exposta ao fogo do corpo de prova, de incrementos de temperaturas superiores a 140° C, na média dos pontos de leitura, ou superiores a 180° C, em qualquer ponto de leitura. (IPT, 1983).

Em relação a resistência ao fogo para o EPS, o material por si só não pode ser inflamado por faíscas ou resíduos de brasa, advindas, por exemplo, de soldas elétricas ou por pontas acesas de cigarros. A energia fornecida por estes materiais em brasa é transformada em calor latente, necessário à fusão do EPS quando este passa à fase líquida, onde geralmente é aguardada a ocorrência de alguma inflamação, que neste caso, não ocorre. Sendo assim, somente chamas acesas e aplicadas sobre o poliestireno podem inflamá-lo. (ISOFERES, 2017).

Outro requisito apresentado, diz respeito à segurança no uso e operação, em que a NBR 15575-1 apresenta critérios relacionados ao uso e operação da edificação, pautados na segurança que o ocupante deve ter ao utilizar a edificação, seja referente à estrutura, que não deve apresentar rachaduras, trincas, transmitindo insegurança para quem utiliza, ou até a própria segurança, como superfícies que possam cortar ou perfurar. (ABNT, 2013).



Outro ponto, também no aspecto da segurança, abordado pela CBIC (2013), faz referência aos diversos tipos de segurança na edificação, seja a segurança contra choques ou contato direto com a água (mal planejamento dos projetos elétrico/hidrossanitário ou até mesmo a falha durante a execução) e aspectos como a segurança na utilização de pisos (baixo deslizamento), além dos aspectos referentes à altura, seja na presença de guarda corpos, vigas de fechamento da platibanda ou previsão de caminhamento sobre a estrutura do telhado.

#### 2.4.3 Aspectos de habitabilidade

Os aspectos referentes aos critérios estabelecidos no grupo de habitabilidade dizem respeito à relação entre o ocupante do imóvel e a edificação, de que forma o desempenho da edificação auxilia e facilita a vida do usuário. (CBIC,2013).

A estanqueidade à água é pautada em requisitos voltados para a estanqueidade da edificação, ou seja, como é o comportamento com a presença de água, tanto para umidade ascendente (provinda do solo), quanto à presença de água pelo telhado e nas fachadas. (ABNT, 2013).

Com isso, pode-se compreender que é parte do desempenho da edificação a de impedir a entrada e acumulação de água nas áreas molhadas, tendo em vista que este fato acarreta em possíveis mudanças no comportamento dos usuários frente a utilização. (CBIC,2013).

Os requisitos de desempenho térmico estão relacionados a condição natural da estrutura, ou seja, desconsiderando qualquer instrumento que impacte diretamente na temperatura do ambiente (seja ar condicionado ou aquecimento por calefação) (ABNT, 2013).

Os principais pontos da edificação a serem analisados neste quesito são as paredes (vedação) e a cobertura, tendo em vista a incidência direta dos raios de sol/calor externo e para estes itens, são abordados 3 conceitos: a transmitância térmica, capacidade térmica e o atraso térmico. (CBIC, 2013).

Duarte *et. al.* (2016), apresenta o conceito de conforto térmico, sendo entendido como a relação entre o homem e o ambiente térmico, visando o equilíbrio do balanço térmico, podendo compreender que o conforto térmico é um conceito subjetivo (varia

de pessoa para pessoa), por isso CBIC (2013) apresenta que deve haver uma condição de conforto média para todos os integrantes da habitação.

A NBR 15575 conceitua desempenho acústico como sendo a capacidade de isolamento acústico das vedações externas frente a ruídos externos, sendo eles ruídos aéreos, além de promover o isolamento interno, entre cada cômodo ou conjunto privativo, a fim de garantir maior privacidade para o indivíduo. (ABNT, 2013).

A principal característica que avalia o real desempenho acústico é o isolamento acústico, segundo Mazzeu (2018), tal característica pode ser definida como a capacidade de um material ou conjunto de materiais de bloquear ou reduzir os sons dissipados.

A NBR 15575-1 apresenta os níveis de iluminância geral provindas de forma natural, ou seja, oriundas diretamente do exterior. Já para a iluminação artificial, deve-se garantir que todos os cômodos possuam um mínimo de iluminância a fim de garantir a ocupação e utilização de todos os pontos da edificação. (ABNT, 2013).

Para o critério de funcionalidade e acessibilidade, tanto a norma NBR 15575-1 quanto o CBIC (2013), apresentam requisitos quanto à acessibilidade da edificação, visando o melhor aproveitamento e utilização do ocupante. (ABNT, 2013).

Dentre os principais requisitos, destacam-se a altura mínima do pé direito, espaço mínimo para o uso, funcionalidade dos sistemas elétrico e hidráulico, além fornecer características que possibilitem a ampliação da unidade.

CBIC (2013) define este requisito como sendo voltado/destinado à forma com que o indivíduo interage com a edificação, desde a planicidade dos pisos, relacionado à movimentação, a utilização dos equipamentos e a dificuldade no acionamento de alavancas, aberturas de portas e uso de louças sanitárias.

#### 2.4.4 Aspectos de sustentabilidade

Por fim, o aspecto de sustentabilidade retoma os requisitos referentes à sustentabilidade, não só no âmbito ambiental, mas também no financeiro e estrutural, tendo como base a definição de sustentabilidade financeira, gerando premissas acerca da necessidade de manutenção e da vida útil da edificação, atendendo todos os requisitos impostos pelos usuários. (CBIC,2013).

A durabilidade é o requisito intimamente relacionado com o fator econômico, tendo em vista o tempo total que a edificação (Vida útil do projeto) em que todas as funções e características para a qual o projeto foi desenvolvido será atendido, com isso, pode-se relacionar o tempo total com o custo total do empreendimento, reafirmando a importância econômica na análise. (ABNT, 2013).

Além disso, outros fatores relacionados à por exemplo o comportamento de pisos sobre ação da umidade, resistência a abrasão do mesmo, a ação de calor em paredes das fachadas e a estabilidade da coloração e integridade das telhas da cobertura também são pontos destacados por CBIC (2013).

Como citado anteriormente, durante o período de vida útil do projeto é necessário que todos os componentes e elementos do sistema mantenham a capacidade funcional durante toda a vida útil do projeto, sendo necessárias manutenções periódicas a fim de encontrar ou solucionar algum princípio de não atendimento, atuando como uma manutenção preventiva; e nos piores casos, serão necessárias manutenções corretivas para assegurar a estabilidade de toda a estrutura. (CBIC,2013).

#### 2.4.5 Resumo – NBR 15575:2013

Da Costa (2021) apresenta uma interpretação da NBR 15575-1:2013, gerando novos agrupamentos dos requisitos. Pode-se destacar 3 grandes grupos de aspectos, sendo estes: segurança e saúde, conforto e habitabilidade e eficiência operacional. Cada aspecto contém seus requisitos e critérios, destacados no quadro 4.

Quadro 4 – Aspectos, requisitos e critérios da NBR 15575:2013

ASPECTO	REQUISITOS	CRITÉRIOS	
Segurança e Saúde	Implantação segura da obra	Redução do risco do site Redução do risco do entorno	
	Saúde, higiene e qualidade do ar	Condições gerais de salubridade Teor de Poluentes Estanqueidade a gases e insetos - esgoto sanitário Riscos de contaminação do sistema de água potável	
	Segurança Estrutural	Estabilidade e resistência do sistema estrutural Estabilidade e resistência das vedações verticais e horizontais Estabilidade e resistência das instalações prediais	
	Segurança contra incêndio e pânico	Limitação do princípio de incêndio Limitação da propagação do incêndio Capacidade de combate ao incêndio Eficiência das rotas de fuga e abandono	
	Segurança no uso e operação	Exposição ao ruído e vibrações Exposição à temperatura e umidade extremas Exposição à radiação Exposição à energia elétrica Exposição à substâncias tóxicas e contaminantes (inalação, ingestão e absorção) Exposição ao risco de quedas e impactos Exposição aos riscos de abrasão, punção, incisão e esmagamento Exposição aos riscos de aprisionamento Exposição ao risco de sobre esforço	
	Conforto e Habitabilidade	Funcionalidade (função)	Funcionalidade dos ambientes Funcionalidade das instalações e equipamentos prediais
		Acessibilidade	Acessibilidade as áreas comuns e enterno Acessibilidade ao edifício e seus ambientes e equipamentos internos
		Conforto tátil e antropodinâmico	Regularidade de superfícies de circulação Ergonomia dos dispositivos de manobras de equipamentos e instalações
		Conforto térmico	Transmitância térmica das vedações Ventilação e sombreamento natural
		Conforto acústico	Isolação de ruídos aéreos Isolação de ruídos por impacto e vibração
Conforto lumínico		Iluminação natural Iluminação artificial	
Estanqueidade/Impermeabilidade		Águas pluviais Águas servidas Água potável Umidade ascendente	
Eficiência operacional	Adequação ambiental	Racionalização do consumo energia Racionalização consumo matérias- primas Racionalização do consumo de água Utilização e reuso de água Risco de contaminação do solo e do lençol freático	
	Durabilidade	Resistência ao desgaste por abrasão Resistência as variações de umidade Resistência aos choques térmicos Resistência aos agentes químicos Resistência aos agentes biológicos	
	Manutenibilidade	Instruções para uso, operação e manutenção Programa de manutenção Facilidade de manutenção	

Fonte: Da Costa (2021)

### 3 MÉTODO DA PESQUISA

Para o desenvolvimento do trabalho utilizou-se a metodologia de pesquisa bibliográfica que consiste na leitura e análise de artigos, trabalhos acadêmicos e normas para agregar uma base de dados abrangendo os assuntos necessários para o entendimento e aprimoramento de conceitos fundamentais para com o tema abordado.

Outro método utilizado para o desenvolvimento do trabalho consistiu na elaboração de um projeto de uma residência unifamiliar que fosse possível a execução nos modelos construtivos destacados pela pesquisa.

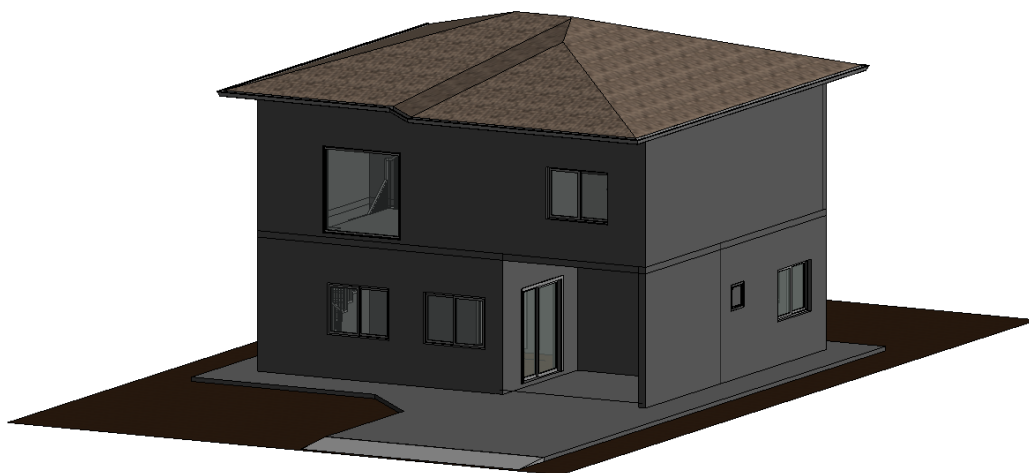
Para a implantação do método citado, utilizou-se os softwares Revit, Autocad e Eberick, os dois primeiros da desenvolvedora Autodesk e o último da AltoQI, para a elaboração do projeto arquitetônico e estrutural. Como complemento, realizou-se um orçamento quantitativo (utilizando o software Excel desenvolvido pela Microsoft para organização e disposição dos dados em Tabelas e gráficos comparativos) dos materiais necessários para conclusão do projeto com o uso de diferentes métodos construtivos.

