

**DIRETORIA DE ENSINO DO CAMPUS DE SALVADOR  
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL  
CURSO TÉCNICO INTEGRADO EM EDIFICAÇÕES**

**LIZ ALENCAR COSTAL  
MARCOS VINICIUS MONTEIRO ANDRADE  
MARIA CLARA DOS SANTOS FREITAS**

**O USO DOS PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS:  
UMA ANÁLISE COMPARATIVA COM O MÉTODO DE ALVENARIA  
CONVENCIONAL**

**SALVADOR, BAHIA**

**2024**

**LIZ ALENCAR COSTAL**  
**MARCOS VINICIUS MONTEIRO ANDRADE**  
**MARIA CLARA DOS SANTOS FREITAS**

**O USO DOS PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS: UMA ANÁLISE COMPARATIVA  
COM O MÉTODO DE ALVENARIA CONVENCIONAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Edificações Integrado ao Ensino Médio do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia- Campus Salvador, como requisito parcial à obtenção do título de Técnico em Edificações.

Orientadora: Prof.a Dra Regina Maria Cunha Leite

Professores da disciplina metodologia: Luis Claudio Alves Borja e Michele dos Anjos de Santana

**SALVADOR, BAHIA**

**2024**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos, primeiramente, a Deus, por nos guiar e nos conceder força, sabedoria e perseverança para chegarmos até aqui. Foi Ele quem iluminou nossos passos, permitindo que tivéssemos a oportunidade de ingressar no IFBA, unindo nossos caminhos e o da nossa orientadora.

Aos nossos familiares e amigos, nosso mais profundo agradecimento por toda paciência, compreensão e apoio incondicional. Vocês estiveram ao nosso lado nos momentos mais desafiadores, oferecendo palavras de encorajamento e celebrando conosco cada conquista. Seu amor e apoio foram as bases que nos sustentaram ao longo dessa trajetória.

Manifestamos também nossa imensa gratidão ao professor Alberto Leal Neto, cuja orientação precisa, comentários enriquecedores e dedicação incansável foram determinantes para a realização deste trabalho. Sua confiança em nosso potencial e incentivo constante nos inspiraram a buscar sempre o melhor e a ultrapassar nossos limites. Agradecemos, ainda, aos demais professores que contribuíram para a nossa formação técnica ao longo do curso.

A todos que, direta ou indiretamente, nos apoiaram, motivaram e acreditaram em nosso potencial, o nosso mais sincero e profundo obrigado! Este trabalho é também fruto de cada gesto de apoio e incentivo que recebemos ao longo do caminho.

A todos vocês, o nosso muito obrigado!

## RESUMO

O setor da construção civil no Brasil ainda é marcado pelo uso predominante do método de alvenaria convencional, que se firmou devido à sua confiabilidade, mas apresenta desafios como o desperdício de materiais e impacto ambiental considerável. Nesse cenário, a indústria busca alternativas mais eficientes e sustentáveis, como os painéis monolíticos de EPS. Esses painéis oferecem benefícios em termos de desempenho térmico e acústico, agilidade na execução, diminuição de resíduos e custo-benefício. Os painéis de EPS são feitos de poliestireno expandido, reforçados com telas de aço galvanizado e revestidos com argamassa, apresentando leveza, versatilidade, alta durabilidade e, adicionalmente, sendo um material reciclável. Dessa forma, este estudo foi realizado para analisar o uso dos painéis monolíticos de EPS em substituição ao sistema convencional em alvenaria de blocos, através de uma revisão da literatura e o levantamento de estudos de caso. Para avaliar a competitividade das técnicas construtivas monolítica e convencional, foi desenvolvida uma análise comparativa dos seus custos com base nos dados apresentados nos estudos indiretos; tornando evidente que independente do porte da residência, o sistema de painéis monolíticos de EPS apresenta um custo-benefício superior ao sistema de bloco cerâmico.

**Palavras-chave:** Construção civil; Painéis monolíticos de EPS; Custo-benefício; Habitação popular; Poliestireno expandido; Alvenaria convencional; Comparação de sistemas construtivos.

## ABSTRACT

The civil construction sector in Brazil is still marked by the predominant use of the conventional masonry method, which has established itself by your reliability, but presents challenges such as material waste and considerable environmental impact. In this scenario, the industry is looking for more efficient and sustainable alternatives, such as monolithic EPS panels. These panels offer benefits in terms of thermal and acoustic performance, agility in execution, reduction of waste and cost-benefit. EPS panels are made of expanded polystyrene, reinforced with galvanized steel mesh and coated with mortar, presenting lightness, versatility, high durability and, additionally, being a recyclable material. Therefore, this study was carried out to analyze the use of monolithic EPS panels to replace the conventional block masonry system, through a literature review and survey of case studies. To assess the competitiveness of monolithic and conventional construction techniques, a comparative analysis of their costs was developed based on data presented in indirect studies; making it clear that regardless of the size of the residence, the monolithic EPS panel system presents a higher cost-benefit ratio than the ceramic block system.

**Keywords:** Civil construction; Monolithic EPS panels; Cost; Popular housing; Expanded polystyrene; Conventional masonry; Comparison of construction systems.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Pérola de poliestireno (antes e após expansão).....	6
Figura 2: Estrutura dos painéis.....	8
Figura 3: Tela eletrosoldada malha de 10x10 cm.....	8
Figura 4: Fixação das telas de aço através de grampos.....	9
Figura 5: Painéis prontos.....	9
Figura 6: Painéis básico, duplo e curvo.....	9
Figura 7: Blocos de Escada.....	10
Figura 8: Painéis de laje e de base.....	10
Figura 9: Painel especial com.....	11
material isolante adicional      Figura 10: Painel especial com malha dupla.....	11
Figura 11: Reforço em telas para abertura de vãos e encontro de painéis.....	11
Figura 12: Tipos de reforços.....	12
Figura 14 : Arranjo das barra de ancoragem.....	15
Figuras 15: Montagem dos painéis - Abordagem 1.....	15
Figura 16: Montagem dos painéis - Abordagem 2.....	16
Figuras 17 : Escoramento.....	17
Figura 18: Malha de reforço tipo Lisa.....	18
Figura 19: Malha de reforço tipo L.....	18
Figura 20: Malha de reforço tipo U.....	19
Figura 21: Montagem Régua de alinhamento, o arame de fixação e o painel em corte.....	19
Figura 22: Instalação das esquadrias.....	20
Figura 23: Reforços em aberturas.....	20
Figura 24: Visão esquemática 3D do painel e instalações.....	21
Figura 26: Caixas de passagem.....	22
Figura 27: Projeção paredes e laje respectivamente.....	22
Figura 28: Caneca de projeção e furos para saída de argamassa.....	23
Figura 31: Laje com reforço.....	25
Montagem de lajes, para o modo de partição contínua e o 30 modo de topo.....	25
Figura 32: Malhas de reforço nos encontros.....	26
Figura 33: Malhas de reforço em “T”.....	26
Figura 34: União parade, pilar e esquadria e União de painel parede com pilar.....	27
Figura 35: União de painel parede com viga do pavimento superior – vista em corte e União de parede de painéis com laje, pilares e viga – vista frontal.....	27
Figura 36: Fundação superficial do tipo radier.....	33
Figura 38: Radier com pedestais.....	34
Figura 39: Radiers nervurados.....	35
Figura 40: Radiers em caixão.....	35
Figura 41: Alvenaria estrutural.....	36

Figura 42: Alvenaria de vedação.....	36
Figura 43: Marcação da primeira fiada a partir dos eixos de referência.....	37
Figura 44: Vergas e contravergas no contorno de vãos de janelas.....	38
Figura 45: Impermeabilização do baldrame e 3 fiadas da alvenaria.....	39
Figura 46: Camadas dos revestimentos argamassados.....	40
Figura 47: Desperdício de material e rasgo na alvenaria.....	42
Figura 48: Tubulações de esgoto e água na parede.....	42
Figura 49: Partes constituintes de um telhado.....	43
Figura 50: Layout da residência da casa A.....	45
Figura 51 e 52: Construção em monolite.....	47
Figuras 53 e 54: Casa construída.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Propriedades do EPS (Isopor).....	7
Tabela 2: Estimativa de custos para construção da casa A.....	46
Tabela 3: Comparativo de custo.....	49
Tabela 4: Resumo dos estudos de caso.....	50

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Etapas da Pesquisa.....	3
Quadro 2 - Principais características do poliestireno expandido (EPS).....	28
Quadro 3 - Descrição das normas do EPS.....	29

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 OBJETIVOS.....	2
1.1.1 OBJETIVO GERAL.....	2
1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
1.2 METODOLOGIA.....	2
<b>2. SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS.....</b>	<b>5</b>
2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA.....	5
2.2 BLOCOS DE EPS.....	5
2.2.1 OS PAINÉIS.....	6
2.2.1.1 TIPOS E APLICAÇÕES.....	9
2.2.1.2 REFORÇOS EM TELAS.....	11
2.3 PROCESSO CONSTRUTIVO.....	13
2.3.1 FUNDAÇÃO.....	13
2.3.2 LEVANTAMENTO DAS PAREDES.....	14
2.3.3 ESQUADRIAS.....	20
2.3.4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS.....	21
2.3.6 REVESTIMENTOS.....	22
2.3.7 COBERTURA.....	24
2.4 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO EPS.....	27
2.5 NORMATIZAÇÃO.....	29
<b>3. SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA CONVENCIONAL.....</b>	<b>31</b>
3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO.....	31
3.2 PROCESSO CONSTRUTIVO.....	32
3.2.1 FUNDAÇÃO.....	32
3.2.2 ALVENARIA DE VEDAÇÃO.....	35
3.2.3 ESQUADRIAS.....	37
3.2.4 IMPERMEABILIZAÇÃO.....	38
3.2.5 REVESTIMENTOS.....	39
3.2.6 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS.....	41
3.2.7 COBERTURA.....	42
<b>4. ESTUDOS DE CASO.....</b>	<b>44</b>
4.1 ESTUDOS INDIRETOS.....	44
4.1.1 CASA A.....	44
4.1.2 CASA B.....	46
4.2 COMPILAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO.....	50
4.2.1 COMPARAÇÃO.....	50
<b>5. CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>6. REFERÊNCIAS.....</b>	<b>54</b>
<b>ANEXO.....</b>	<b>59</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O cenário da construção civil brasileira tem se baseado na utilização do sistema de vedação em alvenaria cerâmica e, juntamente, na estrutura de concreto armado. Com a vasta adoção desse tipo construtivo, ele se tornou muito popular em todo território e por causa da sua confiabilidade e tradição ficou consolidado – virando o método tradicional do país.

Em contrapartida, suas desvantagens são notórias e de grande prejuízo para a sociedade, já que a sua produção é artesanal e tem um alto consumo de resíduos naturais, como a produção de resíduos e o desperdício de água.

Assim, para que haja a diminuição dos danos causados pelo método tradicional e para que a procura de racionalização e otimização dos processos diminua, a construção civil está na busca de sistemas de construção que tenham uma maior eficiência e que sejam, ao mesmo tempo, sustentáveis. Desta forma, vem sendo desenvolvidas diversas técnicas como o steel frame, drywall, pré-fabricados de concreto e os painéis monolíticos de EPS. Entretanto, mesmo com essa necessidade e as constantes evoluções tecnológicas ainda existem obstáculos para que essa adoção seja definitiva, como o receio dos profissionais da área no que tange à substituição dos meios convencionais, o que está atrelado à escassa difusão de informações acerca da técnica.

Os painéis monolíticos de EPS (Poliestireno Expandido, mais conhecido como isopor, são um tipo alternativo de sistema construtivo utilizado na construção civil que se originou-se na Itália, em uma região sujeita a terremotos, no início de 1980, com a intenção de criar uma estrutura monolítica estável e apresentasse elementos de isolamento térmica (Balbino, 2020). Eles são constituídos por painéis modulares de EPS revestidos com uma malha de aço galvanizado e argamassa estrutural, caracterizado pela rapidez na execução e pelo excelente desempenho térmico e acústico.

A construção desse trabalho tem como uma das justificativas que levaram para a escolha do tema, o déficit de informações sobre os painéis monolíticos de EPS e juntamente com o interesse pessoal dos autores, onde, ao decorrer do curso Técnico Integrado em Edificações, adquiriram um breve conhecimento sobre técnicas de construção industrializadas, entretanto, não tiveram a possibilidade de desenvolver este estudo em outras áreas do curso e nem de implementar esses

métodos em outros projetos, mesmo gerando um desconforto e insegurança, essa situação também intensificou a curiosidade e a vontade de aprofundar o tema.

Além disso, outra motivação é a necessidade de desmistificar as entraves para a adoção dos painéis monolíticos de Poliestireno Expandido (EPS) como um método construtivo e, dessa forma, ganharem maior reconhecimento e adoção no mercado brasileiro.

Diante do contexto apresentado, surge a seguinte pergunta de pesquisa: Quais as vantagens e os desafios competitivos apresentadas pelos painéis monolíticos a fim de motivar a substituição dos métodos convencionais?

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 OBJETIVO GERAL

- Analisar o uso dos painéis monolíticos de EPS em substituição ao sistema convencional em alvenaria de blocos.

### 1.1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os benefícios e desafios do uso do método e as suas propriedades.
- Levantar projetos que utilizam esse método construtivo no nordeste.
- Comparar o tempo de execução e custo-benefício de uma obra que utiliza os métodos tradicionais com o de execução de uma obra que usa o método alternativo, EPS.

## 1.2 METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como qualitativa e exploratória, buscando investigar e comparar os sistemas construtivos de painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS) e alvenaria convencional. A pesquisa adotou uma delimitação temporal de 15 anos (2009–2024), com foco em estudos recentes que documentaram a aplicação de painéis de EPS nos últimos 5 anos. Para a coleta de informações, foram utilizadas palavras-chave específicas, tais como: painéis monolíticos de EPS, painéis monolíticos de poliestireno expandido, comparativo, alvenaria convencional e sistemas construtivos. As fontes de dados incluem normas técnicas da ABNT, artigos científicos e guias setoriais. A pesquisa foi estruturada em três etapas principais (Quadro 1).

**Quadro 1** - Etapas da Pesquisa

ETAPA	OBJETIVO	INSTRUMENTO
Revisão da literatura	Levantar os principais conceitos e tipos de sistemas construtivos.	Levantamento bibliográfico no Google Acadêmico, normas da ABNT (via Target) e guias setoriais.
Levantamento de estudos de caso	Identificar comparativos entre painéis de EPS e alvenaria tradicional (tempo e custo).	Levantamento bibliográfico no Google Acadêmico.
Levantamento de estudos de caso	Identificar vantagens e desvantagens dos sistemas em relação a tempo, custo, resíduos e ergonomia.	Levantamento bibliográfico no Google Acadêmico e análise de dados coletados.

Fonte: Autores (2024)

A primeira etapa teve como objetivo levantar os principais conceitos relacionados aos sistemas construtivos abordados, dividindo-se em, painéis monolíticos de EPS trazendo suas características, contexto histórico, ferramentas, mão de obra e aplicações; e alvenaria convencional com histórico, particularidades e processos construtivos. Para isso, foi realizado um levantamento bibliográfico no Google Acadêmico, complementado pela consulta a normas técnicas da ABNT e guias setoriais. A consulta foi realizada por meio da plataforma Target, via o acesso institucional do Instituto Federal da Bahia, garantindo a conformidade técnica do estudo. A seguir, as principais normas utilizadas:

- ABNT NBR 16866:2022 - Poliestireno expandido (EPS) - Determinação das propriedades - Métodos de ensaios.
- ABNT NBR 11949:2007, Poliestireno expandido para isolamento térmica Determinação da massa específica aparente.
- ABNT NBR 7973:2007, Poliestireno expandido para isolamento térmica Determinação de absorção de água
- ABNT NBR 8081:2015, Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmica - Permeabilidade ao vapor de água.
- ABNT NBR 8082:2016, Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmica - Determinação da resistência à compressão.
- ABNT NBR 12094:1991, Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmico - Determinação da condutividade térmica - Método de ensaio.

Na segunda etapa, foram analisados estudos de caso que comparassem os sistemas construtivos de painéis de EPS e alvenaria convencional, com foco no tempo de execução e no custo. Os estudos analisados foram identificados via Google Acadêmico, considerando projetos reais e documentados nos últimos 15 anos. Além disso, foram identificadas as tipologias das edificações envolvidas, que incluem residências unifamiliares de baixo a médio padrão e de alto padrão.

A terceira etapa consistiu na análise comparativa entre os dois sistemas construtivos, avaliando o custo (viabilidade econômica) e o impacto ambiental (a geração de resíduos). Os dados coletados foram organizados em tabelas e gráficos, detalhando as diferenças percentuais entre os sistemas construtivos. Essa sistematização facilitou a identificação das vantagens e desvantagens de cada solução.