Partindo do mesmo projeto foi possível comparar ambos os métodos considerando as mesmas especificações da edificação. As plantas de pavimento estão localizadas no apêndice B.

O método de análise de variáveis utilizado foi o AHP, pois o Quadro 1 destaca que apenas o AHP estabelece uma relação hierárquica entre os parâmetros de entrada, o que aconteceu no presente trabalho, pois foram avaliados diversos parâmetros com diferentes pesos para a tomada de decisão final.

A Figura 21 apresenta a isométrica da edificação, a partir do projeto desenvolvido.

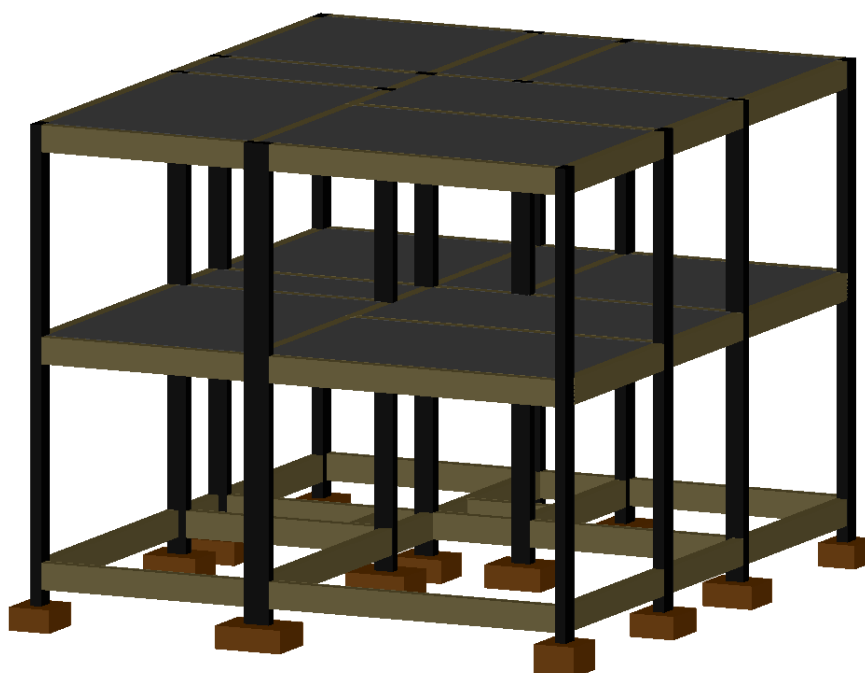
**Figura 21 - Projeto residência unifamiliar**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

A Figura 22 apresenta a planta estrutural da residência, utilizando o software Eberick.

**Figura 22 - Estrutura de vigas e pilares**



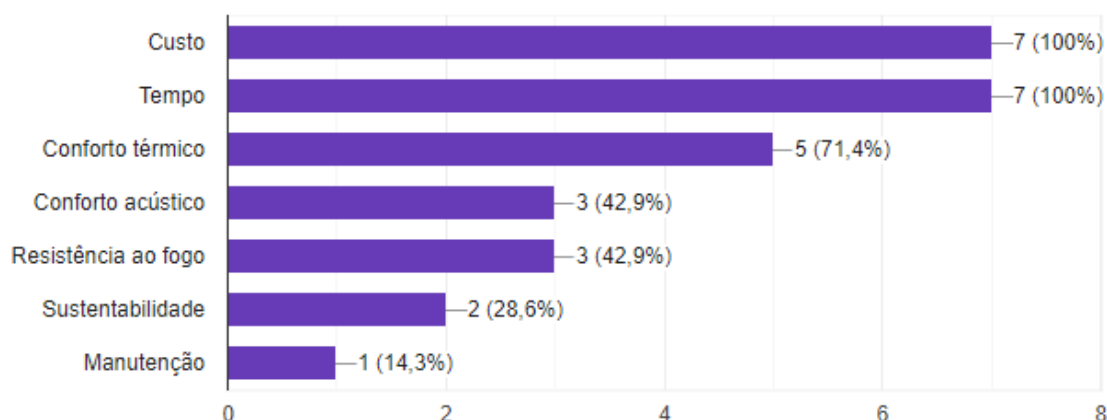
**Fonte: Autoria própria (2021)**

### 3.1 Variáveis analisadas

Para a decisão de quais variáveis seriam utilizadas, realizou-se uma pesquisa com 7 profissionais (entre engenheiros e arquitetos) do ramo da construção civil, variando de 3 até 20 anos de experiência em obras e projetos, sobre quais características mais influenciavam na escolha de um método construtivo. A amostra inicial de características foi definida pelo autores, sendo elas: custo, tempo, conforto térmico e acústico, resistência ao fogo, sustentabilidade e manutenção.

As respostas obtidas da pesquisa estão destacadas na Figura 23.

**Figura 23 - Respostas da pesquisa de opinião**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

Após o levantamento de todas as respostas obtidas, pode-se perceber que 5 parâmetros tiveram um número expressivo de aparições nos dados obtidos. Com isso em mente, o presente trabalho teve como foco os 5 principais parâmetros destacados, sendo eles:

- Custo;
- Tempo;
- Desempenho Térmico;
- Desempenho Acústico;
- Resistência contra o fogo.

Pode-se perceber que três dos critérios foram retirados diretamente da NBR 15575, acrescidos aos critérios de custo e tempo de execução.

O critério avaliado em cada um dos parâmetros foi descrito na metodologia e apresentado nos resultados para que seja possível estabelecer ponderação entre as variáveis e entre os métodos construtivos.

### 3.1.1 Custo

Para a elaboração do orçamento de cada um dos métodos construtivos, utilizou-se o projeto destacado para a obtenção no quantitativo de cada um dos materiais a serem utilizados.

Para o método construtivo em EPS, obteve-se a área total das paredes de toda a residência, acrescido as aberturas e vãos, tendo em vista que neste método construtivo é necessário considerar os mesmos, pois os painéis não saem da fábrica cortados.

A composição foi obtida da pesquisa bibliográfica, retirada de Mendes e Pereira. A ficha de composição pode ser consultada a partir do anexo A.

Já para a alvenaria convencional, utilizou-se a SINAPI de outubro/2021, tendo como base as informações referentes a armação de vigas e pilares com aço de bitola de 5mm, 6,3mm, 8mm, 10mm, 12,5mm e 16mm. Outras composições pesquisadas foram as de montagem de formas para pilares retangulares com 4 utilizações, concretagem de vigas com fck 20 e pilares com fck 25. As fichas de composição para os seguintes itens podem ser consultadas no Anexo A.

A ficha de composição para a alvenaria convencional, utilizando o bloco cerâmico de 12 furos (14 x 19 x 19 cm) foi elaborada pelos autores do presente trabalho, pode ser observada no apêndice A.

Como as etapas de chapisco e emboço seriam as mesmas para o sistema construtivo em EPS e sistema convencional, sendo que a principal diferença seria o acréscimo do aditivo, optou-se por limitar o orçamento apenas para o sistema de painéis + aditivo (para o EPS) e para os blocos, argamassa de assentamento, colunas e vigas no caso do sistema convencional.

Para o sistema em EPS, utilizou-se um traço de argamassa de 1:3 (cimento e areia) com até 3 cm de espessura para cada um dos lados, enquanto que para a alvenaria convencional utilizou-se o chapisco com traço 1:3 (cimento e areia) e



argamassa de emboço 1:2:8 (cimento, cal e areia), o conjunto contendo 2 cm de espessura.

### 3.1.2 Tempo

Para a determinação do tempo de cada um dos modelos construtivos, a mesma tabela obtida da bibliografia foi utilizada para o método construtivo em EPS.

Já para método construtivo em alvenaria convencional o tempo foi determinado a partir das fichas de composição da SINAPI, apresentados no Anexo A.

Para ambas as situações foram utilizadas apenas as atividades que possuíam a unidade em tempo, ou seja, para a determinação do tempo, apenas as atividades envolvendo tempo de trabalho/serviço de pedreiros e serventes foram consideradas neste critério. Além disso, as informações de entrada persistiram as mesmas conforme apresentado no item 3.1.1, seguindo as mesmas premissas referente à quantidade retirada do projeto.

### 3.1.3 Resistência ao fogo

Para a avaliação da resistência ao fogo, o parâmetro escolhido foi o tempo de resistência ao fogo (TRF) e para cada um dos sistemas construtivos selecionados foi adotado uma mesma espessura de parede, alterando apenas a composição de cada uma (painel de EPS x Bloco Cerâmico com revestimento em argamassa estrutural).

Para a determinação desses dados, utilizou-se como referência os dados obtidos em ensaios de resistência ao fogo do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) que utiliza como referência a NBR 10636 – Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo – Método de ensaio, que apresenta o desenvolvimento e parâmetros para a obtenção dos valores para resistência ao fogo dos elementos utilizados na construção civil. (ABNT,1989).

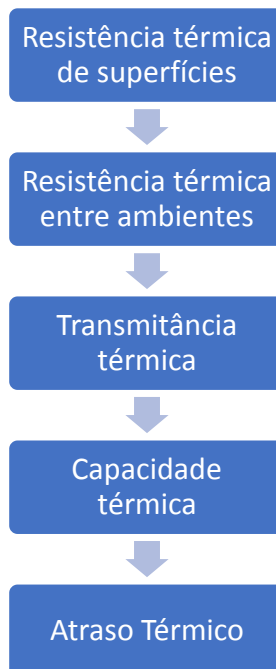
### 3.1.4 Desempenho térmico

Para a avaliação do desempenho térmico, utilizou-se o parâmetro de atraso térmico de cada um dos sistemas construtivos selecionados, adotando uma mesma espessura de parede, alterando apenas a composição de cada uma (painel de EPS x Bloco Cerâmico).

Para o cálculo do atraso térmico, os parâmetros de entrada foram obtidos na NBR 15220-2 a qual apresenta características como densidade de massa aparente, condutividade térmica e o calor específico; que são parâmetros de entrada para o desenvolvimento do cálculo que resultará no atraso térmico, seguindo os procedimentos impostos pela NBR 15575. (ABNT,2005).

A Figura 24 representa as etapas desenvolvidas para a determinação do atraso térmico em cada um dos métodos construtivos, que foi calculado com base nas equações disponibilizada na NBR 15220-2.

**Figura 24 - Etapas para o cálculo do atraso térmico**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

O atraso térmico ( $\varphi$ ) pode ser definido como o tempo necessário para que a alteração de temperatura em um ambiente externo afete a temperatura do ambiente interno. (ABNT,2005).

### 3.1.5 Desempenho acústico

Para a avaliação do desempenho acústico, o parâmetro escolhido foi o isolamento acústico, tendo como dados de entrada as características de densidade superficial da parede ( $\text{kg/m}^2$ ) e a frequência sonora incidente (Hz).

Os valores de desempenho acústico foram obtidos da dissertação “Análise de painéis de vedação nas edificações de estrutura metálica” do autor Krüger (2000). Os dados, pelo fato de considerarem apenas os painéis, desconsiderando a estrutura metálica, podem ser aplicados para qualquer modelo construtivo, pois referem-se ao material de vedação em específico.

## 3.2 Método AHP

Neste trabalho adotou-se, como método de avaliação, a análise de dados obtidos mediante relatórios de ensaios em protótipos de painéis. Alguns dados são obtidos através de bibliografia especializada, entidades de ensino e pesquisa que tenham realizado tais ensaios ou através de dados fornecidos pelos fabricantes.

Para a utilização do método AHP, foi necessário a determinação da relação hierárquica entre cada um dos parâmetros de entrada.

Com o estabelecimento da ordem de importância em cada parâmetro, realizou-se a análise par a par, que consistia na análise individual de cada parâmetro, com a comparação entre os métodos construtivos.

Com a análise de todos os parâmetros, gerou-se uma nova tabela, sendo os valores de entrada a média de cada um dos parâmetros e a média de cada um dos parâmetros durante a análise par a par, para cada método construtivo, observados no Quadro 6.

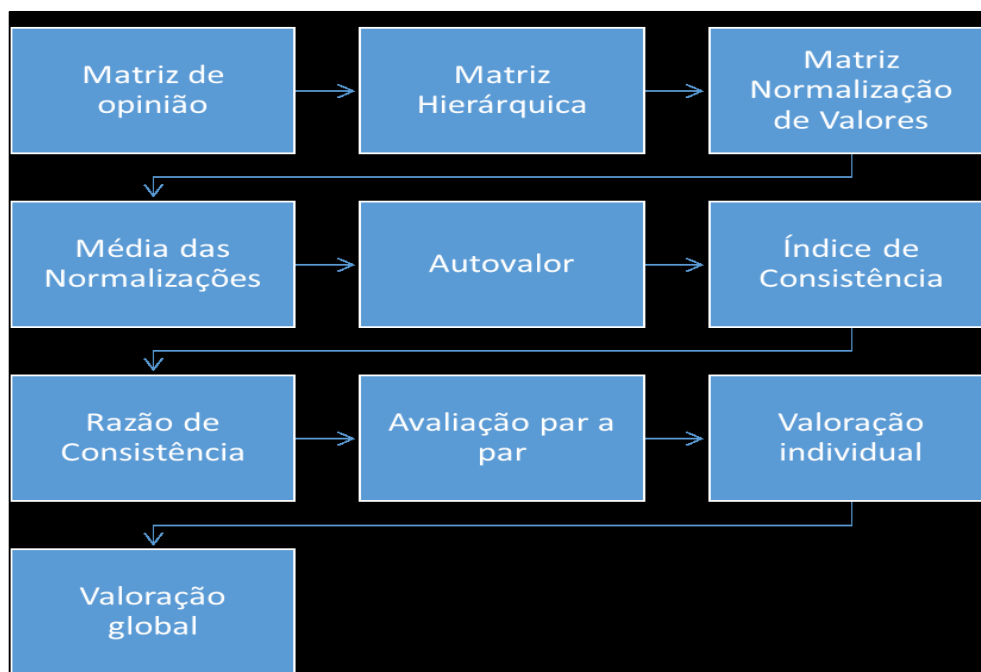
**Quadro 5 - Valoração Individual**

Média da Normalização para Critério 1	Média da Normalização para Critério 2	Média da Normalização para Critério 3	Média da Normalização para Critério 4	Média da Normalização para Critério 5
Valor da média de normalização do critério 1 correspondente ao primeiro método construtivo	Valor da média de normalização do critério 2 correspondente ao primeiro método construtivo	Valor da média de normalização do critério 3 correspondente ao primeiro método construtivo	Valor da média de normalização do critério 4 correspondente ao primeiro método construtivo	Valor da média de normalização do critério 5 correspondente ao primeiro método construtivo
Valor da média de normalização do critério 1 correspondente ao segundo método construtivo	Valor da média de normalização do critério 2 correspondente ao segundo método construtivo	Valor da média de normalização do critério 3 correspondente ao segundo método construtivo	Valor da média de normalização do critério 4 correspondente ao segundo método construtivo	Valor da média de normalização do critério 5 correspondente ao segundo método construtivo

Fonte: Autoria própria (2021)

A valoração global apresenta o valor geral para a escolha de um dos critérios frente à todos os pesos e parâmetros utilizados.

A Figura 25 representa as etapas a serem seguidas para a obtenção de qual método construtivo deve ser escolhido.

**Figura 25 - Fluxograma do uso da AHP**

Fonte: Autoria própria (2021)

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da metodologia apresentada e com a consulta a normas técnicas e referências bibliográficas obteve-se os valores que foram utilizados para realização da análise hierárquica de processos.

### 4.1 Custo

Para a determinação do custo de cada um dos métodos construtivos, utilizou-se a metodologia descrita no capítulo 3.

O projeto da residência utilizado para a elaboração do trabalho de conclusão de curso apresentou uma área total de paredes de 295,48 m<sup>2</sup>, porém, para o sistema construtivo em EPS, os painéis não saem das fábricas recortados, é necessário realizar este ajuste para aberturas no próprio canteiro de obras. De acordo com o projeto, a área total de vãos totalizada 39,70 m<sup>2</sup>, com isso, a quantidade total de painéis de EPS necessários para a edificação em questão passou para 335,20 m<sup>2</sup>

Com a quantidade necessária para entrada na tabela de composição de custo para o EPS (localizada no anexo A) e também para a ficha de composição para o revestimento da parede em EPS, já acrescido dos aditivos, obteve-se o custo total do sistema utilizando o EPS, destacado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Custo total do EPS**

Custo Total para a parede finalizada em EPS	
Parede em EPS - Colocação dos Painéis	
Valor de entrada para a ficha de composição	335,20
Custo dos painéis em EPS	R\$ 67.685,49
Revestimento da parede em EPS (espessura de 3 cm)	
Quantidade (m <sup>2</sup> )	590,96
Custo do revestimento em argamassa	R\$ 42.526,52
Custo Total	R\$ 110.212,02

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Já para as composição do custo total para o sistema utilizando a alvenaria convencional, para a estrutura em concreto armado, obteve-se as quantidades do software Eberick e, para a quantidade de blocos cerâmicos, utilizou-se a área das paredes retiradas diretamente do projeto.

A partir dos valores de entrada, contidos na Tabela 2 e, utilizando todas as fichas de composições que estão no anexo, têm-se os custos totais para o método construtivo em alvenaria.

**Tabela 2 - Quantidades de entrada**

<b>Quantidades de entrada</b>	<b>un</b>	<b>Qtde</b>
Aço 5,0 mm	kg	265,7
Aço 6,3mm	kg	127,7
Aço 8,0 mm	kg	101,8
Aço 10, mm	kg	551,6
Aço 12,5 mm	kg	91,6
Aço 16,0 mm	kg	37,9
<b>Área de formas</b>	un	55,89
Volume de concreto pilares	m <sup>3</sup>	5,18
Volume de concreto vigas	m <sup>3</sup>	9,92

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Com as quantidades de entrada e aplicação nas fichas de composição, têm-se os custos totais para o método em alvenaria convencional, dispostos na Tabela 3.

**Tabela 3 - Composição dos custos para o método em alvenaria**

Custo total - estrutura de concreto armado	R\$ 29.782,36
Custo total - blocos cerâmicos	R\$ 32.601,14
Custo total - revestimento	R\$ 25.279,23
Custo total para paredes com sistema de alvenaria convencional	R\$ 87.662,73

**Fonte: Autoria própria (2021)**

A Tabela 4 apresenta um comparativo entre os valores totais obtidos para cada um dos sistemas construtivos determinados para a realização do presente trabalho.

**Tabela 4 - Comparativo de custos entre os métodos construtivos**

Custo total para o sistema utilizando os painéis em eps	R\$ 110.212,02
Custo total para paredes com sistema de alvenaria convencional	R\$ 87.662,73

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Como é possível perceber o sistema de alvenaria convencional se mostrou como uma melhor opção, tendo em vista apenas a questão econômica, tendo seu custo aproximadamente 20,46% inferior ao custo do EPS.

## 4.2 Tempo

Para a determinação dos tempos de execução para cada um dos métodos construtivos, utilizou-se as tabelas de composição disponibilizadas no anexo A, porém analisando apenas os elementos comuns em cada composição que no caso se referem ao pedreiro e ao servente.

Com a utilização das quantidades já definidas anteriormente, calculou-se a quantidade de tempo necessário para cada atividade em cada método construtivo.

Para o sistema em EPS, utilizou-se uma tabela de composição obtida das referências bibliográficas, tendo como dado de entrada a quantidade em m<sup>2</sup> de EPS definido anteriormente, têm-se a quantidade total de horas necessárias para que uma equipe composta por pedreiros e serventes realizem todo o serviço definido.

Esta informação pode ser localizada no Tabela 5.

**Tabela 5 - Determinação do tempo para EPS**

Composição do tempo para o método construtivo em EPS		
Tempo necessário para execução dos painéis		
Valor de entrada	335	m <sup>2</sup>
Pedreiro - fator 0,31	104	h
Servente - fator 0,15	50	h
Tempo necessário para execução do revestimento		
Valor de entrada	591	m <sup>2</sup>
Pedreiro - fator 0,4	236	h
Servente - fator 0,4	236	h
Tempo Total para execução dos painéis		
Pedreiro	340	h
Servente	287	h

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Para a alvenaria convencional, utilizou-se apenas as tabelas de composição em que estavam presentes o pedreiro e servente, que no caso eram para as atividades de concretagem de pilares, concretagem de vigas e assentamento de blocos cerâmicos.

A Tabela 6 apresenta o total de horas necessárias para a execução tanto da alvenaria, quanto para as estruturas de concreto armado.

**Tabela 6 - Resumo das informações para o método construtivo em alvenaria**

Composição do tempo para o método construtivo em alvenaria convencional		
Tempo necessário para execução da alvenaria + estrutura		
Total de horas para o pedreiro	243	h
Total de horas para o servente	254	h
Tempo necessário para execução do revestimento		
Total de horas para o pedreiro	342	h
Total de horas para o servente	290	h
Total de horas para execução da alvenaria + estrutura + revestimento		
Total de horas para o pedreiro	585	h
Total de horas para o servente	544	h

**Fonte: Autoria própria (2021)**

A Tabela 7 resume todas as informações apresentadas anteriormente sobre o tempo das atividades.