As bases e fontes utilizadas na pesquisa foram: Google Acadêmico, que contém o principal repositório para a coleta de artigos científicos e estudos comparativos; normas técnicas, a consulta às normas da ABNT via plataforma Target; guias setoriais, o uso de documentos técnicos e práticos para complementar a base teórica; além de tabelas e gráficos, ferramentas utilizadas para sistematizar os resultados e apresentar percentuais comparativos de desempenho.

## 2. SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS

### 2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

Em 1949, na Alemanha, os químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz descobriram o Poliestireno Expandido que, na atualidade, é conhecido internacionalmente pela sigla EPS. No entanto, em território brasileiro, o elemento é comumente conhecido como “Isopor®”, marca registrada da empresa Knauf Isopor Ltda que comercializa produtos de EPS (Siqueira, 2017).

O método construtivo que utiliza painéis monolíticos de EPS origina de um projeto italiano de industrialização da construção para áreas sujeitas a ação de terremotos. A ação visava a criação de uma estrutura monolítica autoportante que apresentasse propriedades de isolamento térmico e acústico completamente estanque às intempéries (Barreto, 2017). A empresa italiana Monolite desenvolveu o sistema por volta de 1980, denominando-o como Método Monolite, e recebeu a homologação italiana (Certificato d'Idoneità Técnica) expedida em 1985 pelo Instituto Giordano (Alves, 2015 apud Barreto, 2017).

O sistema é composto por um painel pré-fabricado e leve, formado por uma alma de EPS com uma malha de aço galvanizado eletrosoldada em cada face e revestimento em argamassa ou concreto, aplicados nas obras (Balbino, 2020).

No Brasil, este método chegou por volta de 1990, quando apresentou resultados positivos nas análises do Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (ITP); este sistema apresentou adaptabilidade satisfatória com o uso em formas arquitetônicas diversas e, graças às suas vantagens e facilidades de execução, este sistema construtivo se alastra (Barreto, 2017).

### 2.2 BLOCOS DE EPS

Inicialmente, faz-se preciso pontuar os materiais que formam o sistema construtivo em questão: blocos de EPS (poliestireno expandido), telas de aço galvanizado e concreto ou argamassa. No que tange a inovação, o poliestireno expandido é o produto que mais se sobressai – em comparação aos métodos construtivos mais tradicionais em uso no Brasil.

O EPS constitui um plástico celular rígido que deriva do petróleo por meio da polimerização do estireno em água. Com o intuito de aperfeiçoar as propriedades do

material – em especial a resistência ao fogo – adicionam-se aditivos ao decorrer do período de polimerização e o material é apresentado sob a forma de pérolas de aspecto vítreo. Objetivando a produção de blocos de EPS, submete-se o material à aplicação de vapor saturado, o que ocasiona na expansão (Figura 1) de 20 a 50 vezes do volume primário dos grãos de poliestireno (Abrapex, 2016 apud Balbino, 2020).

Figura 1: Pérola de poliestireno (antes e após expansão)



Fonte: Siqueira (2017)

Como resultado da expansão, as pérolas apresentam 98% de ar e 2% de material sólido na forma de poliestireno; ademais, em conformidade com a ABRAPEX (2016), “Os produtos finais de EPS são inodoros, não contaminam o solo, água e ar, são 100% reaproveitáveis e recicláveis e podem voltar à condição de matéria-prima”.

### 2.2.1 OS PAINÉIS

A Tabela 1 apresenta os sete tipos diferentes de EPS – cujos usos e aplicações divergem – fabricados pela empresa Knauf e suas respectivas propriedades. Cabe pontuar que o tipo 7 é utilizado para a montagem dos painéis monolíticos de EPS, visto que possui a maior densidade aparente nominal e mínima, valores mais baixos de condutividade térmica e resistência mínima à flexão e ao cisalhamento mais elevadas.

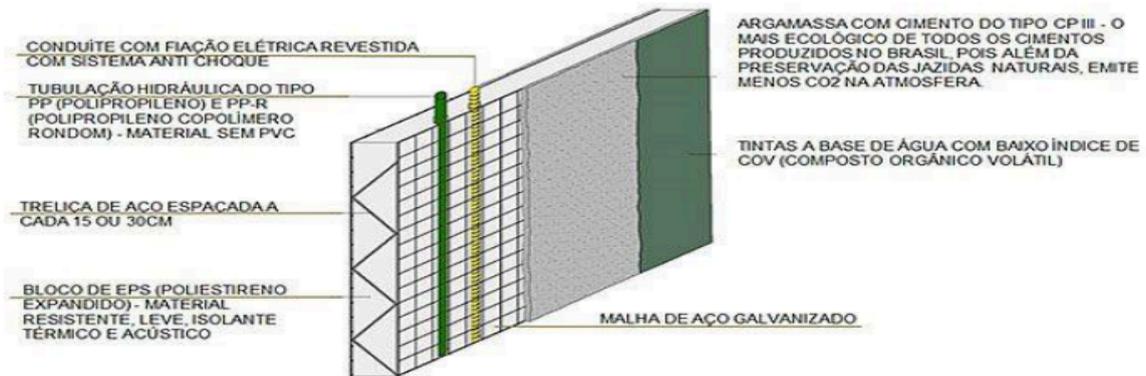
**Tabela 1 – Propriedades do EPS (Isopor)**

Propriedades	Norma	Unid.	Tipos de EPS						
	Método de ensaio		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7
Densidade aparente nominal	NBR 11949	kg/m <sup>3</sup>	10	12	14	18	22,5	27,5	32,5
Densidade aparente mínima	NBR 11949	kg/m <sup>3</sup>	9	11	13	16	20	25	30
Condutividade térmica máxima (23°C)	NBR 12094	W/m.k	—	—	0,042	0,039	0,037	0,035	0,035
Tensão por compressão com deformação 10%	NBR 8082	KPa	≥ 33	≥ 42	≥ 65	≥ 80	≥ 110	≥ 145	≥ 165
Resistência mínima à flexão	ASTM C-203	KPa	≥ 50	≥ 60	≥ 120	≥ 160	≥ 220	≥ 275	≥ 340
Resistência mínima ao cisalhamento	EN-12090	KPa	≥ 25	≥ 30	≥ 60	≥ 80	≥ 110	≥ 135	≥ 170
Flamabilidade (se material de classe F)	NBR 11948		Material Retardante à Chama						

Fonte: Knauf (2020)

A composição da tecnologia construtiva se dá através de um sistema integrado de painéis modulares com função estrutural e fechamento. As placas monolíticas de EPS possuem faces planas ou de baixo relevo estruturadas com telas de aço baixo carbono em suas duas faces (contando com a presença de fios galvanizados). As placas são interligadas entre si através de treliças (formadas por conectores de aço médio carbono galvanizados eletrosoldados às telas) e, em seguida, recebe em ambas faces uma camada de microcimento de  $f_{ck} = 25$  MPa com, no mínimo, 3,5 cm de espessura (Figura 2). Vale frisar também que as chapas de EPS são cortadas consoante às especificações de cada projeto (Téchne, 2012 apud Barreto, 2017).

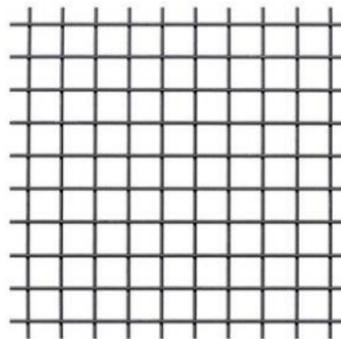
Figura 2: Estrutura dos painéis



Fonte: Ricardo Gonsalves, 2017 apud Barreto, 2017

As malhas são constituídas por aço de alta resistência, com limite de escoamento superior a  $600 \text{ N/mm}^2$ , tensões de tração e compressão maiores que  $600 \text{ MPa}$  e limite de ruptura acima de  $680 \text{ N/mm}^2$  (Alves, 2015 apud Balbino, 2020). O aço aplicado pode ser comum, zincado, galvanizado a quente e inoxidável, condizente com as necessidades de utilização e garantindo estabilidade e integridade ao decorrer do tempo (Rosa, 2021).

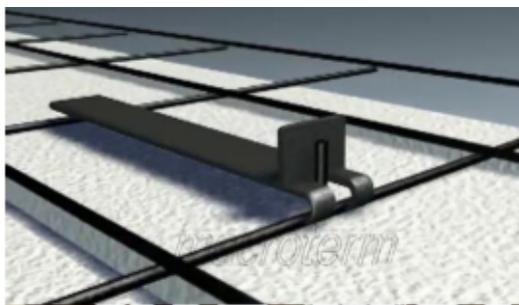
Figura 3: Tela eletrosoldada malha de 10x10 cm



Fonte: Gerdau, 2020 apud Balbino, 2020

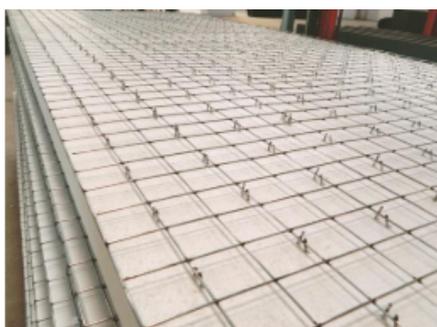
As telas de aço eletrosoldadas são presas por grampos de aço (Figura 4) e tornam a peça (Figura 5) um sanduíche (Téchne, 2012 apud Barreto, 2017).

Figura 4: Fixação das telas de aço através de grampos



Fonte: Alessandra Cabral, 2015 apud Barreto, 2017

Figura 5: Painéis prontos

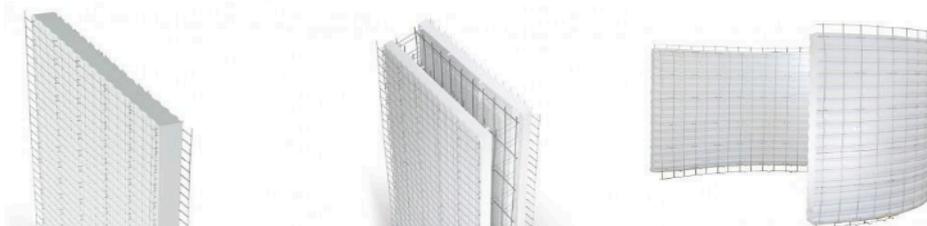


Fonte: Alessandra Cabral, 2015 apud Barreto, 2017

### 2.2.1.1 TIPOS E APLICAÇÕES

Para além das paredes usuais, os elementos monolíticos de EPS podem ser utilizados na execução de lajes e escadas, apresentando ampla versatilidade de formas. Os painéis únicos (Figura 6) podem ser destinados a coberturas, divisórias, vedações e edifícios de, no máximo, 6 pavimentos; os painéis duplos são aqueles em que dois painéis básicos são unidos por meio de conectores horizontais e o espaço entre eles é preenchido com concreto; já os painéis curvos são produzidos de forma planas com cavidades que atribuem maleabilidade, facilmente deslocados e dobrados no canteiro de obras através de um equipamento semiautomático e pneumático ou manualmente.

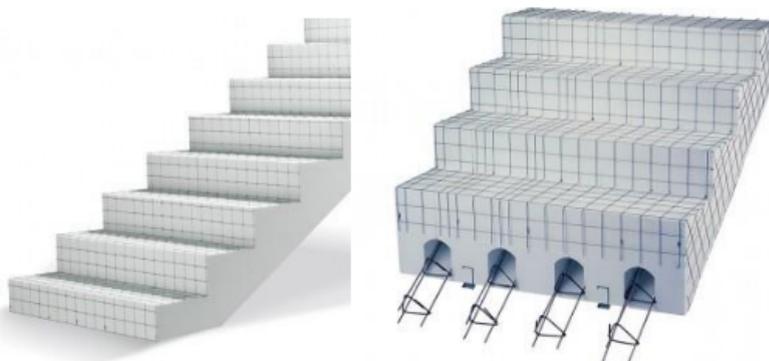
Figura 6: Painéis básico, duplo e curvo



Fonte: M2 Emmedue, 2012 apud Barreto, 2017

O painel de escada (Figura 7) é formado por um bloco monolítico que possui cavidades de espera destinadas às treliças de aço galvanizado, e malha de ferro galvanizado ao seu redor. De maneira semelhante aos componentes de vedação, este elemento recebe uma camada de microconcreto.

Figura 7: Blocos de Escada

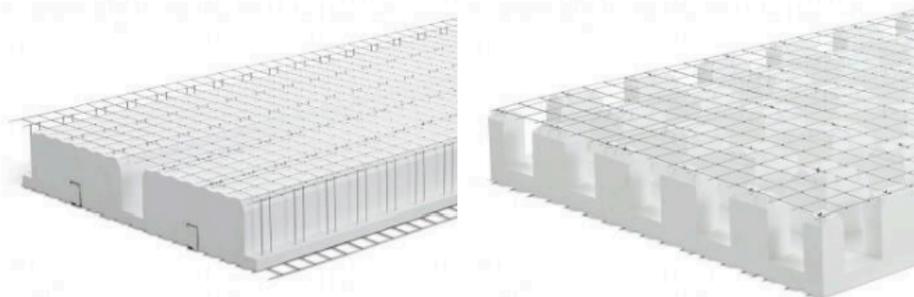


Fonte: M2 Emmedue, 2012 apud Barreto, 2017

O painel de laje (Figura 8) é constituído pela placa de EPS com calhas de espera para instalar a ferragem, que origina vigotas de concreto armado; este elemento é destinado à construção de lajes de piso e de cobertura. O painel de base é caracterizado pela presença de calhas de espera adjacentes nos dois eixos horizontais e pode ser aplicado em base para radier e laje de piso a receber reforço em ambos sentidos horizontais.

O transporte e o içamento de painéis monolíticos de EPS podem ocorrer manualmente e o armazenamento deve ocorrer na posição horizontal em pilhas de até 20 painéis, em localidades secas e limpas (Barreto, 2017).

Figura 8: Painéis de laje e de base



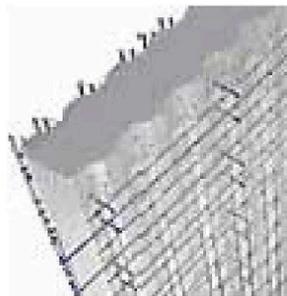
Fonte: M2 Emmedue, 2012 apud Barreto, 2017

Os painéis especiais são aqueles em que, na composição, há a inserção de materiais isolantes, a exemplo da cortiça, lã de rocha e outros elementos (Figura 9); este componente eleva a capacidade de isolamento térmico e/ou propriedades de isolamento acústico. No que tange às necessidades estruturais, pode ocorrer a aplicação de uma armadura dupla eletrosoldada em cada face (Figura 10) visando resistir a pressões horizontais estáticas e dinâmicas (Bertoldi, 2007).

Figura 9: Painel especial com material isolante adicional



Figura 10: Painel especial com malha dupla



Fonte: Emmedue, 2006 apud Bertoldi, 2007

### 2.2.1.2 REFORÇOS EM TELAS

No sistema construtivo com painéis monolíticos de EPS, as aberturas de vãos para esquadrias e os encontros de painéis necessitam de reforços, que são realizados com as próprias telas de aço galvanizado (Figura 11). A malha é responsável por diversas características do sistema, como a propriedade autoportante e por fases de execução do método, sendo crucial para a amarração entre os painéis por meio de sobreposição e como sistema de apoio para instalar os sistemas elétrico e hidráulico (Monolite, 2017 apud Balbino, 2020).

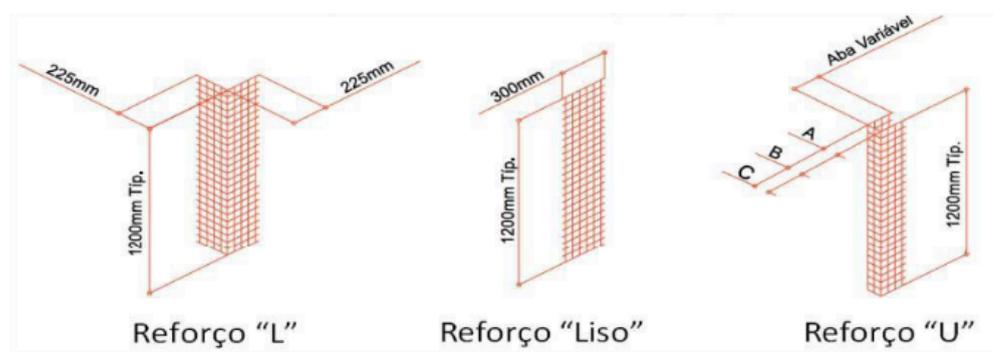
Figura 11: Reforço em telas para abertura de vãos e encontro de painéis



Fonte: Balbino (2020)

O sistema apresenta três categorias básicas de reforços, concebidos com malha de aço galvanizado (podendo ser realizado o reaproveitamento das sobras de malhas de aço oriundas da produção dos painéis): reforço L, reforço Liso e reforço U. Estes reforços irão, em conjunto com a aplicação de argamassa, produzir uma estrutura monolítica e fortalecer possíveis pontos críticos da estrutura. A fixação destes reforços à tela do painel ocorre por meio de arame recozido ou grampos galvanizados (Alves, 2015 apud Balbino, 2020).