**Tabela 7 - Resumo das informações de tempo**

Comparação entre os métodos construtivos		
EPS		
Total de horas para o pedreiro	340	h
Total de horas para o servente	287	h
Alvenaria convencional		
Total de horas para o pedreiro	585	h
Total de horas para o servente	544	h

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Pode-se perceber que o tempo total para o EPS é inferior ao de alvenaria convencional, tendo em vista que o tempo exigido para a execução da atividade de assentamento é de aproximadamente 3 vezes maior que o tempo para a instalação dos painéis de EPS e também porque a alvenaria convencional, aliada à estrutura de



concreto armado, demanda uma grande quantidade de atividades para a realização de um todo.

### 4.3 Resistência ao fogo

Os dados do TRF para ambos os métodos construtivos serão dispostos na Figura 26, sendo que o conjunto em alvenaria convencional foi composta por tijolos maciços com espessura de 100 mm, revestido com argamassa de 25 mm nas duas faces. E para o conjunto dos painéis em EPS foi composto por parede com espessura total de 100 mm composta por alma em poliestireno expandido de 40 mm entre duas malhas metálicas com 30 mm de argamassa projetada. (KRÜGER, 2000).

O valor do TRF para a alvenaria convencional foi de 150 minutos, enquanto que o painel em EPS teve seu TRF em torno de 60 minutos, esses valores comprovam a rápida queima do EPS e a necessidade de pouco tempo para que o material seja totalmente decomposto em frente a alvenaria convencional.

**Figura 26 - Dados referentes à segurança do usuário**

	Resistência ao Fogo (minutos)	Massa Superficial (kg/m <sup>2</sup> )
Alvenaria Comum	150	240
Painel de poliestireno expandido	60	120

**Fonte: IPT (1992; 1988); Sousa (1992); PRECON (1999)**

### 4.4 Desempenho térmico

Conforme apresentado anteriormente, o parâmetro avaliado para o desempenho térmico será o de atraso térmico que, seguindo os procedimentos dispostos na NBR 15220-2. (ABNT, 2005).

Para realizar a análise do desempenho térmico, utilizou-se como padrão uma parede de 18 cm, tanto para a parede de EPS quanto para a parede de alvenaria convencional, sendo que no primeiro caso a composição da parede é (3cm de

argamassa de cada lado e um painel com 12 cm de espessura), já para o segundo o bloco de 12 cm acrescido 2 cm de argamassa em cada um dos lados da parede.

Os valores de entrada foram obtidos na NBR 15220-2 e estão dispostos na Tabela 8.

**Tabela 8 - Parâmetros de Entrada**

Parâmetros de Entrada			
	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ (W/(m K))	C (kJ/(kg K))
Argamassa	2000	1,15	1,00
Tijolo	1600	0,90	0,92
EPS	15	0,04	1,42

R si	0,13	m <sup>2</sup> K / W
R se	0,04	m <sup>2</sup> K / W
R ar	0,16	m <sup>2</sup> K / W

**Fonte: ABNT NBR 15220-2:2005 – Adaptado**

A partir do roteiro de cálculo apresentado no capítulo 3, obteve-se os seguintes valores para as características que serão utilizadas para a determinação do atraso térmico.

Os valores estão apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9 - Resultados para o conforto térmico**

Resultados Obtidos		
	EPS	Alvenaria Convencional
Resistência Térmica do componente principal (m <sup>2</sup> K / W)	3	0,15
Resistência Térmica da Parede (m <sup>2</sup> K / W)	3,22	0,35
Transmitância (W / m <sup>2</sup> K)	0,31	2,88
Capacidade Térmica (KJ / m <sup>2</sup> K)	122,56	203,38
B0	62,56	163,38
B1	4,39	208,14
B2	-42,95	3,70
Atraso Térmico (Horas)	9,33	3,57

**Fonte: Autoria própria (2021)**

Com os resultados obtidos, tanto para a parede em EPS quanto para a parede em alvenaria convencional, comprovou-se uma maior efetividade da parede em EPS, destacado na questão do conforto térmico. Tendo em vista que os valores obtidos para o atraso térmico foram de 9,33 horas (EPS) e 3,57 horas (alvenaria), comprovando que na mesma espessura de parede, o EPS se mostrou melhor para o conforto térmico para os moradores.

O principal motivo que levou à esta grande diferença entre o EPS e a alvenaria convencional é o fato de que o EPS apresenta uma condutividade térmica muito menor que a da alvenaria, o que acarreta em um péssimo condutor de calor, tornando-se um excelente isolante térmico.

Por mais que o sistema de alvenaria convencional tenha uma capacidade térmica total maior, o fato da resistência ser cerca de 9 vezes menor impactou diretamente para uma diferença considerável no atraso térmico do sistema.

#### 4.5 Desempenho Acústico

Os dados referentes ao isolamento acústico para cada método construtivo estão dispostos no Quadro 7, em que é possível observar que a alvenaria convencional desempenha melhor função de isolante acústico frente ao EPS.

Esta diferença pode ser notada, principalmente pela discrepância entre as massas aparentes de cada material principal (Bloco cerâmico x EPS), o que impacta diretamente na lei de massas, influenciando a propagação do som pelo meio.

Como a alvenaria apresenta maior massa aparente, logo terá um melhor desempenho para a acústica.

**Quadro 6 - Resumo do isolamento acústico para cada sistema construtivo**

	Densidade (Kg / m <sup>3</sup> )	Isolamento Acústico [Db (A)]
Alvenaria Comum	Argamassa - 1,86 Tijolo - 1.920 (1)	45 (2)
Painel de Poliestireno Expandido	Argamassa - 1,86 EPS - 16 (1)	35 (3)

**Fonte: Incropera e Dawitt (1992); Lafarge Gypsum (1999); IPT (1992)**

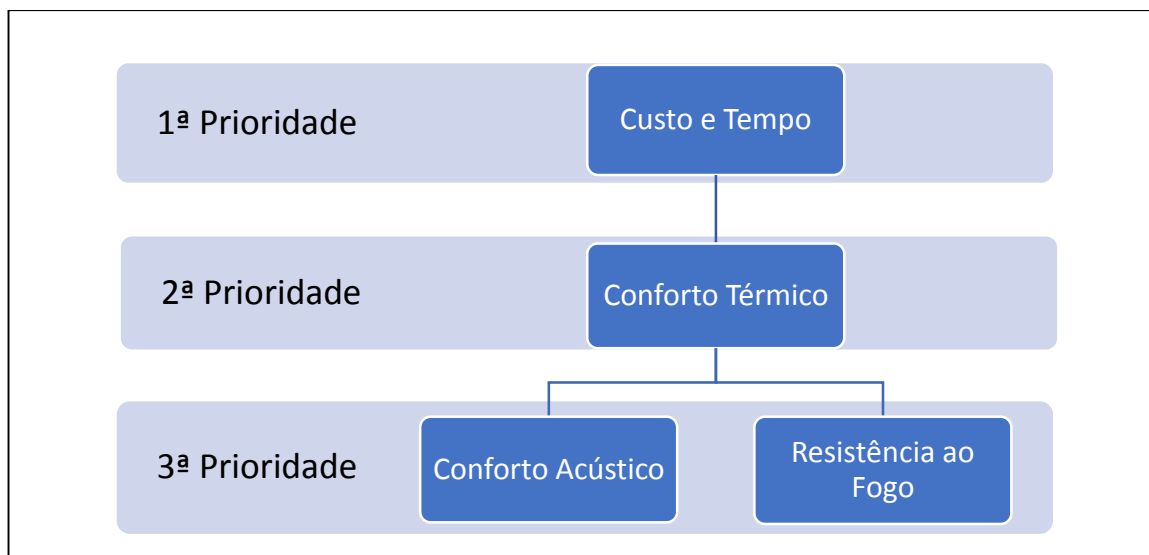
#### 4.6 Método AHP

Para a determinação da hierarquia entre os fatores, na mesma pesquisa realizada anteriormente com os mesmos 7 participantes, buscou-se estabelecer a relação hierárquica a partir da frequência das respostas para cada um dos parâmetros.

Os parâmetros que mais apareceram, receberam maior peso frente aos demais.

Os dados analisados geraram a seguinte cadeia hierárquica, observada na Figura 27.

**Figura 27 - Hierarquia entre os parâmetros**



**Fonte: Autoria própria (2021)**

Com a relação hierárquica estabelecida, o grau de importância de um parâmetro em relação ao outro foi definido a partir da ordem de prioridade, desta forma, os parâmetros de custo e tempo obtiveram os mesmos pesos, duas vezes mais importantes que o conforto térmico e três vezes mais importantes que o conforto acústico e resistência ao fogo.

Seguindo a mesma linha de raciocínio, o conforto térmico obteve duas vezes mais importância que o conforto acústico e resistência ao fogo, enquanto os últimos obtiveram os mesmos pesos.

As determinações dos graus de importância deram origem à Tabela 10, que compreende todos os parâmetros analisados e a relação de importância entre eles.

**Tabela 10 - Matriz Completa**

Matriz completa					
	Custo total	Tempo	Conforto Térmico	Conforto Acústico	Resistência ao fogo
Custo total	1	1	2	3	3
Tempo	1	1	2	3	3
Conforto Térmico	1/2	1/2	1	2	2
Conforto Acústico	1/3	1/3	1/2	1	1
Resistência ao fogo	1/3	1/3	1/2	1	1
Soma	3,167	3,167	6,000	10,000	10,000

Fonte: Saaty (1991) - Adaptado

A partir da Tabela 10 obteve-se a participação de cada parâmetro na tomada de decisão, sendo esta informação observada na Tabela 11.

**Tabela 11 - Média dos Parâmetros**

Médias	
Critérios	Valor
Custo total	0,31
Tempo	0,31
Conforto Térmico	0,18
Conforto Acústico	0,10
Resistência ao fogo	0,10
Soma	1,000

Fonte: Saaty (1991) - Adaptado

Com os resultados obtidos anteriormente, para cada parâmetro descrito no início do capítulo 4, foi possível estabelecer um real cenário durante as comparações par a par, ou seja, em cada parâmetro, pode-se afirmar o método construtivo que se sobressaia frente ao outro e até na porcentagem de eficiência.

As informações descritas podem ser observadas na Tabela 12, em que a primeira linha se refere às médias já apresentadas na Tabela 11, a segunda linha para o método construtivo em EPS e a terceira linha para o método construtivo utilizando a alvenaria convencional.

**Tabela 12 - Valoração individual por critério**

Escolha de sistema construtivo				
Custo	Tempo	Conforto Térmico	Conforto Acústico	Resist. Ao Fogo
31%	31%	18%	10%	10%
33%	67%	75%	33%	25%
67%	33%	25%	67%	75%

Fonte: Saaty (1991) - Adaptado

A Tabela 13 apresenta o percentual de escolha do melhor método construtivo, tendo como base os parâmetros apresentados e a ponderação realizada em cada um deles e entre cada um deles. Além disso, houve a ponderação entre os métodos construtivos frente a cada parâmetro, por meio da análise par a par.

**Tabela 13 - Valoração global entre os métodos construtivos**

Valoração global	
EPS	50,30%
Alvenaria Convencional	49,70%

**Fonte: Saaty (1991) – Adaptado**

Com o resultado obtido na valoração global, pode-se concluir que para os critérios adotados, sendo eles o tempo, custo, conforto térmico, conforto acústico e resistência ao fogo, além das relações hierárquicas estabelecidas entre cada um deles, ambos os métodos construtivos satisfazem os cenários apresentados, com uma pequena vantagem para o método construtivo em EPS.