Figura 12: Tipos de reforços



Fonte: Termotécnica, 2014 apud Barreto, 2017

O reforço tipo L é utilizado no encontro de paredes perpendiculares, cantos de paredes ou paredes em T. Este tipo de reforço – bem como o Liso – é aplicado nas faces interna e externa, na altura total do pé-direito do vão, e fixados com arame recozido.

O reforço Liso é aplicado nas aberturas de esquadrias (janelas e portas), cantos, recortes para passagens das tubulações hidráulicas e elétricas e em painéis que perderam seu transpasse. A armadura será posicionada diagonalmente no que se refere aos fios do painel em ambas faces. Este processo visa a absorção de tensões comuns em pontos específicos e eventuais trincas nos locais em que há acúmulos de esforços.

O reforço "U" é utilizado no perímetro interno das aberturas (janelas, passagem de ar-condicionado, portas, etc.). As armaduras de tela em U possuem formato de vergas e contra vergas e são fixadas com arame recozido, de modo que o revestimento dos painéis não seja diretamente aplicado no EPS e visando a

neutralização dos esforços de corte e esmagamento localizados (Téchne, 2012 apud Barreto, 2017).

## 2.3 PROCESSO CONSTRUTIVO

O processo construtivo emprega painéis compostos por blocos formados de poliestireno expandido, montados como telas de aço eletro soldadas, seguindo a seguinte sequência: Tela - Poliestireno - Tela. Quando comparada com outros métodos, os painéis de EPS apresentam vantagens na sua vedação e na suas dimensões 100x1000x2600mm, os painéis se mostram mais leves e com fácil manuseio no momento de montagem. Por suas características e pela simplicidade de montagem não necessita de mão de obra especializada. O transporte dos painéis de EPS também não mostram nenhum tipo de complicação, por não exigir nenhum tipo de equipamento de grande porte para o seu manuseio (Bertoldi, 2007).

### 2.3.1 FUNDAÇÃO

A técnica construtiva das fundações de obras que utilizam os painéis monolíticos de EPS inclui etapas primordiais para assegurar a estabilidade e garantir uma performance adequada da construção. Inicialmente, é essencial que seja realizado um estudo geotécnico para especificar as características do solo, para com isso determinar qual o tipo de fundação apropriada para o terreno. Em seguida, leva-se em consideração a capacidade do solo e as cargas aplicadas na estrutura.

Fundamentando-se nessas informações, as fundações podem ser superficiais, como radier ou sapata, ou escavada, como estacas, variando devido aos aspectos do solo e do projeto. Em seguida da escolha do tipo de fundação, é feita a preparação do terreno, isso inclui a escavação e a compressão do solo. Depois disso, a armadura e a fôrma são fixadas seguindo as especificações do projeto estrutural, após isso é realizada a concretagem, afirmando a correta adesão da fundação com os painéis de EPS que vão ser futuramente instalados. Esse método deve ser fundamentado, rigorosamente, nas normas técnicas, garantindo a estabilidade da construção e a conservação da estrutura.

Segundo Medeiros (2017), normalmente a fundação mais indicada para a técnica construtiva é do tipo radier (Figura 13). O radier é um tipo de fundação superficial ou direta que distribui toda a carga da edificação de maneira uniforme no

terreno, sendo basicamente uma laje contínua e maciça de concreto, com resistência característica do concreto definida em razão de aspectos de durabilidade e resistência estrutural.

Figura 13 - Fundação tipo radier



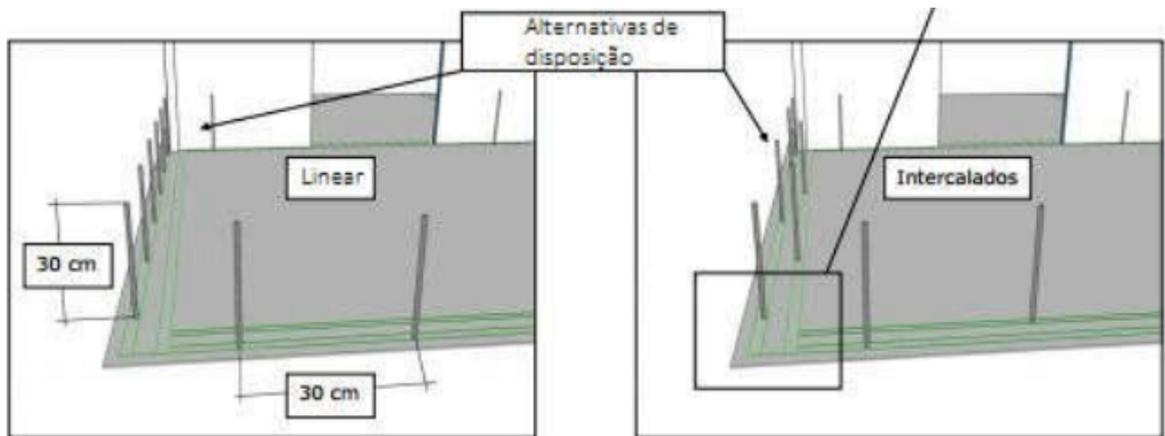
Fonte: Silva (2022)

### 2.3.2 LEVANTAMENTO DAS PAREDES

Logo em seguida da conclusão da fundação tipo radier, o próximo passo envolve o preparo para a montagem das paredes com EPS. Com a base consolidada, deve-se prepara o levantamento das paredes que devem ser fixadas e reforçadas como citado no manual de Instruções Básicas para a Execução de Obras da empresa CASSAFORMA (2013), preparando a estrutura para as próximas etapas, como as instalações elétricas e hidrossanitárias.

O manual de Instruções Básicas para a Execução de Obras da empresa CASSAFORMA (2013) indica que a ligação entre a fundação e os painéis deve ser realizada através de uma base linear ou intercalada (Figura 14), com barras de ferro de CA-50 ou CA-60 com 6 mm de diâmetro, espaçadas de 30 em 30 cm. As barras de ancoragem podem ser fixadas juntamente com a fundação ou colocadas posteriormente, realizando furos na fundação e fixadas com adesivo epóxi para ancoragem estrutural, conforme a locação e as definições do projeto (Medeiros, 2017).

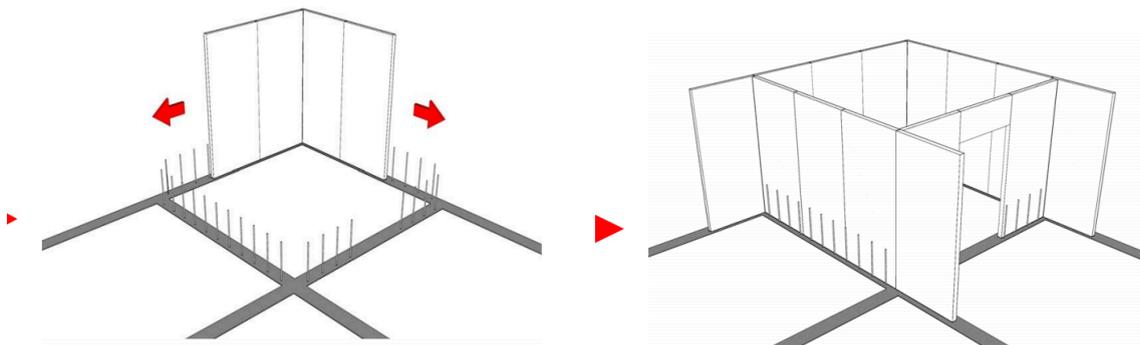
Figura 14 : Arranjo das barra de ancoragem



Fonte: CASSAFORMA , 2013.

De acordo com manual de Instruções Básicas para a Execução de Obras da empresa CASSAFORMA (2013) existem três abordagens para a montagem dos painéis que podem ser seguidas. A primeira abordagem (Figura 15) sugere iniciar pelos cantos e progredir em direção ao centro do vão, até que se complete totalmente um cômodo.

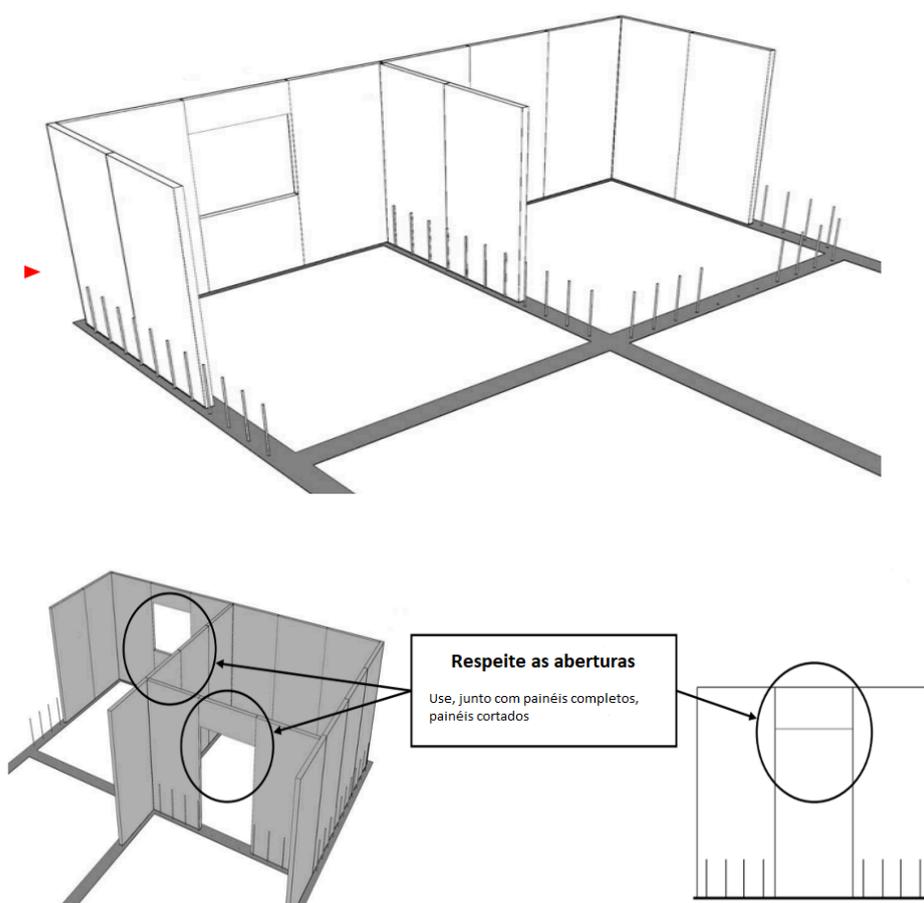
Figuras 15: Montagem dos painéis - Abordagem 1



Fonte: CASSAFORMA (2013).

A segunda abordagem (Figura 16) sugere iniciar a instalação com uma linha de cada vez. Ao se deparar com outra parede perpendicular, coloca-se o primeiro painel para assegurar a estabilidade da estrutura longa. Nesta abordagem é essencial levar em consideração as aberturas, utilizando painéis inteiros e recortados caso seja necessário (CASSAFORMA, 2013).

Figura 16: Montagem dos painéis - Abordagem 2



Fonte: Adaptado de CASSAFORMA (2013).

O manual de Instruções Básicas para a Execução de Obras da empresa CASSAFORMA (2013) segue detalhando o processo de montagem e explica que para as duas abordagens o próximo passo, após a montagem dos painéis a ser realizado é o escoramento das paredes suspensas. Para tal, é necessário nivelar os

painéis para a fixação da régua, que pode ser de metal ou madeira (Figura 17), a régua deve ficar do lado interno e sobre a malha de aço. O manual ainda indica que as faixas devem ser colocadas pelo lado de de interno, enquanto o lado de externo permanece livre para receber facilmente a aplicação pneumática de argamassa rápida e eficiente.

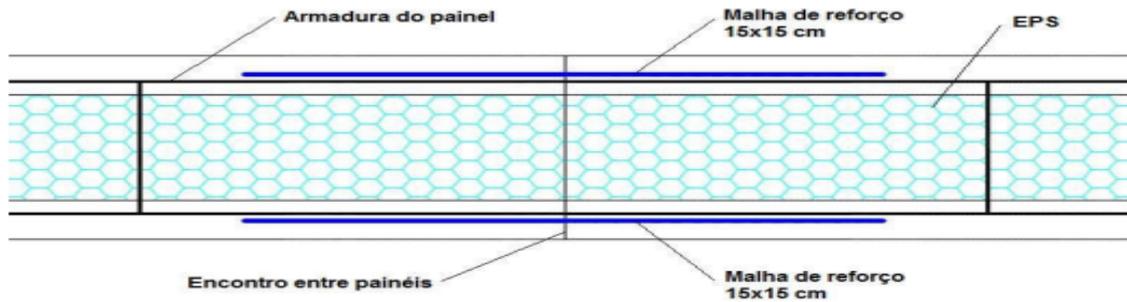
Figuras 17 : Escoramento



Fonte: Adaptado de CASSAFORMA (2013).

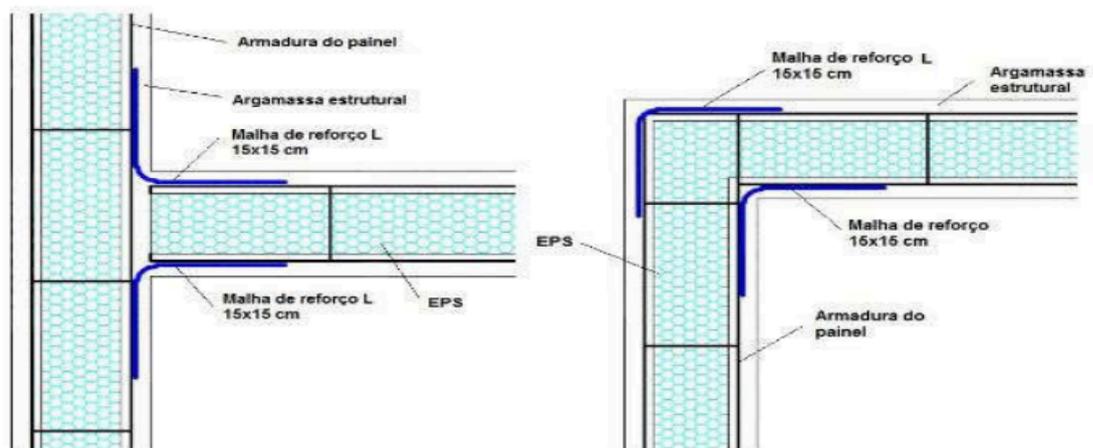
A etapa seguinte é a instalação de telas de reforço em locais pré definidos, para assegurar a regularidade estrutural dos elementos (Cassaforma, 2013). Os painéis são fixados nas barras de ancoragem por meio de arame recozido nº 18, torcidos. Os mesmos são ligados por meio de telas estruturais 28 do tipo Lisa (Figura 18), que devem ser aplicadas em ambos os lados, fixadas com arame. Mas, nas ligações entres as paredes ou em lajes, a malha de reforço assume a forma de um L (Figura 19) , essa malha deve ser colocada em ambos os lados assim como a Lisa. A extensão das malhas devem ser de no mínimo 15 cm para cada extremidade, com 150x150 mm (Medeiros, 2017).

Figura 18: Malha de reforço tipo Lisa



Fonte - CASSAFORMA (2013).

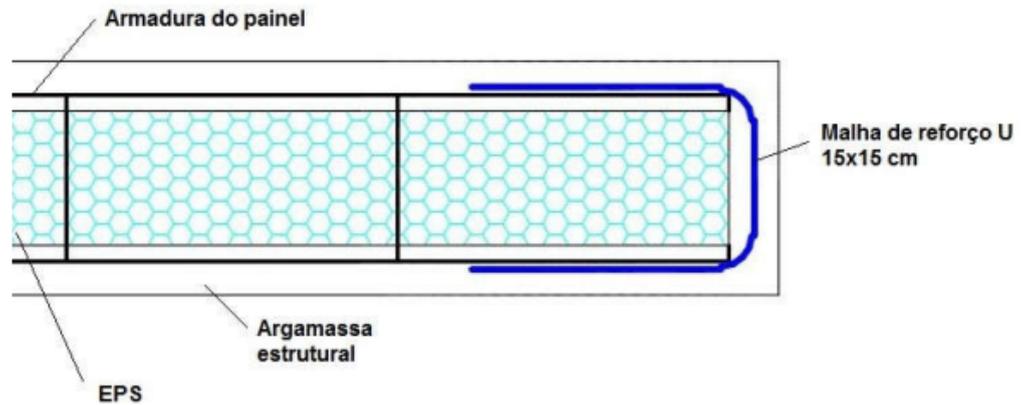
Figura 19: Malha de reforço tipo L



Fonte - CASSAFORMA (2013).

Medeiros (2017) continua discorrendo sobre os tipos de malha de reforço e ressalta que nas aberturas de portas e janelas ou extremidades, devem se utilizadas uma armadura de reforço do tipo U (Figura 20) em um formato de 180°, obedecendo o transpasse mínimo de 15 cm em cada extremidade, assim como as outras malhas.

Figura 20: Malha de reforço tipo U

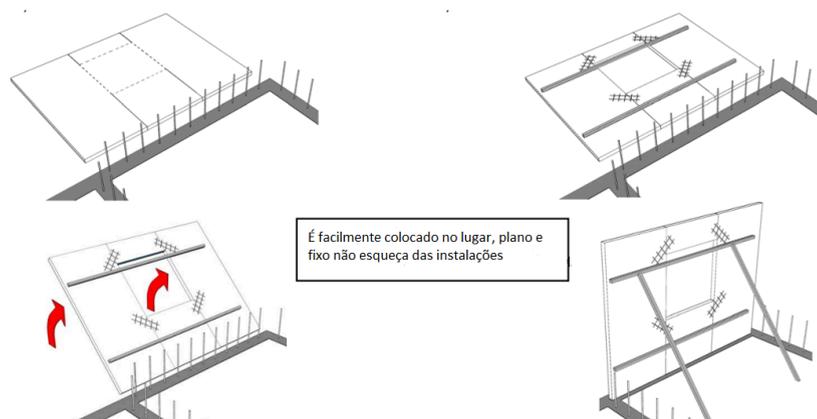


Fonte - CASSAFORMA (2013).

CASSAFORMA (2013) explica que a terceira abordagem (Figura 21) para montagem dos painéis, seria armar as paredes em uma superfície plana, para depois uni-las, cortar o vão, colocar as régulas de alinhamento, garantindo a fixação das mesmas no lado de dentro dos painéis e erguer as paredes prontas na posição final. O escoramento por dentro e por fora segue o mesmo padrão das abordagens 1 e 2.

Figura 21: Montagem Régua de alinhamento, o arame de fixação e o painel em corte.

### dos painéis - Abordagem 3

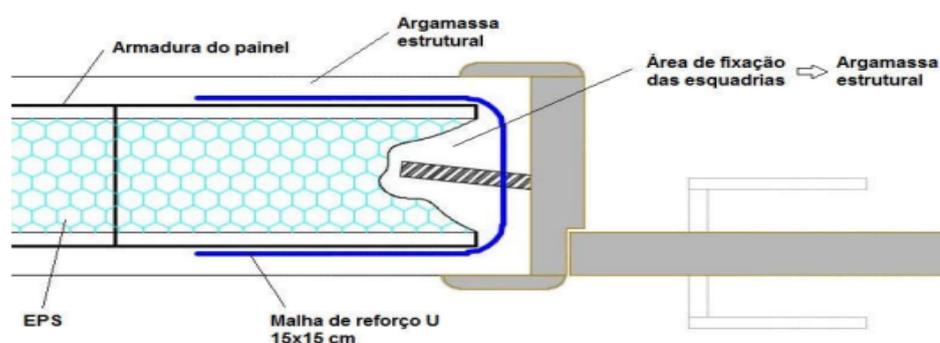


Fonte - CASSAFORMA (2013).

### 2.3.3 ESQUADRIAS

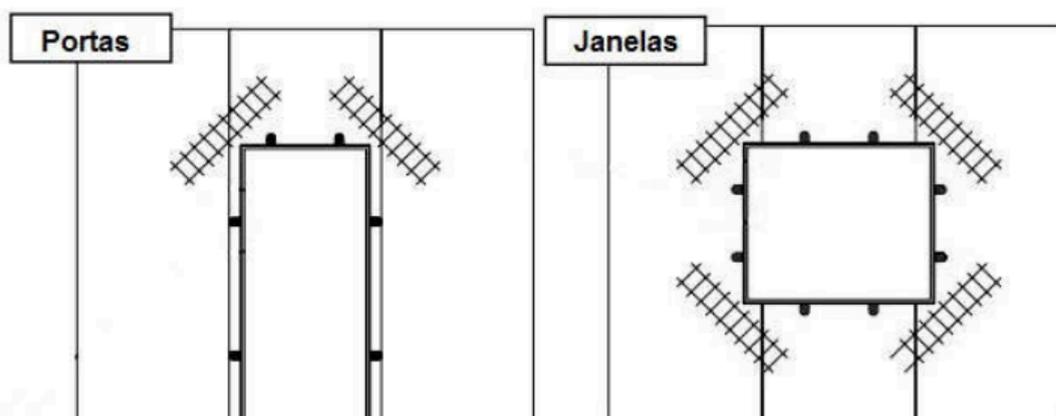
Medeiros (2017) afirma que as instalações de esquadrias, junto a aplicação de armaduras de reforço, deve ser removida o EPS localizado na região onde o fixador será instalado, reforçando o núcleo com argamassa estrutural (Figura 22). Para combater fissuras é adicionado malhas de reforço nos cantos das aberturas, as malhas devem ser aplicadas na diagonal em um ângulo de 45° (Figura 23).

Figura 22: Instalação das esquadrias



Fonte - CASSAFORMA (2013).

Figura 23: Reforços em aberturas

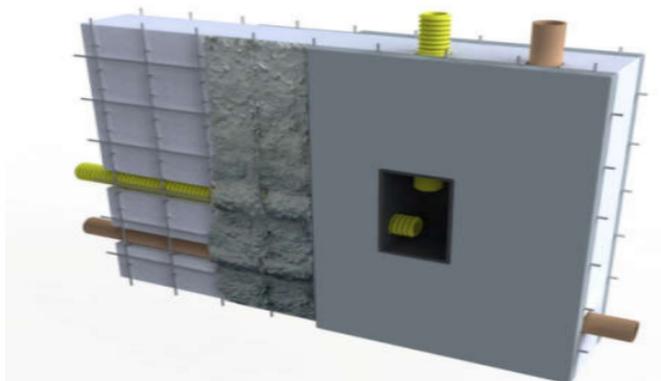


Fonte - CASSAFORMA (2013).

### 2.3.4 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS

Finalizada a instalação dos painéis e a aplicação da malhas de reforços, a próxima etapa é a execução das instalações elétricas, hidrossanitárias e cabeamento estruturado, colocando os eletrodutos, tubos e demais elementos (Figura 24). Essa etapa se inicia com a realização de sulcos nas paredes que são feitos com um soprador térmico (Figura 25), que posteriormente será aplicação das tubulações (Medeiros, 2017). A execução da instalação deve ser cuidadosa, em relação às caixas de passagem (Figura 26), evitando pontos sem poliestireno na parede, assim como, problemas com espessura final da parede (Bertoldi, 2007).

Figura 24: Visão esquemática 3D do painel e instalações



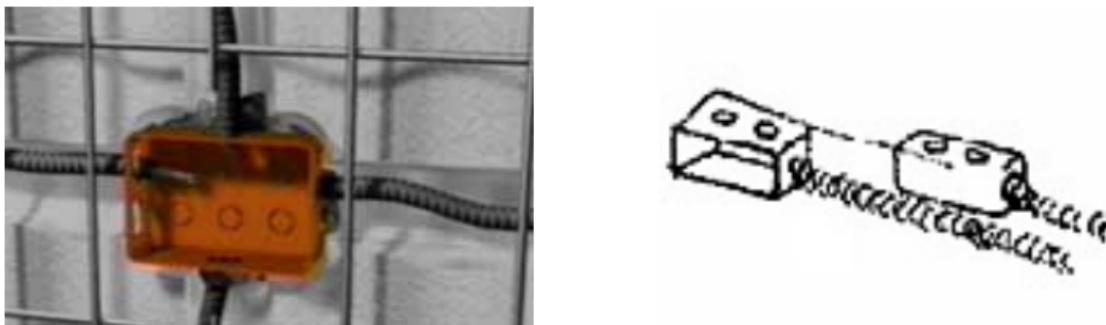
Fonte - Sistema Monolite s.d..

Figura 25: Realização de sulcos para instalações auxiliares.



Fonte - Tecnopanel s.d.

Figura 26: Caixas de passagem

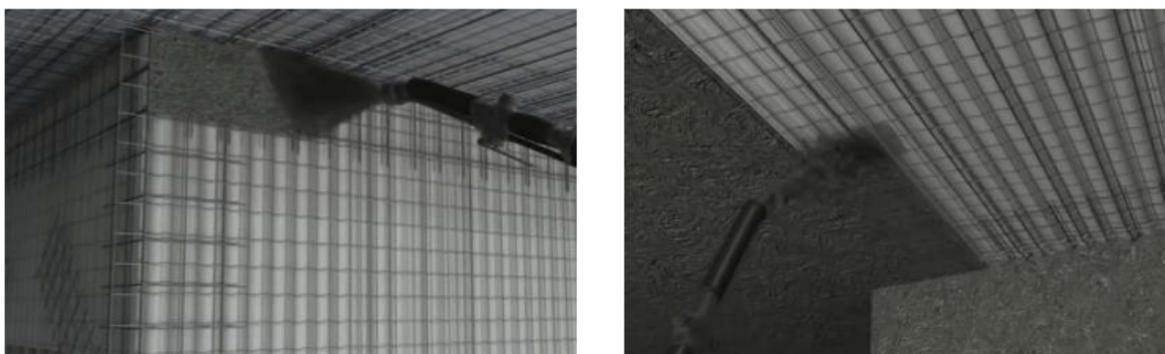


Fonte - CASSAFORMA s.d.

### 2.3.6 REVESTIMENTOS

Medeiros (2017) afirma que a projeção da argamassa estrutural deve ser projetada no espaço definido pelas amostras através do sarrafeamento. A projeção deve ser iniciada de forma ascendente com quantidade suficiente para preencher as camadas que não devem ultrapassar 1 cm de espessura diferente da alvenaria convencional que deve ter no máximo 6,5 cm de espessura (Cardoso, 2009), deve se aguardar o período de pega inicial para que haja deslizamento das camadas até que as mesmas adquiram espessura necessária. Depois da que a projeção nas paredes é finalizada, dá-se início a projeção das lajes, que deve acontecer na face inferior e deve ser executada com camadas de revestimento com espessura entre 10 e 15 mm (Figura 27) e que o consumo de cimento da argamassa estrutural e de 500 a 700 kg/m<sup>3</sup>.

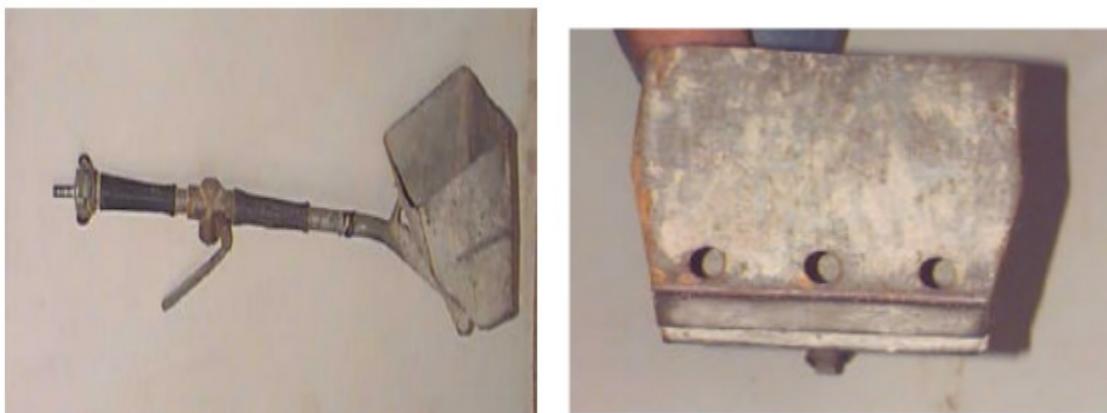
Figura 27: Projeção paredes e laje respectivamente



Fonte - Tecnopanel s.d.

Bertoldi (2007) explica que as “rebocadoras” responsáveis pelas aplicações são classificadas em duas versões, para aplicação em paredes e para tetos (Figura 28). Bertolini (2007) também indica que as etapas de aplicação possuem grande praticidade na execução e apesar das aplicações serem semelhantes, ambas possuem ângulos diferentes de projeção. Por não ser um material higroscópico, o EPS absorve água minimamente o que torna desnecessária a impermeabilização pois, mesmo que imerso em água, o EPS absorve apenas baixas parcelas de água (Tecnocell).

Figura 28: Caneca de projeção e furos para saída de argamassa



Fonte - Bertini (2002).

Figura 29 - Aplicação da argamassa no painel



Fonte - Emmedue s.d.

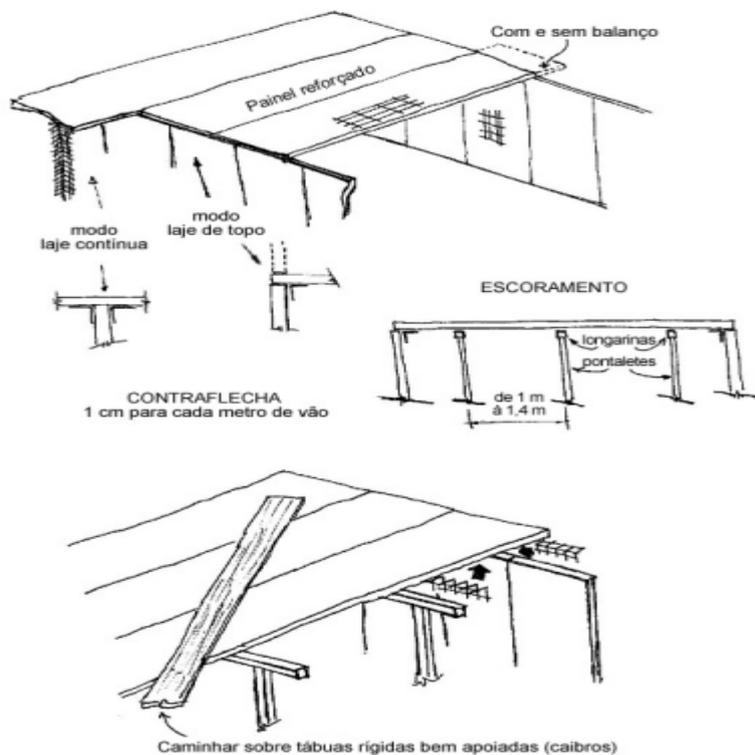
Paredes dos banheiros, cozinhas e áreas de serviços devem receber revestimento cerâmico até o teto. Para garantir uma melhor fixação, se faz necessária a utilização de argamassa colante aplicada com uma desempenadeira dentada. Para ambientes internos, é recomendado o uso de argamassa tipo AC-I e para ambientes molhados, que geralmente estão sujeitos a mudança de temperatura, ou ambientes externos, AC-II ou AC-III, o revestimento cerâmico em piso segue as mesmas recomendações. Sendo que essa impermeabilização deve ser realizada somente em áreas molhadas (Téchne, 2012).

### 2.3.7 COBERTURA

Para montagem de lajes e coberturas é importante seguir detalhadamente alguns passos essenciais para garantir durabilidade de segurança, como o posicionamento exato dos painéis e o posicionamento de armaduras de reforço. Os procedimentos podem mudar de acordo com as especificidades da laje, como por exemplo, se a laje possui beiral ou não. Também é de extrema importância garantir o escoramento apropriado da estrutura, assim como prever uma contra flecha. Orientações de segurança para caminhar sobre os painéis antes da concretagem, serão fornecidas para evitar acidentes e garantir a integridade estrutural (Figura 30). As lajes devem receber armaduras de reforço em ambos os lados a fim de garantir o melhor desenvolvimento da estrutura (Bertoldi, 2007).

O manual de Instruções Básicas para a Execução de Obras da empresa CASSAFORMA (2013), reforça a afinação da necessidade das armaduras serem instaladas corretamente na execução de montagem das lajes (Figura 31).