De acordo com as ponderações, percebe-se que o tempo e o custo foram os critérios que tiveram maior participação na tomada de decisão, por serem características de maior importância percebidos durante a pesquisa realizada, ao passo que os critérios retirados na NBR 15575 tiveram uma parcela menor na contribuição da tomada de decisão.

## 5 CONCLUSÕES

A construção civil é movida pelas necessidades impostas, principalmente pela população em geral, que demanda a implantação de novas tecnologias a fim de aumentar a velocidade de produção, aliado a um aumento na qualidade, tanto na execução quanto na relação pessoa e habitação.

Para fazer frente ao método de alvenaria convencional, uma das alternativas que surge é a da utilização de painéis em EPS que apresenta uma agilidade na execução e agrega nos requisitos de conforto térmico e tempo, com isso pode-se levantar todas as paredes de uma casa em aproximadamente 60% do tempo necessário para a alvenaria convencional, suprimindo uma grande necessidade da população, pautada principalmente no tempo de execução.

Embora seja muito comum o emprego do EPS apenas como isolante térmico ou até para o uso de paredes divisórias em escritórios, como um material para vedação, seu uso como função estrutural, material de estudo no presente trabalho, tem ganhado maior relevância pelo mercado consumidor.

Comparando os critérios separadamente, notou-se que a alvenaria convencional apresentou os melhores resultados para o custo, desempenho acústico e resistência ao fogo, enquanto o EPS superou o desempenho na questão do tempo e no conforto térmico.

Ao analisar todos os critérios em conjunto, com a AHP, e utilizando as ponderações coletadas pela pesquisa, pode-se perceber que o tanto o EPS quanto a alvenaria convencional são escolhas aceitáveis tendo como base os critérios adotados, tendo em vista que nos critérios com maior impacto na escolha ambos os métodos construtivos apresentaram desempenhos opostos, enquanto que no custo a alvenaria se destacava, no tempo o EPS acabou se destacando.

Portanto, pode-se concluir que o objetivo principal de analisar a viabilidade do EPS frente a alvenaria convencional foi alcançado, mesmo que ambos tenham apresentados as mesmas porcentagens de decisão.

Para a diferenciação da resposta, recomenda-se a adoção de novas ponderações entre os critérios apresentados ou o acréscimo de novos parâmetros, o que acarretará na geração de uma nova matriz hierárquica, possivelmente alterando a tomada de decisão.

## REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edificações habitacionais: desempenho: parte 4: requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas: SVVIE**. Rio de Janeiro, 2013.

ALFA-M. Figura 2: **Granulos de poliestireno**, 2021. Disponível em: <<https://alfa-m.org.ua/granulat-m.php>>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10636: Paredes divisórias sem função estrutural – Determinação da resistência ao fogo – Método de ensaio**. Rio de Janeiro. P. 7. 1989. Acessado em 15 de novembro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11752: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial - Especificação**. Rio de Janeiro. P. 6. 2016. Acessado em 15 de outubro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro. P. 34. 2005. Acessado em 13 de outubro de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes Cerâmicos – Blocos e Tijolos para alvenaria – Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro. P. 26. 2017. Acessado em 01 de Agosto de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais**. Rio de Janeiro. P. 71. 2013. Acessado em 02 de Agosto de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 2: Requisitos para os sistemas estruturais**. Rio de Janeiro. P. 31. 2013. Acessado em 02 de Agosto de 2021.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE POLIESTIRENO (ABRAPEX). **Manual de utilização EPS na Construção Civil**. São Paulo: PINI, 2006. 124p.

BARBOSA, Normando Perazzo. **Considerações sobre materiais de construção convencionais e não convencionais**. 2005. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Urbana – Universidade Federal da Paraíba. Acessado em 25 de agosto de 2021. Disponível em: [https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5607/5/Disserta%  
c3%a7%c3%a3o%20-%20Georgeo%20Dias%20Fernandes%20-%20202016.pdf%3E](https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5607/5/Disserta%c3%a7%c3%a3o%20-%20Georgeo%20Dias%20Fernandes%20-%20202016.pdf%3E).



BARRETO, M. N. **Casa EPS: Edifício residencial em painéis monolíticos de poliestireno expandido**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Arquitetura e Urbanismo). Natal, RN: UFRN.

BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo/1998. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT\\_00004.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00004.pdf)>. Acessado em 03 de Agosto de 2021.

BASTOS, P. S. S. **Notas de Aula – Fundamentos do Concreto Armado. UNESP – Campus de Bauru/SP**. Agosto/2006. Disponível em: <<http://coral.ufsm.br/decc/ECC1006/Downloads/FUNDAMENTOS.pdf>>. Acessado em 03 de Agosto de 2021.

BECKER, Barbara; BRAUNSCHWEIG Thomas. **Choosing research priorities by using the analytic hierarchy process: an application to international agriculture**. 2004. Swiss Centre for International Agriculture (ZIL), Swiss Federal Institute of Technology, ETHZentrum, SEC C7, CH–8092 Zürich, Switzerland. Acessado em 02 de agosto de 2021.

BERTOLDI, Renato Hercílio. **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. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Florianópolis, SC: UFSC.

BOLINA, F.; PRAGER, G.; RODRIGUES, E.; TUTIKIAN, B.; **Avaliação da resistência ao fogo de paredes maciças de concreto armado**. 2015, v.15, n. 4. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s1678-86212015000400051>>. Acessado em 02 de Agosto de 2021.

BONIZ. Figura 5: **Amarração de malha de aço nos painéis em EPS**, 2013. Disponível em: <<https://www.boniz.com.br>>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

BRUMAN. Figura 1: **Barras de ancoragem dos painéis em EPS**, 2016. Disponível em: <http://www.brumanengenharia.com.br/mainObras.html>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

CÂMARA BRASILEIRA DE INDÚSTRIA E CONSTRUÇÃO (CBIC). **Desempenho de Edificações Habitacionais – Guia Orientativo para atendimento à norma ANBT NBT 15575/2013**. Fortaleza/CE. 2013. Disponível em: <<https://site.abece.com.br/download/pdf/130626CBICGuiaNBR2EdicaoVersaoWeb.pdf>>. Acessado em 22 de Agosto de 2021.

CAMARGO, Gustavo Masselli; FIGUEIREDO, Felipe Bittencourt. **Análise de viabilidade de implementação da vedação com painéis monolíticos de eps como substituto à alvenaria convencional na cidade de Dourados – MS**. 2019. Artigo. Dourados, MS: UFGD.

CCL E CBA. Figura 11: **Bloco cerâmico de 14 centímetros e 12 furos,2021**. Disponível em: <[http://www.ceramicaccl.com.br/home.php?valor=6&tipo\\_pag=padrao\\_50\\_50&tit=Tijolo%2012%20furos%20Belo%20Horizonte](http://www.ceramicaccl.com.br/home.php?valor=6&tipo_pag=padrao_50_50&tit=Tijolo%2012%20furos%20Belo%20Horizonte)>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

CETESB. **Produção e consumo sustentáveis**. Agosto/2010. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/consumosustentavel/documentos/>. Acessado em 15 jun. 2021.

CHAN, Alan H.S., KWOK W.Y., DUFFY Vincent G. **Using AHP for determining priority in a safety management system**. Industrial Management & Data Systems, Volume 104, Number 5, pg 430–445, 2004. Acessado em 02 de agosto de 2021.

CONSTRUPERTILE. Figura 6: **Reforço na armadura de aço,2021**. Disponível em: <<https://www.construpertile.com.br/>>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

CORDOVIL, Luiz. **Estudo da ABNT NBR 15575 – “Edificações habitacionais – Desempenho” e possíveis impactos no setor da construção civil na cidade do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro.2013. Disponível em: <<http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10006528.pdf>>. Acessado em 02 de Agosto de 2021.

COSTA, Helder Gomes. **Introdução ao método de análise hierárquica**. 2002. Publicado em 23 de novembro de 2004 no XXXVI – SBPO – O impacto da pesquisa operacional nas novas tendências multidisciplinares, São João Del Rei – MG. Disponível em: < <http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0279.pdf>>. Acessado em 08 de agosto de 2021.

COSTA, Thalles Esmeraldo. **Estudo analítico de custo e prazo de execução de uma casa de médio porte em dois métodos construtivos: fechamento em alvenaria convencional de bloco cerâmico e painéis monolíticos auto portantes de EPS**. 2020. TCC (Graduação em Engenharia Civil). Varginha, MG: UNIS MG.

DA COSTA, Carlos Alberto. **O uso de redes neurais artificiais como suporte para o desenvolvimento de índice de sustentabilidade de edifícios habitacionais**. Tese de Doutorado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – PPGEC da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba – PR, 2021.

DUARTE, V. C. P. **Desempenho térmico de edificações**. Florianópolis/SC. 7º ed. p. 6. Março/2016. Disponível em: <[https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161\\_v2016.pdf](https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf)>. Acessado em 02 de Agosto de 2021.

FENG, Y.J., LU H., BI K. **An AHP/DEA Method for Measurement of the Efficiency of R&D Management Activities in Universities**. International Federation of Operational Research Societies, International Transactions in Operational Research,

Res. 11, pg 181–191, Published by Blackwell Publishing Ltd, 2004. Acessado em 01 de agosto de 2021.

FERNANDES, George Dias. **Desenvolvimento Técnico e Avaliação de Custo e Benefício do Sistema Construtivo de Painéis Sanduíche, com Núcleo de Garrafas PET, Moldadas no Local**. 2016, 172f. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso Mestrado Profissionalizante em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Goiás. Disponível em: <  
<https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/5607/5/Disserta%20a7%20a3o%20-%20Georgeo%20Dias%20Fernandes%20-%202016.pdf>>.

FÜHR, Andréia Graziela. **Análise estrutural e de custos de estruturas de concreto armado com vedações verticais com painéis monolíticos em eps e com blocos cerâmicos**. 2017. Disponível em:  
[http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6698/Andr%C3%A9ia%20Grasiela%20F%C3%BChr\\_.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.repositorio.jesuita.org.br/bitstream/handle/UNISINOS/6698/Andr%C3%A9ia%20Grasiela%20F%C3%BChr_.pdf?sequence=1&isAllowed=y). Acesso em: 12 de Novembro de 2020.

GRANDZOL, John R. **Improving the Faculty Selection Process in Higher Education: A Case for the Analytic Hierarchy Process**. Bloomsburg University of Pennsylvania. IR Applications Volume 6, August 24, 2005. Acessado em 01 de agosto de 2021.

HENNEMAN, G. G.; GIL, A. M.; FERNANDES, B.; BOLINA, F. L.; TUTIKIAN, B. F. **Avaliação teórico-experimental da influência da espessura de alvenaria na resistência ao fogo de sistemas verticais de vedação**. Ambiente Construído, Porto Alegre v. 17, n. 4, p. 183-195, 2017. Acessado em 27 de novembro de 2021.