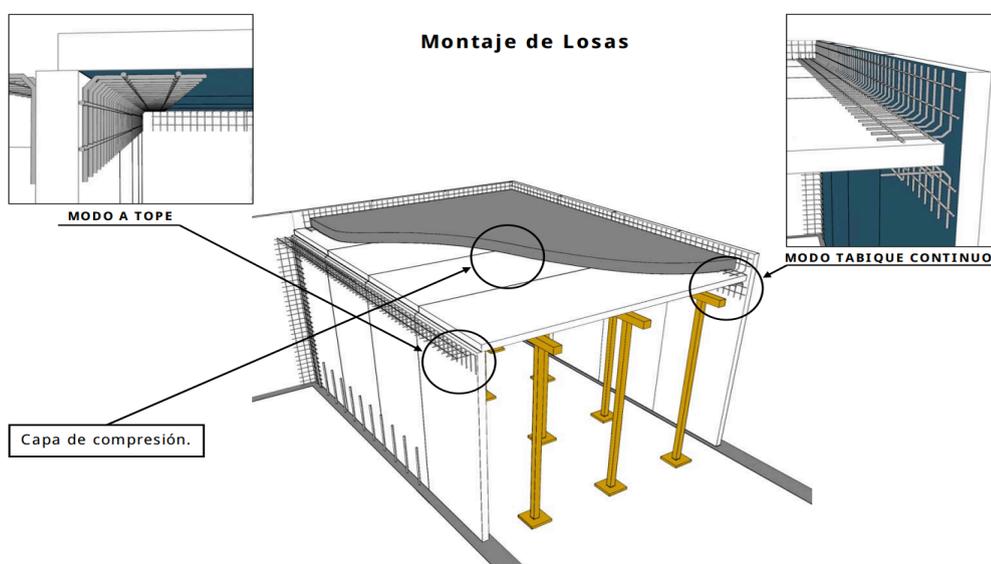
Figura 30: Montagem de lajes e coberturas



Fonte - CASSAFORMA s.d.

Figura 31: Laje com reforço

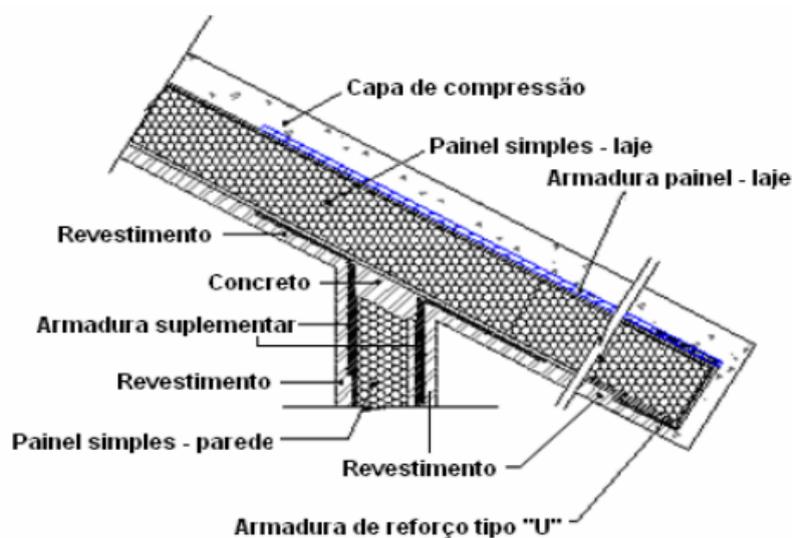
Montagem de lajes, para o modo de partição contínua e o 30 modo de topo.



Fonte - CASSAFORMA (2013).

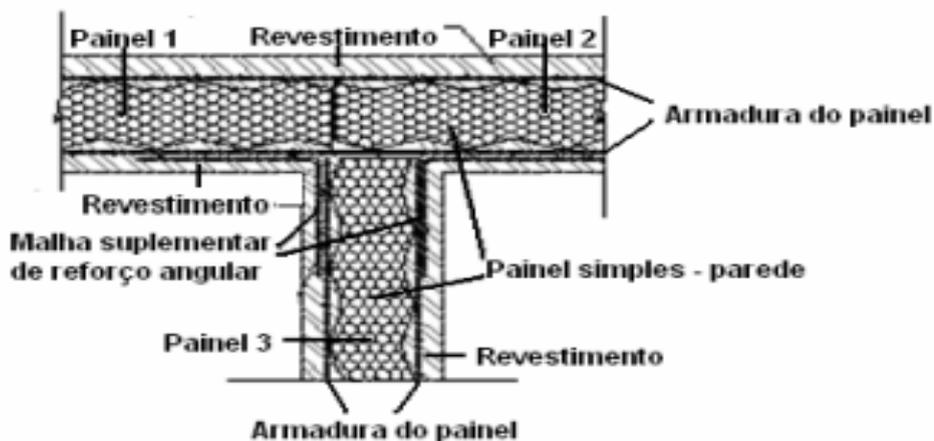
Ainda segundo Bertoldi (2007) as coberturas com lajes planas e inclinadas têm uma situação parecida à anterior, seus encontros devem obter malhas de reforço ao encontrar painéis (Figura 32). Por acontecer de várias formas os encontros podem assumir algumas características como: contínuos no topo, em forma de “L” ou perpendicular, em forma de um “T” (Figura 33).

Figura 32: Malhas de reforço nos encontros



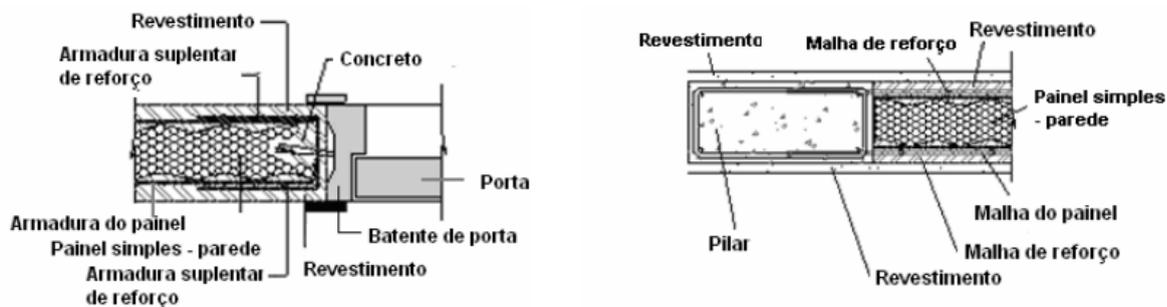
. Fonte - Fridulsa 2006.

Figura 33: Malhas de reforço em “T”



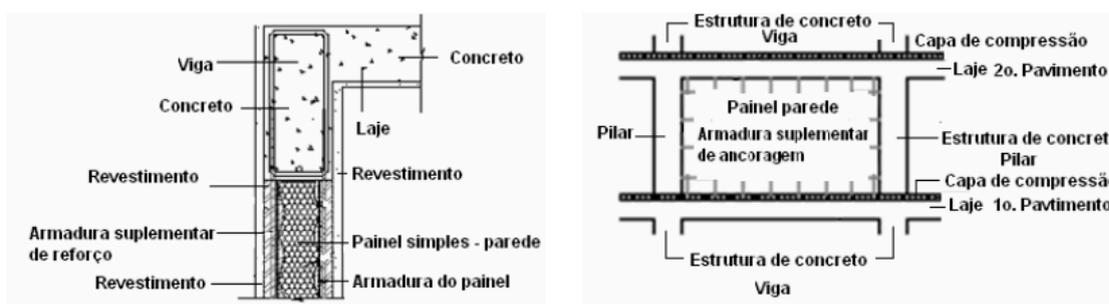
Fonte - Fridulsa 2006.

Figura 34: União parede, pilar e esquadria e União de painel parede com pilar



Fonte - Fridulsa 2006.

Figura 35: União de painel parede com viga do pavimento superior – vista em corte e União de parede de painéis com laje, pilares e viga – vista frontal



Fonte - Fridulsa 2006.

## 2.4 PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DO EPS

O EPS é um material que apresenta diversas características que implicam para que ele se torne uma excelente opção para a sua utilização no cenário de industrialização da construção civil. As principais características do poliestireno expandido (EPS) localizam-se descritos abaixo (Quadro 2).

Quadro 2 - Principais características do poliestireno expandido (EPS)

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Leveza	O EPS por ser um material plástico e que é basicamente constituído de vazios preenchidos por ar, proporciona uma diminuição no seu peso e, conseqüentemente, dos produtos que fazem seu uso. Devido a isso, dentro do canteiro de obras, os painéis monolíticos de EPS apresentam uma facilidade maior no seu manuseio, transporte e corte, sendo executado manualmente. Já o seu armazenamento, deve ser feito horizontalmente em pilhas com 20 painéis, no máximo, em um local higienizado e seco.
Versatilidade	O poliestireno expandido (EPS) é um material considerado muito versátil por conseguir ser moldado e conformado a depender das diferentes geometrias e necessidades para o seu uso.
Flamabilidade	Os painéis monolíticos são constituídos de um material auto-extinguível, evitando a propagação de incêndios. Assim, ele fornece um maior espaço de tempo para o escape em situação de acidentes.
Resistência mecânica	Mesmo com seu baixo peso, a resistência mecânica do EPS é alta. Com isso, quanto maior a massa específica do poliestireno expandido maior a resistência à compressão e menor a sua deformação (Siqueira, 2017, p. 25 apud Neto, 2008).
Condutividade térmica	Devido a sua formação e organização das células, que estão preenchidas de ar, ocorre a diminuição das trocas de calor. Sendo assim, o EPS irá fazer um papel de isolante térmico.
Durabilidade	O material estudado, EPS, possui uma alta durabilidade por ser um material inerte, não biodegradável, não ocorre nenhuma mudança quando entra em contato com a água ou o solo, não apresenta bolor nem apodrece e por não conter nenhum valor nutricional, ele não é alimento de microrganismo ou de animais.
Absorção de água	O EPS é considerado um material não higroscópico, assim, para que suas características sejam preservadas, como a sua leveza e suas propriedades mecânicas, a quantidade de água absorvida é mínima.
Impacto ambiental	Os painéis monolíticos de poliestireno expandido são inodoros e não contribuem para a contaminação do solo, da água e do ar; também, é um material de baixo impacto ambiental pelo fato de ser 100% reaproveitável e reciclável. Além disso, ao decorrer de uma obra ocorre uma redução significativa da quantidade de entulhos produzidos, pelo fato de ser um material pré-fabricado que é obtido de acordo com a necessidade do projeto, sem margem para desperdício.

Fonte: Autores (2024)

## 2.5 NORMATIZAÇÃO

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), fundada nos anos 40, é um órgão responsável pela elaboração e administração das normas brasileiras (NBR), na qual tem o objetivo de padronizar os processos para que haja a garantia da qualidade e segurança de determinado processo ou produto.

Para a execução deste trabalho, será apresentado, a seguir, um breve levantamento das normativas que tratam sobre a utilização do poliestireno expandido (EPS) na construção civil.

Quadro 3 - Descrição das normas do EPS.

NORMA		OBJETIVO
16866:2022	Poliestireno expandido (EPS) - Determinação das propriedades - Métodos de ensaios.	Esta Norma estabelece os métodos de ensaio para determinação das propriedades do poliestireno expandido (EPS) utilizado para qualquer fim.
11949:2007	Poliestireno expandido para isolamento térmica Determinação da massa específica aparente.	Esta Norma estabelece um método de ensaio para determinação da massa específica aparente de poliestireno expandido.
7973:2007	Poliestireno expandido para isolamento térmica Determinação de absorção de água.	Esta Norma especifica um método para determinação da absorção de água em poliestireno expandido para isolamento térmica.
8081:2015	Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmica - Permeabilidade ao vapor de água.	Esta Norma estabelece o método de ensaio para a determinação da permeabilidade ao vapor de água em espumas rígidas de poliuretano.
8082:2016	Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmica - Determinação da resistência à compressão.	Esta Norma especifica o método de ensaio para determinação da resistência à compressão em espumas rígidas de poliuretano.
12094:1991	Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmico - Determinação da condutividade térmica - Método de ensaio.	Esta Norma prescreve o método de determinação da condutividade térmica de espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmico, baseando-se na medição da fluxo de calor em regime permanente da

		temperaturas, através de corpos-de-prova com formata de placas planas nas e paralelas.
--	--	--

Fonte: Autores (2024)

Além dessas normas, temos a NBR 11948:2006 - Poliestireno expandido para isolamento térmica - Determinação da flamabilidade, no entanto ela foi cancelada e substituída pela NBR 16866:2022 - Poliestireno expandido (EPS) - Determinação das propriedades - Métodos de ensaios.

### 3. SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA CONVENCIONAL

#### 3.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

De acordo com Donati (2023), no Brasil, o sistema construtivo mais utilizado é o convencional, que faz uso de materiais simples como o cimento, aço e blocos cerâmicos e é caracterizado pela alta taxa de desperdício, baixa qualificação dos profissionais e mínima qualidade de obra.

A alvenaria convencional é constituída por construções feitas com as denominadas estruturas de fundação, em outros termos, com pilares e vigas de concreto reproduzidos e moldados através de formas de madeira e com vedação de blocos de cerâmica, nos quais são assentados com argamassa (Balbino, 2020).

A técnica construtiva em questão é de origem milenar e foi iniciada com uma simples sobreposição de materiais para alcançar uma finalidade específica. De certa forma, o sucesso desse método foi impulsionado, possivelmente, por uma economia mais estável e pela maior preocupação com a crescente competitividade do mercado. Entretanto, surgiu a necessidade de estratégias e elementos diferentes capazes de atender às carências que, até então, a alvenaria não supria (Balbino, 2020).

Em território nacional, o hábito do concreto armado foi desencadeado no começo do século XX e, sendo patenteado por empresas estrangeiras, costumava ser empregado em obras de viadutos e pontes; contudo, após 1930, começou a ser introduzido no âmbito geral das construções civis e combinado com os blocos até então empregados, em 1940, já havia sido normatizado pela ABNT, proporcionando mais segurança e confiança pelo senso geral (Balbino, 2020).

Segundo a Yanagawa Engenharia (2020), esse método construtivo tradicional proporciona grande flexibilização arquitetônica e permite variados tipos de construção, além disso, algumas outras vantagens desse sistema são:

- Fácil manutenção: como a estrutura se fundamenta em vigas e pilares, as manutenções podem ser feitas sem interferência na estrutura da construção;
- Construções alcançam grandes vãos: graças à utilização dos pilares, a distância entre vãos pode ser aumentada sem falhas na infraestrutura;
- Estrutura robusta: a estrutura em concreto armado torna viável a realização de grandes projetos, visto que a capacidade de carga é elevada.

Contudo, apesar dos pontos favoráveis, este modo de construção também apresenta desvantagens significativas como: alto custo, tempo elevado de execução e geração excessiva de resíduos e desperdícios.

## 3.2 PROCESSO CONSTRUTIVO

### 3.2.1 FUNDAÇÃO

A fundação tipo radier, que é comumente utilizada em casas de pequeno porte, (Figura 36) é uma alternativa amplamente utilizada em vários métodos construtivos, se destacando pela praticidade, pela distribuição uniforme das cargas no solo e pela economia. No método de alvenaria convencional, o radier se apresenta como uma base firme e regular que suporta alvenarias e as estruturas de uma edificação, fornecendo resistência e segurança, ainda que em terrenos de capacidade inferior de suporte. Contudo, no método construtivo com painéis monolíticos de EPS, o radier executa um papel essencial no desempenho estrutural, agindo de forma adequada para sustentar a leveza e as especificidades dos painéis, como o isolamento acústico, a eficiência térmica e a velocidade da montagem. Com isso, a fundação tipo radier engloba tanto projetos convencionais quanto em sistemas modernos como os painéis de EPS, garantindo que o processo seja aprimorado em termos de tempo e custo, sem deixar de lado a qualidade da obra.

Figura 36: Fundação superficial do tipo radier



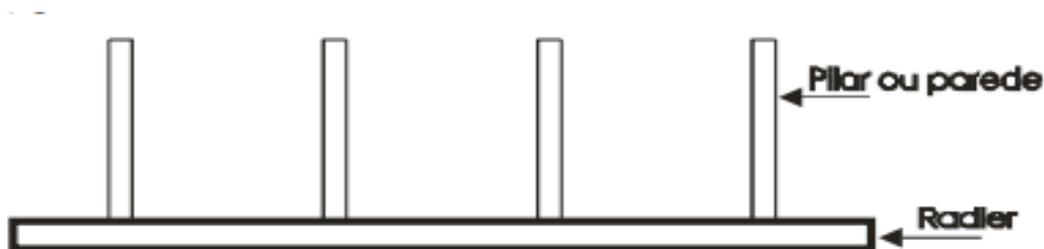
Fonte: APL (2016)

A fundação tipo radier se destaca pela agilidade de preparação e pela menor necessidade de mão de obra em paralelo aos demais tipos de fundações superficiais. Sua execução pode ser concluída em dois dias, ao passo que o método convencional como viga baldrame pode levar até 16 dias, por conta das etapas de escavação, compactação, concretagem e reaterro (Medeiros, 2017).

De acordo com Dória (2007) podemos classificar a fundação tipo radier em quatro categorias, classificam-se como lisos, com pedestais, nervurados e caixão, que se diferenciam em suas especificidades o que as tornam adequadas para diferentes tipos de projetos e condições de solos. Essas características podem ter variações como a espessura, reforço estrutural, método de execução e utilização. Esses radiers são projetados com espessuras que variam de 0,15 m a 2,00 m, permitindo sua adaptação a diversos tipos de cargas e condições de solo.

- Radiers lisos (Figura 37) - Os radiers lisos são fundações simples, com uma estrutura plana e sem reforços, geralmente usados em terrenos com boa capacidade de carga e para construções de pequeno porte. Sua espessura é fina, variando entre 0,15 m e 0,30 m, e sua principal vantagem é a facilidade e rapidez na execução, sendo uma solução econômica e eficiente para cargas leves.

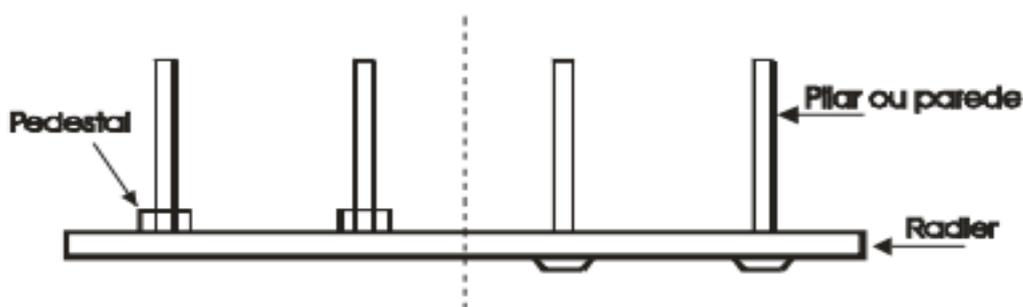
Figura 37: Radier liso.



Fonte: Dória (2007)

- Rádiers com pedestais (Figura 38) - amplia a espessura nos pilares e reforça a resistência à flexão e aos esforços cortantes. Os pedestais se classificam como superior e inferior, sendo que os inferiores fornecem a vantagem de serem executados durante a escavação e isso possibilita que a superfície se mantenha lisa e uniforme.

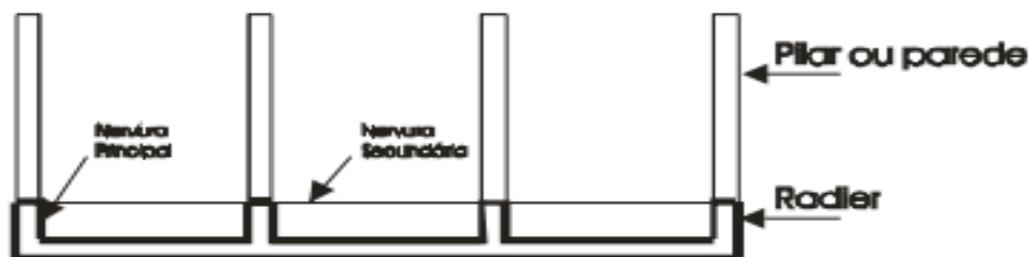
Figura 38: Radier com pedestais.



Fonte: Dória (2007)

- Rádiers nervurados (Figura 39) - A execução do radier com nervura secundárias e principais colocadas sobre os pilares, podendo ser inferiores ou superiores. Quando as nervuras forem inferiores, devem ser construídas sobre a escavação, já nas superiores é necessário a colocação de agregados para deixar a superfície do piso plana.

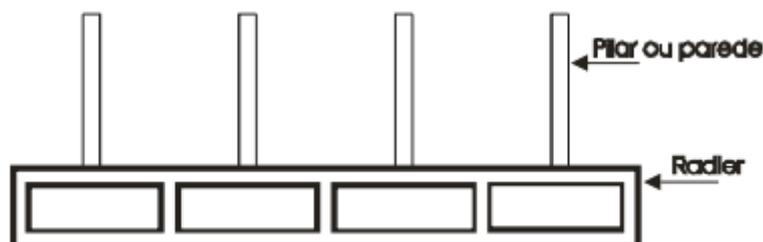
Figura 39: Radiers nervurados



Fonte: Dória (2007)

- Radiers em caixão (Figura 40) - São geralmente utilizados com o intuito de gerar mais rigidez e poder ser efetuados com vários pisos.

Figura 40: Radiers em caixão



Fonte: Dória (2007)

### 3.2.2 ALVENARIA DE VEDAÇÃO

O sistema de alvenaria pode ser estrutural (Figura 41) e de vedação, o mais convencional (Figura 42); esse é composto por blocos cerâmicos unidos por argamassa formando o conjunto de paredes, onde estabelece a divisão dos ambientes internos e externos, fazendo o papel de isolamento interno com o espaço externo da edificação, além da proteção térmica e acústica. A alvenaria de vedação não é um sistema autoportante, por precisar de elementos estruturais, como as

vigas, pilares e lajes de concreto armado, para conseguir resistir às cargas e transferi-las para o solo.

Figura 41: Alvenaria estrutural



Fonte: Autores 2024

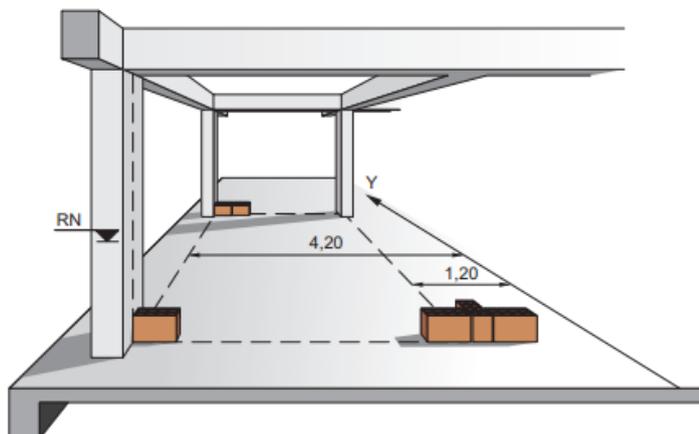
Figura 42: Alvenaria de vedação



Fonte: Autores 2024

O processo de fabricação da alvenaria inicia-se com a marcação da primeira fiada de tijolos, onde, no projeto arquitetônico já irá mostrar os pontos básicos para orientação. Segundo o Código de Práticas nº 1 - Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos (2009), indica-se começar a marcação dos eixos das paredes pelas externas e depois as paredes internas, verificando os esquadros e, logo após, deve-se iniciar o assentamento pelos cantos principais, como extremidades das paredes e vãos; ou pelas ligações com algum elemento da edificação.

Figura 43: Marcação da primeira fiada a partir dos eixos de referência



Fonte: Código de Práticas nº 1 - Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos (2009)

Ao decorrer da obra, as fiadas serão assentadas de uma forma que as juntas verticais fiquem descontínuas ou, se houver a necessidade, de forma contínua com a utilização de armaduras longitudinais, na argamassa de assentamento. Os blocos das fiadas seguintes serão aprumados e nivelados de acordo com os da primeira fiada, com o uso do escantilhão como guia das juntas horizontais e uma linha esticada como guia para garantir a horizontalidade (NBR 8545, 1984).

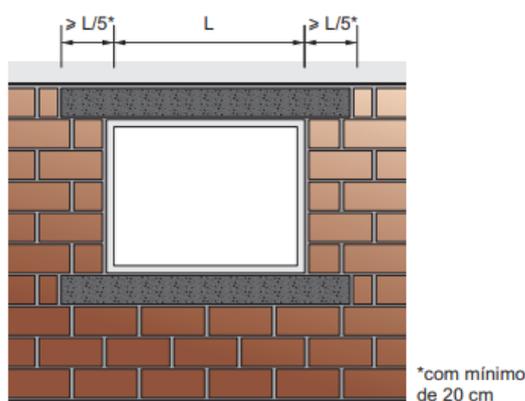
Ao final do levantamento das alvenarias deve-se ter um espaço para fazer a fixação (“encunhamento”) com as lajes ou vigas, tornando-se um tipo de “colchão deformável”, onde, irá receber alguns esforços e deformações estruturais que seriam propagados para as paredes (Código de Práticas nº 1 - Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos, 2009). O encunhamento pode ser executado de várias formas, como argamassa industrializada com aditivo expensor, cunhas de concreto pré-fabricadas, tijolos de barro maciço ou em casos de estruturas propícias a grandes deformações, paredes enfraquecidas por causa de aberturas ou muito extensas aconselha-se a utilização da poliuretano expandido ou “massa podre” com esferas de EPS (poliestireno expandido), por serem ligações mais flexíveis.

### 3.2.3 ESQUADRIAS

Durante a execução das paredes é preciso prever a localização dos vãos, de acordo com o projeto, onde levará em conta as dimensões das esquadrias e seu tipo de fixação, além das as vergas, contravergas e contramarcos, se necessário.

Para que haja essas aberturas é necessário colocar vergas e contravergas, estruturas que podem ser de concreto, metal ou até mesmo de madeira, para que tenha a diminuição das chances de fissuras e rachaduras. Nas esquadrias de portas deve-se ter a verga, componente estrutural superior ao vão, já, nas janelas é preciso colocar além das vergas, as contravergas, componente estrutural inferior as aberturas; eles têm como função a redistribuição das cargas para as regiões adjacentes.

Figura 44: Vergas e contravergas no contorno de vãos de janelas



Fonte: Código de Práticas nº 1 - Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos(2009)

### 3.2.4 IMPERMEABILIZAÇÃO

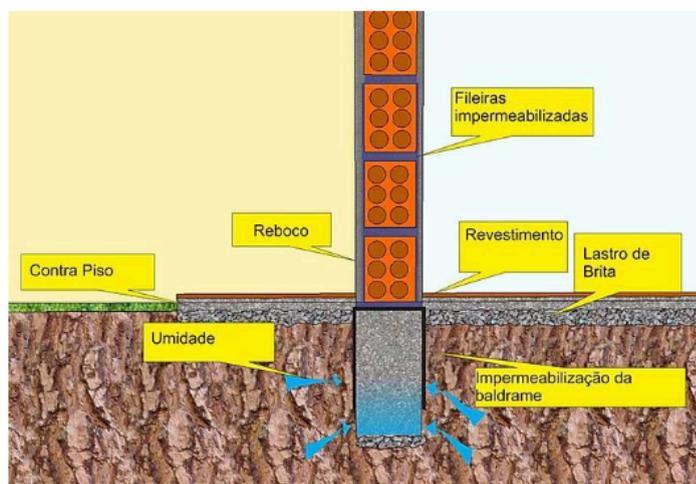
A impermeabilização consiste na proteção de uma construção contra a infiltração de água no estado líquido ou de vapor, atribuindo estanqueidade aos elementos construtivos. Neste processo, os principais materiais empregados são os betuminosos ou poliméricos (Donati, 2023).

Quando utilizado o método de alvenaria convencional, faz-se necessária a impermeabilização de determinados elementos, a exemplo da fundação (viga baldrame), base das paredes de vedação e do contrapiso. Vale pontuar que, a não impermeabilização da fundação é uma das possíveis causas das manchas de mofo ou umidade nas paredes, o que sugere a ocorrência de umidade ascendente do solo (Balbino, 2020).

Em vigas baldrames, pode ser empregada a impermeabilização rígida, em que não podem existir deformações que levem ao aparecimento de fissuras ou a impermeabilização flexível, que suporta mais deformações e demonstra

desempenho mais satisfatório (Balbino, 2020). Ademais, é aconselhada também a aplicação de produto impermeabilizante cimentício até a terceira fiada de tijolos (Figura 45) e nas áreas molhadas sobre o contrapiso e com altura de 20 a 30 cm nas paredes (Rs Engenharia, 2019 apud Balbino, 2020).

Figura 45: Impermeabilização do baldrame e 3 fiadas da alvenaria



Fonte: Rs Engenharia, 2019 apud Balbino, 2020

### 3.2.5 REVESTIMENTOS

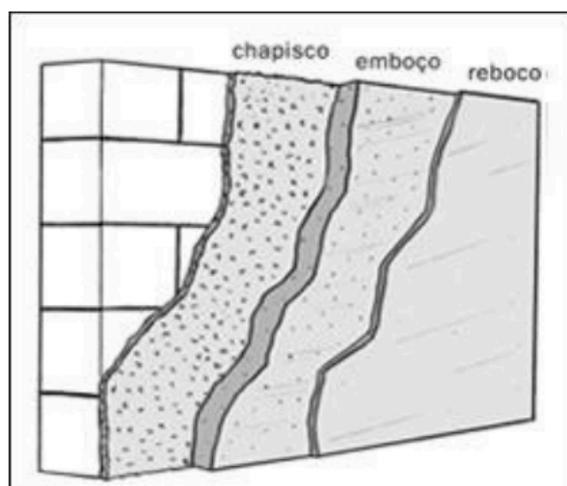
Atualmente, há uma variedade de opções de revestimentos que as construções podem receber, dentre os quais, estão: revestimentos cerâmicos, argamassas, gessos, pinturas, texturas, mármore, etc. Para a realização do comparativo entre sistemas construtivos, vale pontuar os revestimentos de paredes e de pisos (Balbino, 2020).

No sistema construtivo com alvenaria de blocos cerâmicos, os revestimentos preliminares nas paredes de alvenaria são executados por meio da aplicação de argamassa. As argamassas são constituídas por água, agregados miúdos (areia) e aglomerante (cimento), podendo ou não haver adição de cal hidratada, resultando em aderência e endurecimento (Nolla, 2022). Vale ressaltar que este composto é empregado de acordo com funções específicas: argamassa de aderência, usada para chapisco; argamassa de regularização, utilizada no emboço; e argamassa de acabamento, empregada no reboco (Balbino, 2020).

As etapas dos revestimentos argamassados são: chapisco, emboço e reboco (Figura 46), em que:

- Chapisco: constitui a camada inicial de argamassa aplicada sobre a alvenaria e é responsável pela formação de uma superfície áspera o suficiente para que haja maior aderência à camada seguinte (Pereira, 2018 apud Balbino, 2020);
- Emboço: deve regularizar e corrigir imperfeições da alvenaria. Com espessura média de 2 cm, esta etapa é executada após a cura da camada anterior – chapisco – e as tubulações são embutidas e a cobertura finalizada (Nolla, 2022);
- Reboco: com espessura de 2 mm até 5 mm, esta camada visa dar o acabamento final à alvenaria (Nolla, 2022).

Figura 46: Camadas dos revestimentos argamassados



Fonte: Nolla (2022)

A NBR 7200 (1998) é a responsável pelo estabelecimento do cronograma de execução do revestimento em argamassa a seguir:

- Após a execução das alvenarias estruturais não armadas ou alvenaria de vedação, deve-se aguardar no mínimo 14 dias para a execução do chapisco. Para uma estrutura de concreto ou alvenaria estrutural armada, deve-se esperar pelo menos 28 dias;
- Após a execução do chapisco, faz-se preciso respeitar um prazo mínimo de 3 dias para a execução do emboço;
- No que diz respeito ao emboço, se houver a adição de cal, é necessário esperar 21 dias para a aplicação da próxima camada. Se for executado com argamassa mista ou hidráulica, o prazo mínimo é de 7 dias;

- Por fim, o reboco deve ser realizado e faz-se preciso aguardar no mínimo 21 dias do revestimento pronto para que haja a cura completa das camadas e, assim, possa ser executado o acabamento decorativo (Balbino, 2020).

O processo de pintura se dá quando o revestimento já se encontra seco. Ademais, a aplicação de revestimentos não argamassados como porcelanatos e cerâmicas ocorre sobre o emboço após a sua cura e, no assentamento, devem ser executadas juntas de dilatação (Nolla, 2022).

No que diz respeito ao revestimento de piso de uma edificação, o processo inicial é o contrapiso, que visa a regularização da superfície para o recebimento do piso de acabamento final e auxilia para que o piso final cumpra suas funções, principalmente no que tange ao aumento da resistência do conjunto de contrapiso e piso. Pode-se afirmar que, para o acabamento do piso, o contrapiso apresenta função similar à do emboço no acabamento da parede (Balbino, 2017).

### 3.2.6 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDROSSANITÁRIAS

As instalações de tubos hidráulicos e eletrodutos no sistema de alvenaria convencional necessitam de atenção na escolha dos materiais e na execução, para garantir a durabilidade e o funcionamento. Os eletrodutos, devem ser dimensionados de acordo com a proporção de fios que irão suportar para evitar sobrecargas e facilitar manutenções. Em paralelo a isso, os tubos hidráulicos necessitam que os líquidos sejam levados em consideração, é preciso levar em consideração a pressão e a demanda do sistema, garantindo a eficiência no fornecimento de água e escoamento de esgoto. Os dois são incorporados nas paredes, com “rasgos” efetuados na alvenaria, respeitando as normas técnicas e com as distâncias mínimas entre sistemas elétricos e hidráulicos para evitar interferências.