HUMMEL, Marjan; ROSSUM, Vouter van ; VERKERKE, Gijsbertus J.; RAKHORST, Gerhard. **Product Design Planning with the Analytic Hierarchy Process in Inter-Organizational Networks**. University of Twente, Netherlands. R&D Management 32, 5, Blackwell Publishers Ltd, USA, 2002. Acessado em 01 de agosto de 2021.

Incropera, F. P. e Dewitt, D. P. (1992). **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. Guanabara Koogan, trad. Horácio Macedo, 3ª ed., 455 p., Rio de Janeiro.

IPCONSTRUÇOES. Figura 8: **Instalações em painéis EPS,2021**. Disponível em: <  
<http://www.lcpconstrucoes.com.br/tecnologia.html>>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo. Referências Técnicas.

IPT (1988) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo. Tecnologia de Edificações/ **Projeto de Divulgação Tecnológica Lix da Cunha**, Pini, p. 215 – 224, São Paulo.

IPT (1992b) - Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo. **Avaliação de Desempenho de Sistema Construtivo Integrado por Painéis Sanduíche, com**

**Miolo em Poliestireno Expandido e Faces em Argamassa Armada** – Relatório Técnico 30.751.

ISOALFA. Figura 4: **Montagem de painéis em EPS,2021**. Disponível em: < <https://isoalfa.com.br/paredes-de-isopor/>>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

ISOFERES – Comércio e Representação LTDA; **Comportamento do Poliestireno Expandido (EPS) ao fogo**. Acesso em 22 de novembro 2021.

ISOMAF. Figura 9: **Revestimento de painéis em EPS, 2007**. Disponível em: < <https://www.isomaf.com.br/blog/5/Parede-de-EPS-recoberta-por-argamassa-armada>>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

ISORECORT. Figura 10: **Residência unifamiliar executada com painéis em EPS,2021**. Disponível em: < <https://saladenoticiasnew.com.br/empresa-brasileira-lanca-sistema-de-construcao-com-paredes-inteiras-de-isopor-eps/> >. Acesso em 22 de agosto de 2021.

ISORECORT. Figura 7: **Uso de pistola de ar quente para abrir sulcos no painel EPS,2021**. Disponível em: <<https://www.facebook.com/grupoisorecort/videos/confira-como-passar-o-condu%C3%ADte-na-parede-de-eps-isopor-grupoisorecortmonopainel-/1569572433234824/>>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

ISORECORT. **Monopainel isorecort**. 2019. Ribeirão Pires, SP. Disponível em: <https://mailchi.mp/isorecort.com.br/monopainel>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

KAPP, S.; NASCIMENTO, D. M. Sistema ida: informação colaborativa para a produção autônoma. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 68-80, 2007. DOI: 10.4237/gtp.v2i2.43. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/gestaodeprojetos/article/view/50920>. Acesso em: 15 jul. 2021.

KRÜGER, PAULO. **Análise de painéis de vedação nas edificações em estrutura metálica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Ouro Preto, Minas Gerais, 2000.

Lafarge Gypsum (1999b). **Catálogo Sistema Lafarge Gypsum para Paredes de Divisão entre Unidade e Circulação** – Código D 113 /75, São Paulo

LEITE, Igor Michel Santos; FREITAS, Felipe Rogério Amadel. **Análise comparativa dos métodos de apoio multicritério a decisão: ahp, electre e promethee**. Rio Grande do Sul: XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - Desenvolvimento Sustentável e Responsabilidade Social: As Contribuições da Engenharia de Produção. Acessado em 25 de Agosto de 2021.

MARTINS, J. G. **Alvenarias – Condições Técnicas de Execução**. Série Materiais. 2009. Disponível em:

<[https://www.academia.edu/8916567/Alvenarias\\_Condi%C3%A7%C3%B5es\\_T%C3%A9cnicas\\_de\\_Execu%C3%A7%C3%A3o](https://www.academia.edu/8916567/Alvenarias_Condi%C3%A7%C3%B5es_T%C3%A9cnicas_de_Execu%C3%A7%C3%A3o)>. Acessado em 04 de Agosto de 2021.

MAZZEU, F. **Isolamento Acústico: O que é, como fazer e quais os principais materiais**. Julho/2018. Disponível em: <<https://fabiomazzeu.com/o-que-e-isolamento-acustico/>>. Acessado em 02 de Agosto de 2021.

MEDEIROS, G. Á. N. **Avaliação de paredes sanduíche em argamassa armada com núcleo de EPS**. 2017. TCC (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/13749/1/GANM27112017.pdf>. Acesso em: 21 de maio de 2021.

MENDES, J. M.; PEREIRA, B. S. **Comparativo de custo e produtividade dos métodos construtivos em EPS e Concreto Armado**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Pró-reitoria de desenvolvimento institucional. Disponível em: [https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1955/1/Trabalho\\_19%20%281%29.pdf](https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/1955/1/Trabalho_19%20%281%29.pdf). Acessado em 03 de novembro de 2021.

MOREIRA, ROGÉRIO AMADEL. **Análise multicritério dos projetos do SEBRAE/RJ através do ELECTRE IV**. Rio de Janeiro: Faculdades Ibmec. Dissertação de Mestrado Profissionalizante apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração das Faculdades Ibmec, 2007. Acessado em 25 de Agosto de 2021.

OLIVEIRA, C. **Considerações sobre a obtenção de vetores de prioridades no AHP**. 2008. Disponível em: [https://cleberalmeida.webs.com/T51AVANCES\\_TEORICOS\\_BELDERRAIN.pdf](https://cleberalmeida.webs.com/T51AVANCES_TEORICOS_BELDERRAIN.pdf)

PINHEIRO, L.M. **Fundamentos do concreto e projeto de edifícios**. 2007. Apostila de Estruturas de Concreto do Curso de Engenharia Civil da Universidade de São Paulo. São Carlos, SP. 338p.

PNAD - IBGE – **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua**, 2019. Diretoria de Pesquisas DPE. Publicado em 22 de maio de 2019. Acessado em 01 de agosto de 2021. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Normando-Barbosa/publication/237677765\\_CONSIDERACOES\\_SOBRE\\_MATERIAIS\\_DE\\_CONSTRUCAO\\_CONVENCIONAIS\\_E\\_NAO\\_CONVENCIONAIS/links/552d20610cf21acb09213552/CONSIDERACOES-SOBRE-MATERIAIS-DE-CONSTRUCAO-CONVENCIONAIS-E-NAO-CONVENCIONAIS.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Normando-Barbosa/publication/237677765_CONSIDERACOES_SOBRE_MATERIAIS_DE_CONSTRUCAO_CONVENCIONAIS_E_NAO_CONVENCIONAIS/links/552d20610cf21acb09213552/CONSIDERACOES-SOBRE-MATERIAIS-DE-CONSTRUCAO-CONVENCIONAIS-E-NAO-CONVENCIONAIS.pdf)

RDIASISOPOR. Figura 3: Placa de **EPS,2008**. Disponível em: <<https://www.rdiasisopor.com.br>>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

RETONDO. Figura 15: **Diferença entre chapisco, emboço e reboco, 2021**. Disponível em: <<https://construindocasas.com.br/blog/construcao/chapisco-emboco-reboco/>>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

REZENTI. Figura 12: **Formas de vigas, 2021**. Disponível em: <<https://www.rezenti.com.br/alvenaria-estrutural>>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

RIPPER. Figura 14: **Abertura de sulcos para passagem de tubulações, 2014**. Disponível em: <[https://www.youtube.com/watch?v=g1PWkztM\\_zY](https://www.youtube.com/watch?v=g1PWkztM_zY)>. Acesso em 22 de agosto de 2021.

SAATY, Thomas L. **Método de análise hierárquica**. São Paulo: McGrawHill Pub. Co., 1991. 367 p. Acessado em 01 de agosto de 2021.

SANTANA, Winston Carvalho; PIZZOLATO, Nélio Domingues; Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. **Proposta de modelo de desenvolvimento de sistemas de medição de desempenho logístico**. 2004. 151 f. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial. Acessado em 01 de agosto de 2021.

SILVA, Diva; Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. **Aplicação do Método AHP para Avaliação de Projetos Industriais**. 2007- Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Engenharia Industrial. Acessado em 03 de agosto de 2021.

SOUZA, Angela Cristina Alves Guimarães. **Análise comparativa de custos de Alternativas Tecnológicas para construção de habitações populares**. 2009. Dissertação (Pós Graduação em Engenharia Civil). Recife, PE: Universidade Católica de Pernambuco. Acessado em 20 de agosto de 2021.

SOUZA, L.G.M.; MENDES, J. U.L.; SANTOS, R.D.; LIMA, H.J.; MELO, A.V., **Composito a base de gesso e EPS para fabricação de casas populares**. In, 17° CBECIMat – Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Foz do Iguaçu, PR, 2006. Acessado em 20 de agosto de 2021.

Precon (1999). **Painéis Precon**, Belo Horizonte (Catálogo de Produtos).

## APÊNDICE

### Apêndice A - Ficha de composição para parede em alvenaria convencional

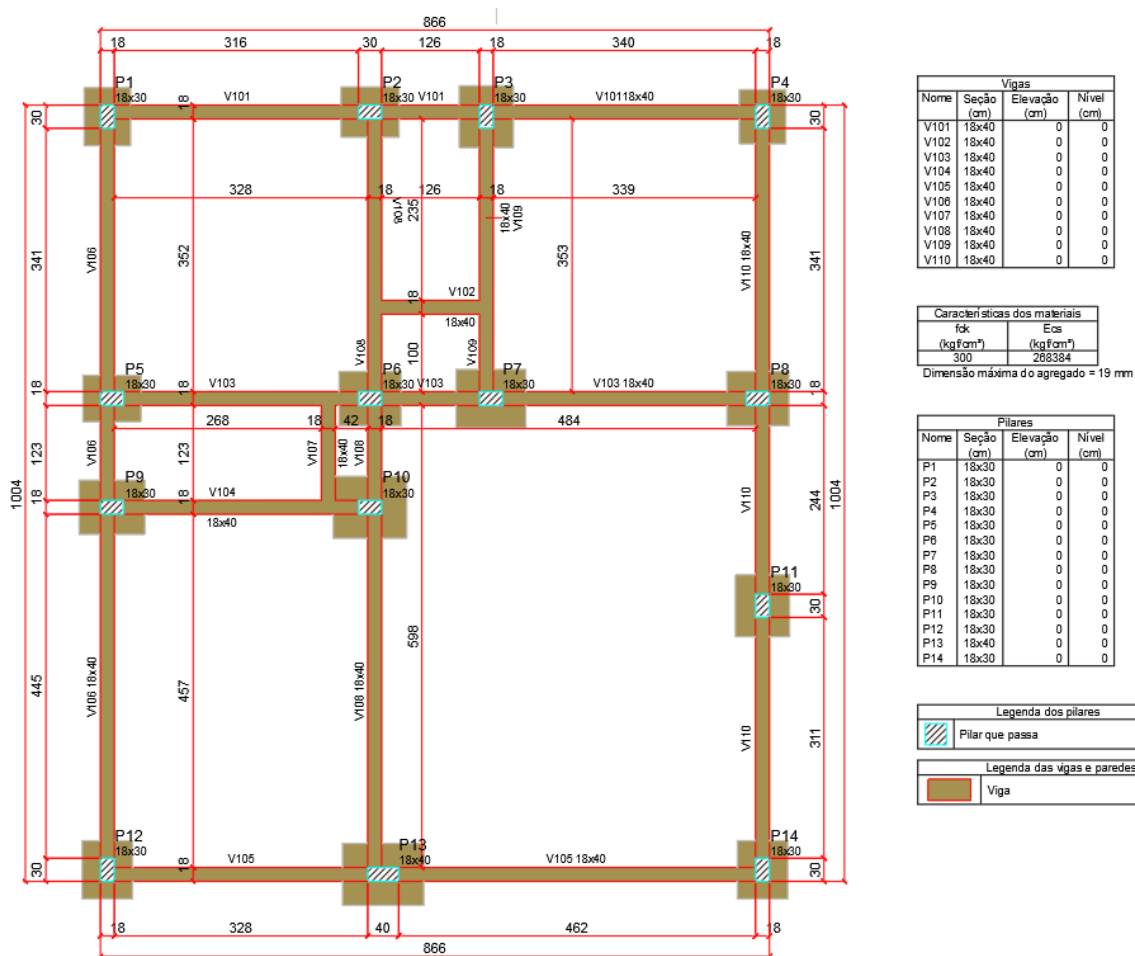
**Tabela 14 - Composição para alvenaria convencional**