Neu (2014), especifica que existem vantagens e desvantagem da utilização das instalações no sistema construtivo convencional, entre os aspectos negativos, se destaca a geração de entulho e o desperdício de materiais no decorrer da execução da vedação com paredes de alvenaria de blocos cerâmicos. Isso acontece porque, para que a instalação do sistema elétrico e hidráulico aconteça é necessário fazer cortes ou “rasgos” nas paredes para encaixar as tubulações (Figura 47 a 48).

Figura 47: Desperdício de material e rasgo na alvenaria.



Fonte: NEU (2014)

Figura 48: Tubulações de esgoto e água na parede.



Fonte: Steel frame brasil (2018)

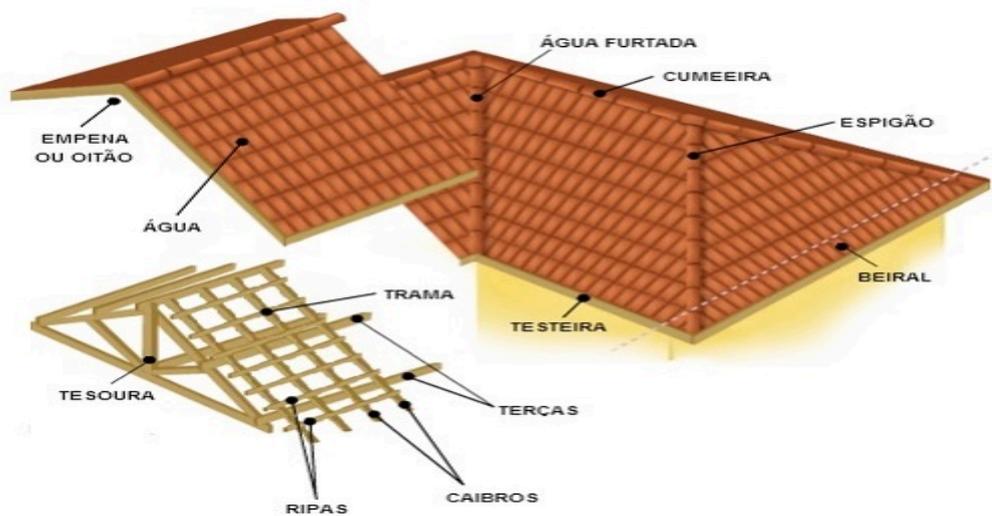
Por isso, se passa muito tempo para que essa etapa seja concluída, pois após os “rasgos” é necessário fazer remendos com cimento para preencher os vazios gerados, tornando o processo mais demorado e trabalhoso.

### 3.2.7 COBERTURA

A cobertura de uma edificação desempenha um papel essencial para proteção da construção, elas são responsáveis por garantir a segurança e o conforto dos moradores. Ela atua como uma barreira contra intempéries, como chuva, vento

e sol, evitando danos à estrutura e garantindo a integridade das edificações (Azeredo, 1997 apud Nolla, 2022).

Figura 49: Partes constituintes de um telhado



Fonte: ENGENHARIA E (2024)

## 4. ESTUDOS DE CASO

Esta seção apresenta o referencial empírico, trazendo estudos de projetos arquitetônicos para entender, a partir de projetos documentados, o que já foi desenvolvido no levantamento bibliográfico. Além disso, busca-se acrescentar novas informações ainda não levantadas e ajudar no desenvolvimento do trabalho, com base nas observações das referências projetuais.

Os estudos serão feitos indiretamente, através de estudos de casos de outros trabalhos de conclusão de curso que comparassem os sistemas construtivos de painéis de EPS e alvenaria convencional. Cada estudo será analisado sobre os mesmos princípios, que nortearão as análises, como: programa de necessidades, sistema estrutural, sistema construtivo e custo.

### 4.1 ESTUDOS INDIRETOS

Os estudos indiretos são a casa A (estudo de Balbino, 2020), casa B (estudo de Garcia, 2009), todos situados na região nordeste, se diferenciando, principalmente, em relação à localização e à tipologia. O primeiro situa-se na Paraíba e é um projeto unifamiliar de baixa renda e o segundo no condomínio Busca Vida, Camaçari-Ba, sendo uma residência de alto padrão. Os dois projetos atendem simultaneamente o perfil de projeto residencial que faz a utilização dos painéis monolíticos de EPS como sistema construtivo,

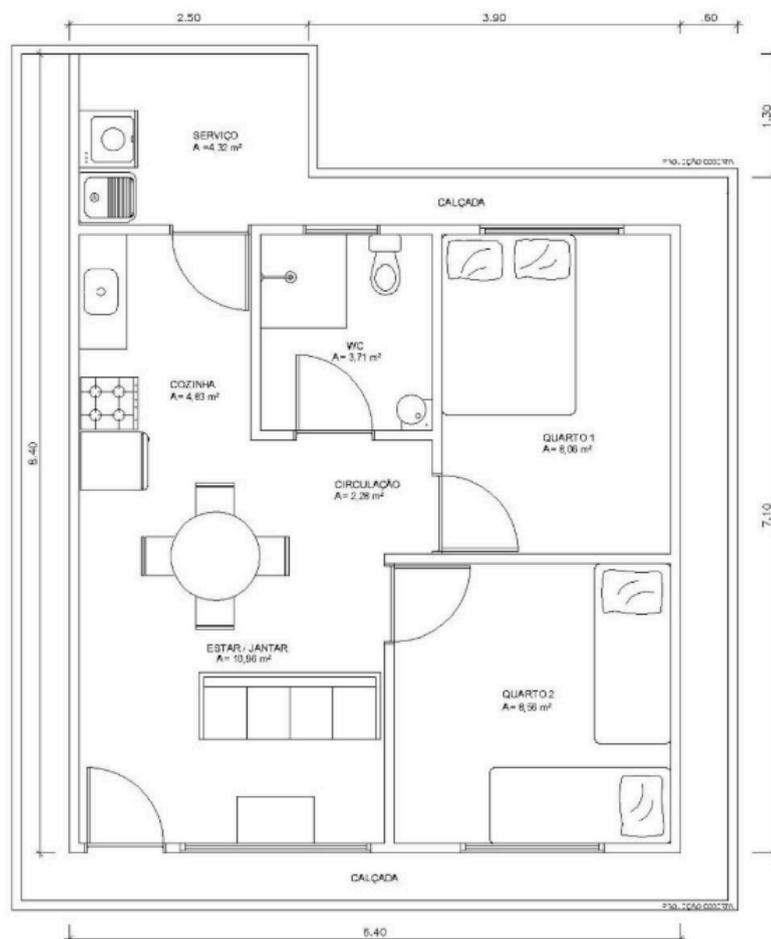
#### 4.1.1 CASA A

Ao decorrer do seu trabalho de conclusão de curso, “Sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS: uma solução para a construção de habitações populares no Brasil”, Balbino (2020) apresentou uma análise comparativa entre o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS e o sistema convencional de blocos cerâmicos, tendo como um dos recortes a viabilidade financeira entre eles. Com isso, foi desenvolvido um projeto arquitetônico, no qual tem como objetivo demonstrar como a utilização de inovações tecnológicas na construção pode melhorar as habitações de baixa renda, casas populares, e a viabilidade do emprego do sistema monolítico.

A edificação é caracterizada como uma habitação unifamiliar de padrão popular, com um total de 46,80 m<sup>2</sup> de área construída e um pé direito de 3,00 m.

Além de ser composta por uma sala de estar e jantar, dois quartos, cozinha, circulação, banheiro social e área de serviço. Na sua cobertura foi utilizado telhas termoacústicas no modelo colonial de 1,00 m de comprimento, por motivos de conforto térmico.

Figura 50: Layout da residência da casa A



Fonte: Balbino (2020)

A partir de então, para executar essa análise comparativa foi feito o levantamento quantitativo dos materiais, de acordo com os projetos, e, em seguida, dos custos de execução, com base na tabela SINAP (Sistema Nacional de Pesquisas de Custos e Índices da Construção Civil), de junho de 2020 para o estado da Paraíba.

Tabela 2: Estimativa de custos para construção da casa A

ETAPA	MÉTODO CONVENCIONAL		MÉTODO EM PAINÉIS DE EPS		DIFERENÇA DE CUSTO (%)
	CUSTO	%	CUSTO	%	
Infraestrutura	R\$ 11.039,82	22,34%	R\$ 3.390,15	10%	-76,49%
Superestrutura e paredes	R\$ 7.874,71	15,93%	R\$ 5.016,04	14%	-28,58%
Esquadrias	R\$ 6.007,30	12,16%	R\$ 5.827,08	17%	-1,80%
Cobertura	R\$ 9.943,47	20,12%	R\$ 9.943,47	28,39%	0,00%
Impermeabilização	R\$ 520,66	1,05%	R\$ 324,35	0,93%	-1,93%
Revestimentos	R\$ 2.953,85	5,98%	R\$ 1.413,64	4,04%	-15,40%
Instalações	R\$ 11.081,95	22,42%	R\$ 9.107,69	26,01%	-19,74%
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 49.421,77</b>	<b>100%</b>	<b>R\$ 35.022,43</b>	<b>100%</b>	<b>29,13%</b>

Fonte: Autores, 2024, adaptação de Balbino, 2020

Diante desses resultados das estimativas de custos, Balbino (2020) constatou a redução de 29,13% dos custos na construção com painéis monolíticos de EPS, onde os custos na etapa da infraestrutura são os que mais influenciam nessa diferença do preço total. Além disso, no método monolítico, as instalações elétricas e hidráulicas, necessitam de menos mão de obra e geram menos desperdício devido ao planejamento prévio e por serem realizadas antes da aplicação da argamassa; já na instalação das esquadrias torna-se mais eficiente por conta da rápida fixação.

Por fim, para a execução de apenas uma habitação obtém-se uma economia de R\$ 14.399,34 e assim gerando um benefício atraente para a construção de um conjunto habitacional popular, pois além da diminuição dos gastos, terá uma eficiência construtiva superior ao sistema convencional, uma vez que a montagem dos painéis é realizada em poucas horas, enquanto a fabricação de paredes de blocos cerâmicos, vigas e pilares podem levar dias.

#### 4.1.2 CASA B

Em sua Monografia, Garcia (2009) apresenta uma análise comparativa detalhada entre métodos construtivos utilizados na construção civil, sendo o método monolite e o método convencional. A análise teve como objetivo investigar os custos de produção das edificações, incluindo materiais e mão de obra, e foi executada a partir de uma construção que utilizou o método monolite (Figura 51 a 52) construída

pela empresa Refran, no Condomínio Laguna Sol Residence, Lote C, n ° 09, Busca Vida, município de Camaçari-BA (Figuras 53 e 54) tendo 361,66m<sup>2</sup> de área total, dividida em 240,82m<sup>2</sup> de terreno e 120,84m<sup>2</sup> no segundo piso. A habitação contém 2 Salas de estar, 3 suítes, 2 banheiros, área de lazer, 1 cozinha e 1 quiosque .

Esse estudo foi desenvolvido com base no projeto arquitetônico da casa (ANEXO A), logo após foi desenvolvido um quantitativo levando em consideração tanto os painéis de EPS quanto o método convencional.

Figura 51 e 52: Construção em monolite



Fonte: FRAN apud GARCIA, 2009.

Figuras 53 e 54: Casa construída



Fonte: FRAN apud GARCIA, 2007.

#### 4.1.2.1 METODOLOGIA DO ESTUDO

A caracterização dos métodos construtivos foi realizada com base em dois sistemas: o método monolite e o método convencional. O método monolite, descrito por Garcia (2009).

A análise comparativa dos métodos considerou diversos critérios. No quesito custo de materiais, foram utilizados valores médios fornecidos pelo Sinduscon-BA e orçamentos de lojas da região metropolitana de Salvador, referentes ao segundo semestre de 2009. Embora Garcia (2009) não tenha especificado o número de horas/homem, ele destacou que o método monolite exige menor demanda de tempo, reduzindo, assim, os custos gerais de mão de obra. O estudo também considerou características do terreno, utilizando como base um solo composto de areia e argila siltosa, com lençol freático a 120 cm da superfície, fatores que foram importantes no dimensionamento estrutural. O telhado foi excluído da análise comparativa de custos, pois ambos os métodos utilizam o mesmo sistema, mas foi considerado no dimensionamento estrutural do método convencional.

Os resultados apresentados indicam vantagens econômicas e operacionais significativas do método monolite em relação ao convencional. Quanto à redução de custos, a construção pelo método monolite mostrou-se mais econômica, devido à eficiência no uso de materiais e à diminuição do tempo de execução, reduzindo diretamente os custos de mão de obra. No que diz respeito à rapidez e eficiência, o tempo de construção foi consideravelmente menor no método monolite, fator crucial em obras com prazos curtos, como projetos comerciais ou habitacionais de larga escala.

No impacto estrutural, a leveza dos materiais do método monolite resultou em uma menor necessidade de reforço estrutural, contribuindo para a economia em fundações e estruturas complementares. Em termos de viabilidade econômica, o estudo apontou o método monolite como uma alternativa viável, principalmente em projetos que priorizam custo-benefício e sustentabilidade, já que o EPS utilizado pode ser reciclado.

Apesar das vantagens, algumas reflexões e considerações são necessárias. A eficiência do método monolite ainda não é amplamente difundida no Brasil, o que pode dificultar o acesso a materiais e mão de obra qualificada, especialmente em regiões menos industrializadas. Além disso, as condições locais, como a logística de transporte dos painéis de EPS e a disponibilidade de fornecedores, devem ser levadas em conta na escolha do método.

Em conclusão, o estudo realizado por Garcia (2009) evidencia que o avanço em tecnologias construtivas é essencial para atender às demandas do mercado, que busca soluções mais rápidas, econômicas e sustentáveis. No entanto, a escolha do

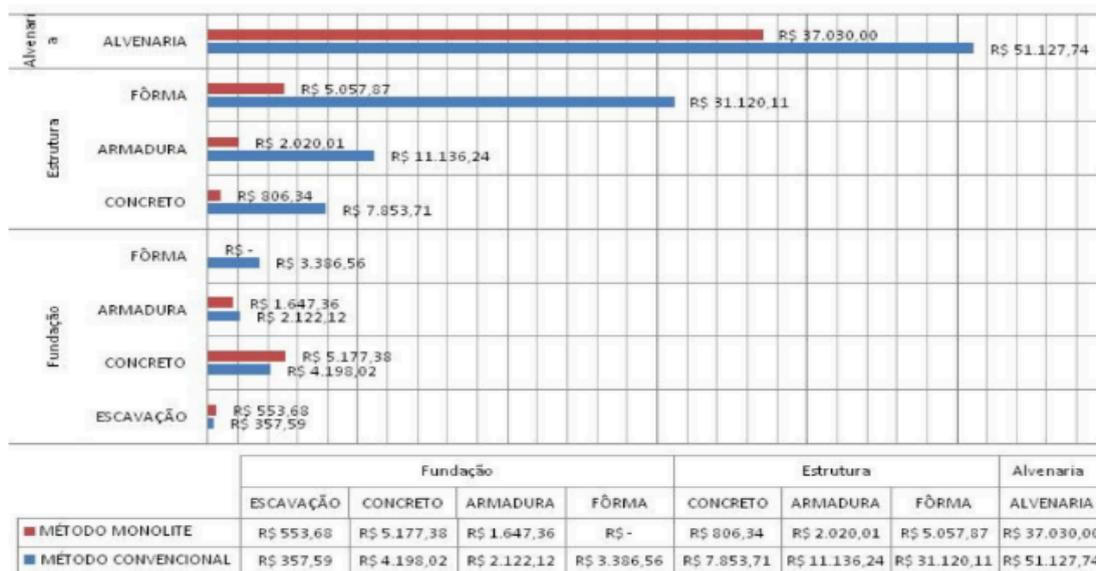
método deve ser analisada com cautela, considerando as especificidades de cada projeto.

Tabela 3: Comparativo de custo

ESPECIFICAÇÃO DO SERVIÇO	UNI.	MÉTODO CONVENCIONAL	MÉTODO MONOLITE	DIFERENÇA (%)
		R\$ TOTAL	R\$ TOTAL	R\$ TOTAL
<b>Fundação</b>			<i>Média</i>	<b>-26%</b>
ESCAVAÇÃO	m3	R\$ 357,59	R\$ 553,68	55%
CONCRETO	m3	R\$ 4.198,02	R\$ 5.177,38	23%
ARMADURA	kg	R\$ 2.122,12	R\$ 1.647,36	-22%
FÔRMA	m2	R\$ 3.386,56	R\$ -	-100%
<b>Estrutura</b>			<i>Média</i>	<b>-85%</b>
CONCRETO	m3	R\$ 7.853,71	R\$ 806,34	-90%
ARMADURA	kg	R\$ 11.136,24	R\$ 2.020,01	-82%
FÔRMA	m2	R\$ 31.120,11	R\$ 5.057,87	-84%
<b>Alvenaria</b>			<i>Média</i>	<b>-28%</b>
ALVENARIA	m2	R\$ 51.127,74	R\$ 37.030,00	-28%
<b>TOTAL dos serviços e materiais para executar os itens estruturais (fundação, vigas, pilares e lajes) da edificação</b>		<b>R\$ 163.199,47</b>	<b>R\$ 100.491,36</b>	<b>-36%</b>

Fonte: GARCIA (2009)

Gráfico 1: Gráfico comparativo dos custos.