COMPOSIÇÃO ALVENARIA DE VEDAÇÃO COM BLOCOS CERÂMICOS 12 FUROS - 14 X 19 X 19 CM COM ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO DE 1CM. PAREDE COM ESPESSURA DE 14 CM				M <sup>2</sup>
COMPONENTES	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO	CUSTO TOTAL
BLOCO CERÂMICO 12 FUROS - 14 x 19 x 19 CM	UNIDADE	35,00	R\$ 2,00	R\$ 70,00
ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO INDUSTRIALIZADA	M <sup>3</sup>	0,02	R\$ 6,00	R\$ 0,10
PEDREIRO	HORAS	0,80	R\$ 26,89	R\$ 21,51
SERVENTE	HORAS	0,80	R\$ 23,40	R\$ 18,72
				R\$ 110,33

**Fonte: Autoria própria (2021).**

## Apêndice B – Projetos da habitação unifamiliar com 2 pavimentos

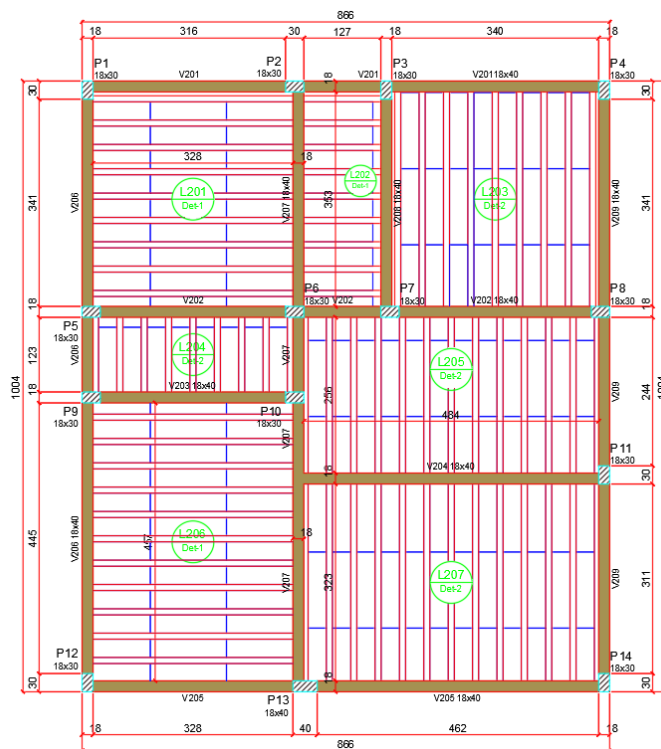
Figura 28 - Projeto estrutural pavimento térreo



Fonte: Autoria própria (2021)

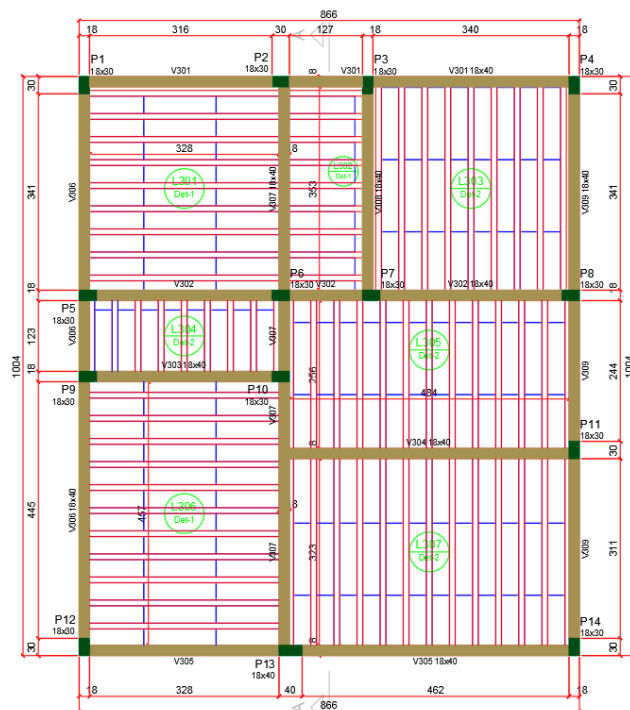


**Figura 29 - Projeto estrutural primeiro pavimento**

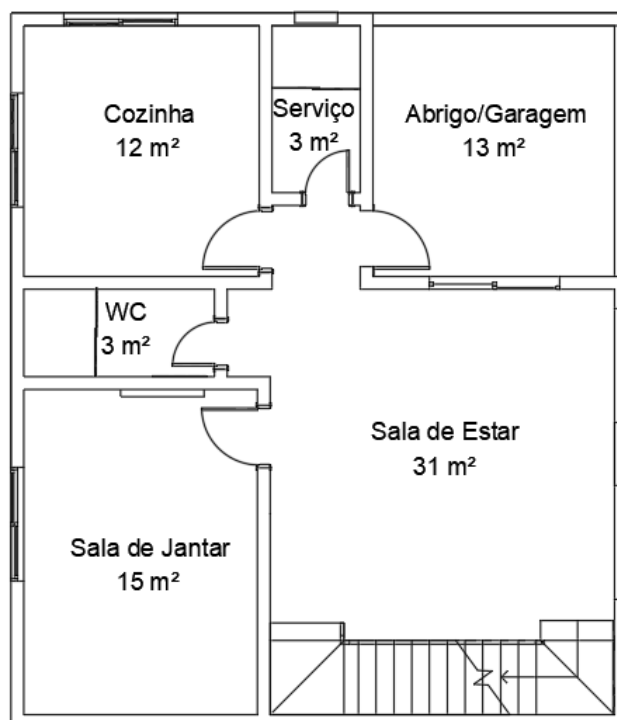


Fonte: Autoria própria (2021)

**Figura 30 - Planta estrutural cobertura**



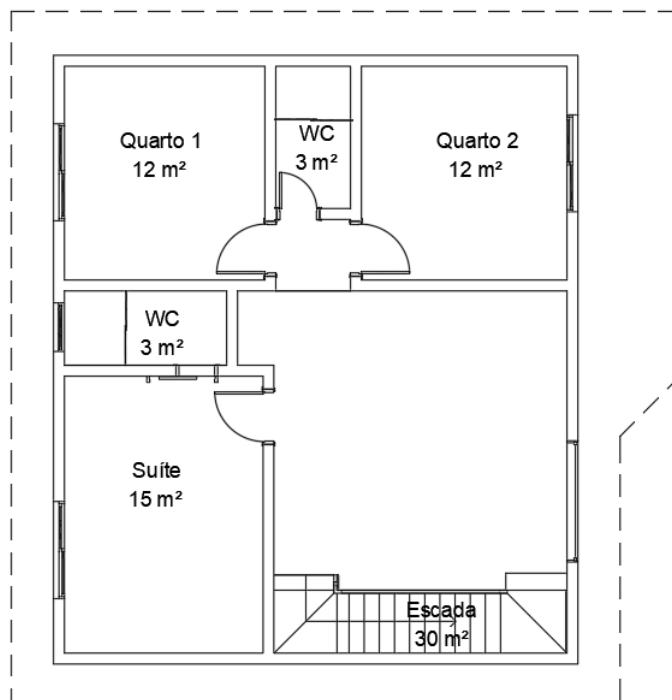
Fonte: Autoria própria (2021)

**Figura 31 - Projeto arquitetônico pavimento térreo**

Fonte: Autoria própria (2021)

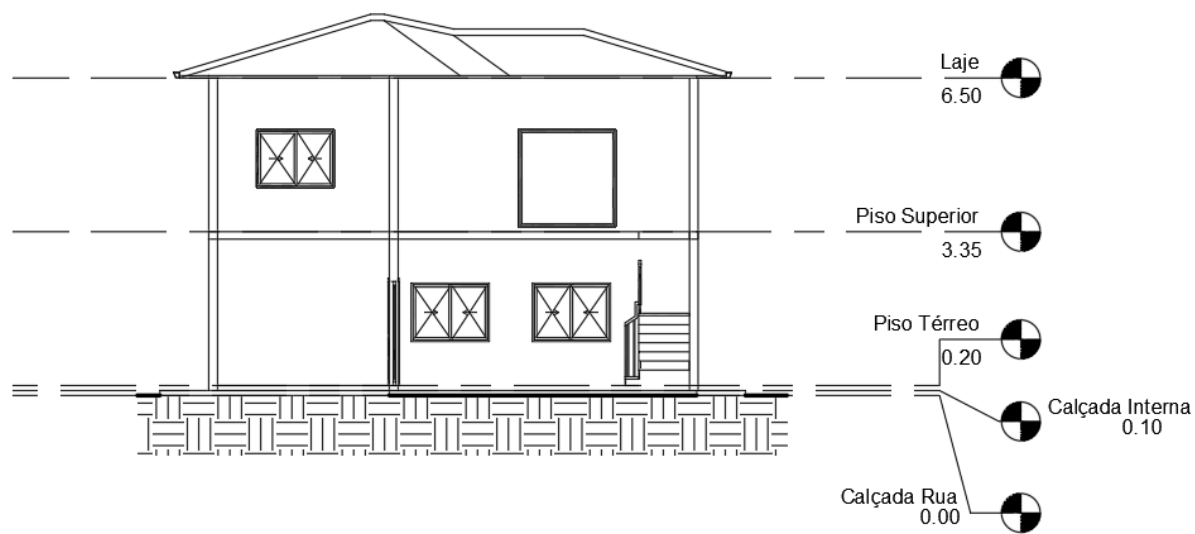
**Figura 32 - Projeto arquitetônico 2º pavimento**

Projeção do beiral



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 33 - Corte da habitação unifamiliar



Fonte: Autoria própria (2021)

## ANEXOS

### Anexo A – Fichas de Composição

**Tabela 15 - Composição para o EPS**

Composição para parede em EPS				
Descrição	Unidade	Coefficientes	Preço Unitário	Custo Total
Painel EPS - classe 3f espessura de 12 cm com tela soldada de 15 x 15 cm com 3,4 mm	M <sup>2</sup>	1,10	R\$ 135,00	R\$ 148,50
Arranque - aço diâmetro 10 mm	KG	0,71	R\$ 8,25	R\$ 5,86
Arame recozido 1,8 mm	KG	0,20	R\$ 19,10	R\$ 3,82
Aditivo para chapisco	KG	1,10	R\$ 14,17	R\$ 15,59
Servente	HORAS	0,15	R\$ 20,97	R\$ 3,15
Pedreiro	HORAS	0,31	R\$ 27,47	R\$ 8,52
			Custo Total/m <sup>2</sup>	R\$ 185,43

Fonte: Mendes e Pereira (2021) – Adaptado

**Tabela 16 - Composição para o revestimento no EPS**

Descrição	Unidade	Coefficientes	Preço Unitário	Custo Total
Emboço ou massa única em argamassa industrializada, preparo mecânico e aplicação com equipamento de mistura e projeção de 1,5 m <sup>3</sup> /h de argamassa em panos de fachada com presença de vãos, espessura de 30 mm.	M <sup>2</sup>		Custo Unitário	Custo Total
Argamassa industrializada para revestimentos, mistura e projeção de 1,5 m <sup>3</sup> /h de argamassa. Af_08/2019	M <sup>3</sup>	0,032	R\$ 1.363,93	R\$ 43,65
Pedreiro com encargos complementares	H	0,4	R\$ 26,89	R\$ 10,76
Servente com encargos complementares	H	0,4	R\$ 23,40	R\$ 9,36
Fibra poliéster 20 mm	KG	0,2	R\$ 41,00	R\$ 8,20
			Custo Total	R\$ 71,96

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 17 - Composição para formas**

Descrição	Unidade	Coefficientes	Preço Unitário	Custo Total
Montagem e desmontagem de fôrma de pilares retangulares e estruturas similares, pé-direito simples, em madeira serrada, 4 utilizações. Af_09/2020	M <sup>2</sup>			
Desmoldante protetor para formas de madeira, de base oleosa emulsificada em água	L	0,02	R\$ 6,37	R\$ 0,11
Prego de aço polido com cabeça dupla 17 x 27 (2 1/2 x 11)	KG	0,03	R\$ 22,44	R\$ 0,61
Ajudante de carpinteiro com encargos complementares	H	0,38	R\$ 22,42	R\$ 8,43
Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	2,05	R\$ 26,62	R\$ 54,62
Fabricação de fôrma para pilares e estruturas similares, em madeira serrada, e=25 mm. Af_09/2020	M <sup>2</sup>	0,28	R\$ 237,92	R\$ 65,43
				R\$ 129,20

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 18 – Composição para armação de 5 mm**

Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço ca-60 de 5,0 mm - montagem. Af_12/2015	KG	Coeficientes	Custo Unitário	Custo Total
Espacador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão *4,2 a 12,5* mm, cobrimento 20 mm	UN	1,19	R\$ 0,21	R\$ 0,25
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,03	R\$ 20,00	R\$ 0,50
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,02	R\$ 20,68	R\$ 0,42
Armador com encargos complementares	H	0,12	R\$ 26,74	R\$ 3,32
Corte e dobra de aço ca-60, diâmetro de 5,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes. Af_12/2015	KG	1,00	R\$ 12,93	R\$ 12,93
				R\$ 17,42

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 19 - Composição para armação de 6,3 mm**

Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço ca-50 de 6,3 mm - montagem. Af_12/2015	KG	Coeficientes	Custo Unitário	Custo Total
Espacador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão *4,2 a 12,5* mm, cobrimento 20 mm	UN	0,97	R\$ 0,21	R\$ 0,20
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,03	R\$ 20,00	R\$ 0,50
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,02	R\$ 20,68	R\$ 0,32
Armador com encargos complementares	H	0,09	R\$ 26,74	R\$ 2,53
Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 6,3 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes. Af_12/2015	KG	1,00	R\$ 13,13	R\$ 13,13
				R\$ 16,69

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 20 - Composição para armação de 8 mm**

Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço ca-50 de 8,0 mm - montagem. Af_12/2015	KG	Coeficientes	Custo Unitário	Custo Total
Espacador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão *4,2 a 12,5* mm, cobrimento 20 mm	UN	0,743	R\$ 0,21	R\$ 0,15
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250	R\$ 20,00	R\$ 0,50
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0115	R\$ 20,68	R\$ 0,23
Armador com encargos complementares	H	0,0707	R\$ 26,74	R\$ 1,89
Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 8,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes. Af_12/2015	KG	1,00	R\$ 13,05	R\$ 13,05
			Total	R\$ 15,82

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 21 - Composição para armação de 10 mm**

Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço ca-50 de 10,0 mm - montagem. Af_12/2015	KG	Coefficientes	Custo Unitário	Custo Total
Espacador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão *4,2 a 12,5* mm, cobertura 20 mm	UN	0,54	R\$ 0,21	R\$ 0,11
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,03	R\$ 20,00	R\$ 0,50
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,01	R\$ 20,68	R\$ 0,18
Armador com encargos complementares	H	0,05	R\$ 26,74	R\$ 1,41
Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 10,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes. Af_12/2015	KG	1,00	R\$ 12,05	R\$ 12,05
				R\$ 14,26

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 22 - Composição para armação de 12,5 mm**

Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço ca-50 de 12,5 mm - montagem. Af_12/2015	KG	Coefficientes	Custo Unitário	Custo Total
Espacador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão *4,2 a 12,5* mm, cobertura 20 mm	UN	0,3670000	R\$ 0,21	R\$ 0,07
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000	R\$ 20,00	R\$ 0,50
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0063000	R\$ 20,68	R\$ 0,13
Armador com encargos complementares	H	0,0386000	R\$ 26,74	R\$ 1,03
Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 12,5 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes. Af_12/2015	KG	1,0000000	R\$ 10,33	R\$ 10,33
			Total	R\$ 12,06

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 23 - Composição para armação de 16 mm**

Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em um edifício de múltiplos pavimentos utilizando aço ca-50 de 16,0 mm - montagem. Af_12/2015	KG	Coefficientes	Custo Unitário	Custo Total
Espacador / distanciador circular com entrada lateral, em plástico, para vergalhão *4,2 a 12,5* mm, cobertura 20 mm	UN	0,2120000	R\$ 0,21	R\$ 0,04
Arame recozido 16 bwg, d = 1,65 mm (0,016 kg/m) ou 18 bwg, d = 1,25 mm (0,01 kg/m)	KG	0,0250000	R\$ 20,00	R\$ 0,50
Ajudante de armador com encargos complementares	H	0,0043000	R\$ 20,68	R\$ 0,08
Armador com encargos complementares	H	0,0261000	R\$ 26,74	R\$ 0,69
Corte e dobra de aço ca-50, diâmetro de 16,0 mm, utilizado em estruturas diversas, exceto lajes. Af_12/2015	KG	1,0000000	R\$ 10,22	R\$ 10,22
			Total	R\$ 11,53

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 24 - Composição para concretagem dos pilares**

Concretagem de pilares, fck = 25 mpa, com uso de baldes em edificação com seção média de pilares menor ou igual a 0,25 m <sup>2</sup> - lançamento, adensamento e acabamento. Af_12/2015	M3	Coefficientes	Custo Unitário	Custo Total
Concreto usinado bombeavel, classe de resistencia c25, com brita 0 e 1, slump = 100 +/- 20 mm, exclui servico de bombeamento (nbr 8953)	M3	1,10	R\$ 329,02	R\$ 362,91
Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	1,85	R\$ 26,62	R\$ 49,14
Pedreiro com encargos complementares	H	1,85	R\$ 26,89	R\$ 49,64
Servente com encargos complementares	H	5,54	R\$ 23,40	R\$ 129,59
Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chp diurno. Af_06/2015	CHP	0,67	R\$ 1,50	R\$ 1,01
Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chi diurno. Af_06/2015	CHI	1,17	R\$ 0,40	R\$ 0,47
				R\$ 592,76

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 25 - Composição para concretagem de vigas**

Concretagem de vigas e lajes, fck=20 mpa, para lajes premoldadas com uso de bomba em edificação com área média de lajes menor ou igual a 20 m <sup>2</sup> - lançamento, adensamento e acabamento. Af_12/2015	M3	Coefficientes	Custo Unitário	Custo Total
Concreto usinado bombeavel, classe de resistencia c20, com brita 0 e 1, slump = 100 +/- 20 mm, inclui servico de bombeamento (nbr 8953)	M3	1,10	R\$ 345,47	R\$ 381,05
Carpinteiro de formas com encargos complementares	H	0,11	R\$ 26,62	R\$ 2,98
Pedreiro com encargos complementares	H	0,67	R\$ 26,89	R\$ 18,02
Servente com encargos complementares	H	0,74	R\$ 23,40	R\$ 17,41
Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chp diurno. Af_06/2015	CHP	0,08	R\$ 1,50	R\$ 0,12
Vibrador de imersão, diâmetro de ponteira 45mm, motor elétrico trifásico potência de 2 cv - chi diurno. Af_06/2015	CHI	0,14	R\$ 0,40	R\$ 0,06
				R\$ 419,64

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 26 - Composição para o chapisco na alvenaria**

Chapisco aplicado em alvenaria (com presença de vãos) e estruturas de concreto de fachada, com colher de pedreiro. Argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira 400l. Af_06/2014	M2	Coefficientes	Custo Unitário	Custo Total
Argamassa traço 1:3 (em volume de cimento e areia grossa úmida) para chapisco convencional, preparo mecânico com betoneira 400 l. Af_08/2019	M3	0,0042	R\$ 427,20	R\$ 1,79
Pedreiro com encargos complementares	H	0,183	R\$ 26,89	R\$ 4,92
Servente com encargos complementares	H	0,091	R\$ 23,40	R\$ 2,12
				R\$ 8,83

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 27 - Composição para o emboço interno**

Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8,	M2	Coefficientes	Custo Unitário	Custo Total
Argamassa traço 1:2:8 (em volume de cimento, cal e areia média úmida) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação, preparo mecânico com betoneira 400 l. Af_08/2019	M3	0,0376	R\$ 404,79	R\$ 15,22
Pedreiro com encargos complementares	H	0,29	R\$ 26,89	R\$ 7,80
Servente com encargos complementares	H	0,3	R\$ 23,40	R\$ 7,02
				R\$ 30,04

Fonte: Sinapi (2021)

**Tabela 28 - Composição para o emboço externo**

Emboço ou massa única em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400 l, aplicada manualmente em panos de fachada com presença de vãos, espessura de 25 mm. Af_06/2014	M2	Coefficientes	Custo Unitário	Custo Total
Argamassa traço 1:2:8 (em volume de cimento, cal e areia média úmida) para emboço/massa única/assentamento de alvenaria de vedação, preparo mecânico com betoneira 400 l. Af_08/2019	M3	0,0314	R\$ 404,79	R\$ 12,71
Pedreiro com encargos complementares	H	0,5	R\$ 26,89	R\$ 13,45
Servente com encargos complementares	H	0,5	R\$ 23,40	R\$ 11,70
				R\$ 37,86

**Fonte: Sinapi (2021)**