Fonte: GARCIA (2009)

## 4.2 COMPILAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO

### 4.2.1 COMPARAÇÃO

A partir da análise indireta das referências projetuais, foram identificados os principais aspectos positivos e negativos de cada método construtivo, estabelecendo sua relação com os conceitos fundamentados na revisão bibliográfica sobre os sistemas. Para fins comparativos, a tabela 4 apresenta uma comparação sistemática dos elementos mais relevantes de cada estudo.

Tabela 4: Resumo dos estudos de caso

PROJETO		CASA A		CASA B	
		Balbino, 2020		Garcia, 2009	
DESCRIÇÃO	Localização	Paraíba		Busca Vida, Camaçari - BA	
	Tipologia	Popular		Alto padrão	
	Área construída	46,80 m <sup>2</sup>		361,66m <sup>2</sup>	
PROGRAMA DE NECESSIDADES	Programa	Sala de estar/jantar, dois quartos, cozinha, circulação, banheiro social e área de serviço		2 Salas de estar, 3 suítes, 2 banheiros, área de lazer, 1 cozinha e 1 quiosque	
	Nº de pav.	1		2	
SISTEMA ESTRUTURAL	Fundação	-		Estaca	
	Sistema estrutural	Painéis monolíticos de EPS	Concreto armado	Painéis monolíticos de EPS	Concreto armado
SISTEMA CONSTRUTIVO	Sistema de vedação	Painéis monolíticos de EPS	Blocos cerâmico	Painéis monolíticos de EPS	Blocos cerâmico
CUSTO	Total	R\$ 35.022,43	R\$ 49.421,77	R\$ 100.491,36	R\$ 163.199,47
	Custo/m <sup>2</sup>	R\$ 748,34	R\$ 1.056,02	R\$ 277,86	R\$ 451,25
	Redução (%)	29,13%		38,42%	

Fonte: Autores, 2024

Ao analisar a casa A, com área equivalente a 46,80m<sup>2</sup>, torna-se evidente como o uso de painéis monolíticos de EPS proporciona uma economia significativa. Dessa maneira, o custo de R\$748,34 por m<sup>2</sup> reflete tanto o uso de um material mais econômico, quanto a agilidade e eficiência do método, visto que há uma redução no tempo de execução e na demanda de mão de obra, resultando em um custo total de R\$35.022,43 e redução de 29,13% quando comparado com o orçamento para concreto armado e blocos cerâmicos. Na casa B, cuja área construída corresponde a 361,66m<sup>2</sup>, o orçamento do sistema monolítico apresenta uma diminuição de 38,42% em relação ao método convencional. Além disso, o sistema de alvenaria em blocos cerâmicos exige maior consumo de recursos naturais e mais tempo de execução, aspectos que o tornam menos sustentável e eficiente em relação ao EPS.

Em geral, os painéis de EPS apresentam-se como uma solução mais econômica, abrangendo agilidade e sustentabilidade. A tabela demonstra que, embora o sistema convencional de concreto armado e blocos cerâmicos sejam vantajosos para obras maiores, os painéis de EPS se destacam no que diz respeito ao custo total e impacto ambiental. O comparativo evidenciou também que, ao utilizar o método convencional, a casa A apresenta maior custo por m<sup>2</sup> quando comparada à casa B, o que comprova que, em projetos de menor porte, a adoção de sistemas tradicionais pode não ser a melhor escolha. Portanto, o uso dos painéis de EPS surge como uma alternativa inteligente para aqueles que buscam uma construção eficiente, econômica e sustentável.

## 5. CONCLUSÃO

Ao analisar o uso dos painéis monolíticos de EPS no cenário construtivo nordestino, tornou-se evidente a importância desse método como uma alternativa viável ao método tradicional de alvenaria cerâmica e concreto armado. Ainda que tenha se consolidado no Brasil, o método convencional apresenta limitações como o elevado índice de desperdício de materiais, impacto ambiental negativo e maior tempo de execução.

Nesse contexto, a pergunta de pesquisa “Quais as vantagens e os desafios competitivos apresentados pelos painéis monolíticos a fim de motivar a substituição dos métodos convencionais?” norteou o estudo, permitindo explorar as potencialidades e as barreiras dessa tecnologia. Com base nos dados levantados, verificou-se que, embora existam desafios relacionados à aceitação cultural e à falta de padronização, os benefícios do sistema são significativos e atraentes para o mercado atual.

Dessa forma, devido a leveza, versatilidade, baixo impacto ambiental e eficiência térmica e acústica, os painéis de EPS se apresentam como uma solução prática e sustentável. A composição modular e pré-fabricada do material facilita o transporte e o manuseio, bem como reduz a geração de resíduos ao decorrer do processo de execução. Além disso, esse sistema é caracterizado pela rápida execução, eficiência energética e menor necessidade de mão de obra especializada.

Entretanto, na etapa de estudo e revisão bibliográfica, foi possível observar uma significativa dificuldade em acessar bibliografias específicas sobre o sistema construtivo. A escassez de normas de padronização e a limitação de informações em fontes confiáveis, como livros e artigos científicos, obrigaram os pesquisadores a recorrer, também, a sites e catálogos fornecidos por fabricantes, fator que restringiu o aprofundamento técnico.

Os objetivos do trabalho buscaram identificar os benefícios e desafios do uso do método e suas propriedades. Em especial, foi possível comparar o tempo de execução e o custo-benefício de obras que utilizam métodos tradicionais com aquelas que empregam o sistema alternativo. Essa análise demonstrou que o uso do EPS pode proporcionar maior agilidade no cronograma de obras e economia de recursos, o que o torna atrativo não apenas do ponto de vista econômico, mas também ambiental.

Na análise de custo, o uso dos painéis monolíticos de EPS demonstrou significativa redução em projetos de diferentes portes. Na casa A, de menor dimensão, foi observada uma economia de 29,13% em comparação ao método convencional de concreto armado e blocos cerâmicos, destacando-se a eficiência do sistema em construções menores. Já na casa B, de porte maior, a redução alcançou 38,42%, evidenciando que o EPS se mostra vantajoso tanto pela redução orçamentária quanto pela menor demanda de mão de obra e diminuição do tempo de execução. Em ambos os casos, o sistema convencional apresentou maior consumo de recursos naturais e tempo de execução, reforçando a superioridade do EPS em termos de sustentabilidade e custo-benefício.

Dado o contexto atual do setor da construção civil no Brasil, torna-se relevante a implementação mais ampla dos painéis monolíticos de EPS. Suas vantagens evidenciam que este sistema pode contribuir para modernizar a construção civil no país, alinhando-a às demandas contemporâneas por sustentabilidade e racionalização de recursos. É fundamental, entretanto, superar as barreiras culturais e técnicas que ainda limitam sua adoção, por meio de políticas públicas, capacitação técnica e disseminação de informações confiáveis sobre sua aplicação.

Portanto, o estudo reforça a importância de valorizar e promover sistemas construtivos mais eficientes e sustentáveis no contexto de um setor que busca se adaptar aos desafios ambientais e econômicos do futuro.

## 6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8082. Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmico – Determinação da resistência à compressão – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 8081. Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmico – Permeabilidade ao vapor de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12094. Espuma rígida de poliuretano para fins de isolamento térmico – Determinação da condutividade térmica – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16866. Poliestireno expandido (EPS) – Determinação das propriedades - Métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 11949. Poliestireno expandido para isolamento térmico – Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7973. Poliestireno expandido para isolamento térmico – Determinação de absorção de água. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

AZEREDO, H. A. de. O edifício até sua cobertura. 2ª edição - São Paulo: Editora Blucher, 1997. Cap. 5 e 6

BALBINO, Matheus de Souza. Sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS: uma solução para a construção de habitações populares no Brasil. 2020. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

BARRETO, Monalisa Nogueira. Casa EPS: edifício residencial em painéis monolíticos de poliestireno expandido. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Curso de Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018

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) - Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007

BERTINI, Alexandre Araújo. Estruturas Tipo Sanduíche com Placas de Argamassa Projetada. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2002

CARDOSO, Fábio Alonso. Método de formulação de argamassas de revestimento baseado em distribuição granulométrica e comportamento reológico. 2009. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CASSAFORMA. Manual de Instruções Básicas para a Execução de Obras. Viamonte, 2013. Disponível em: <https://www.yumpu.com/es/document/view/15372258/instrucciones-de-montajecassa-forma>. Acesso em: 19 set. 2024

CONSTRUTORA, Yanagawa. Alvenarias: Diferenças entre Estrutural e Convencional. 29 jan 2020. Disponível em: <https://construtorayanagawa.com.br/alvenarias-diferencas-entre-alvenarias-estrutural-e-convencional/#:~:text=A%20alvenaria%20convencional%2C%20tamb%C3%A9m%20conhecida,delimitar%20ou%20dividir%20os%20espa%C3%A7os>. Acesso em: 25 out 2024.

DONATI, Rodrigo. Impermeabilização em construções de alvenaria convencional com estrutura em concreto armado. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso

(Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Santa Catarina, 2023.

DÓRIA, Luís Eduardo Santos et al. Projeto de estrutura de fundação em concreto do tipo radier. 2007. Acesso em 27 nov 2024.

E ENGENHARIA. conheça as partes que formam um telhados. 14 fev 2024. Disponível em: <https://engenhariae.com.br/noticias/conheca-as-partes-que-formam-um-telhado>. Acesso em 15 set 2024.

GARCIA, Rafael Cypriano. Método construtivo monolite: um estudo de caso comparativo de custo com o método convencional específico em uma casa em Camaçari/BA. 2009. - Universidade Católica de Salvador. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/95922533/142631541-metodo-construtivo-monolite-um-estudo-de-caso>

GASPARINI, Beatriz et al. Análise comparativa do sistema construtivo de painéis monolíticos de EPS em relação à alvenaria convencional: estudo de caso. In: Workshop De Tecnologia De Processos E Sistemas Construtivos. 2021. p. 1-6.

KOVAC, Cristiano Da Silva. Sistema construtivo monolítico em Eps. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça.

MUNDO ISOPOR. EPS Isopor, tudo o que você precisa saber. 5 set 2019. Disponível em: <https://www.mundoisopor.com.br/knauf/eps-isopor-tudo-o-que-voce-precisa-saber#:~:text=A%20fabrica%C3%A7%C3%A3o%20de%20EPS%20Isopor,solo%20ou%20os%20len%C3%A7%C3%B3is%20fre%C3%A1ticos>. Acesso em 10 ago 2024.

MEDEIROS, Guilherme Álef Nóbrega. Avaliação de paredes sanduíche em

argamassa armada com núcleo de EPS. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

NEU, Daiane Ferreira Prestes. Sistemas construtivos em alvenaria estrutural e concreto armado: uma comparação entre os subsistemas de instalações elétricas e hidrossanitárias aplicados em obras residenciais. 2014. Acesso em 20 set 2024.

NOGUEIRA, Davy Fogaça. Aspectos construtivos e de dimensionamento de uma habitação unifamiliar em painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS). 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Goiás, 2022.

NOLLA, Artur Hernandes. Análise comparativa entre métodos construtivos residenciais em alvenaria convencional e steel frame. 2022. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

REVISTA TÉCNICA. ARENAS ESPORTIVAS EDIÇÃO 188. nov 2012. Disponível em: <https://revistatechne.com.br/edicao/188/>. Acesso em 10 set 2024.

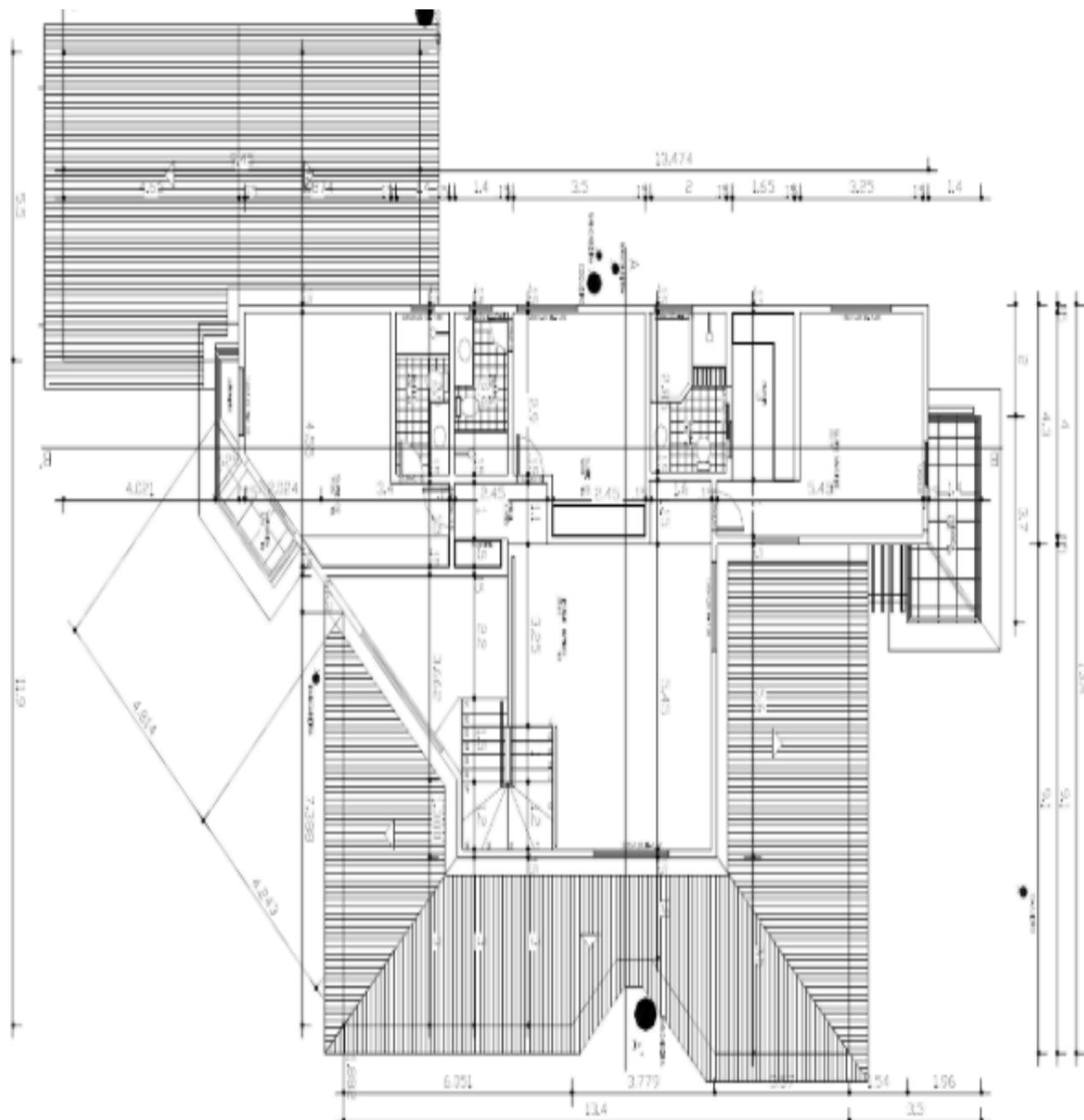
ROSA, Jordana de Castro. Descrição do processo construtivo de residências utilizando painéis autoportantes de EPS. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciências e Tecnologia de Goiás, Goiás, 2021.

SILVA, A. C. Fundação radier em parabolóide hiperbólico. 2022. Trabalho de Conclusão de Curso, Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil do Instituto Superior de Engenharia de Lisboa. Disponível em <<https://repositorio.ipl.pt/handle/10400.21/15840>> Acesso em: 10 set. 2024.

SIQUEIRA, Thais Elenize. Análise de desempenho e custos de sistema de vedação em eps. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

STEEL FRAME BRASIL. como fazer manutenção numa parede de steel frame. 24 ago 2018. Disponível em: <http://steelframebrasil.com.br/como-fazer-manutencoes-numa-parede-de-steel-frame/>. Acesso em 20 nov 2024.





Planta baixa - 1º pavimento.

Fonte: Garcia, 2009.



Fachada Frontal

Fonte: Garcia, 2009.