

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO DE JOINVILLE  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DE INFRAESTRUTURA

DEBORA RAFAELA FAVETTI

ANÁLISE DE CUSTOS E COEFICIENTE DE PRODUTIVIDADE DE PAREDES  
LEVANTADAS COM PLACAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO PREENCHIDAS  
COM EPS TIPO SANDUÍCHE

Joinville

2022

DEBORA RAFAELA FAVETTI

ANÁLISE DE CUSTOS E COEFICIENTE DE PRODUTIVIDADE DE PAREDES  
LEVANTADAS COM PLACAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO PREENCHIDAS  
COM EPS TIPO SANDUÍCHE

Trabalho apresentado como requisito para obtenção do título de bacharel no Curso de Graduação em Engenharia Civil de Infraestrutura do Centro Tecnológico de Joinville da Universidade Federal de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Hastenpflug.

Joinville

2022

DEBORA RAFAELA FAVETTI

ANÁLISE DE CUSTOS E COEFICIENTE DE PRODUTIVIDADE DE PAREDES  
LEVANTADAS COM PLACAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO PREENCHIDAS  
COM EPS TIPO SANDUÍCHE

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil de Infraestrutura, na Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico de Joinville.

Joinville (SC), 29 de julho de 2022.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Daniel Hastenpflug  
Orientador/Presidente  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dr. Yader Alfonso Guerrero Pérez  
Universidade Federal de Santa Catarina

---

Prof. Dra. Valéria Bennack  
Universidade Federal de Santa Catarina

Dedico este trabalho a Jesus. Também ao meu pai terreno,  
José Luiz (*in memoriam*), e à minha mãe, Nair.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Jesus. Foi no meio dessa jornada que eu o conheci e ele me permitiu mergulhar na imensidão da Sua existência. Dessa forma, agradeço à UFSC, pois foi no campus de Joinville que fui apresentada ao único.

Agradeço, também, aos meus pais Nair e José (*in memoriam*), às minhas irmãs Naiana e Caroline que foram, sempre, meus maiores apoiadores. Em especial, às minhas tias curitibanas Evanir e Idione, que fizeram um grande papel me acolhendo quando precisei. E a todos os meus familiares que tentaram compreender a luta de concluir essa etapa.

Aos meus pastores Virgínia e Laércio, aos meus líderes Priscila, Reverson e Lúcia Helena. Aos meus amigos Augusto, Bianca, Marcela e Cláudio, que me ajudaram a percorrer essa trajetória. Aos meus amigos que se fizeram família nessa jornada, Isadora, João Paulo, Kiane, Maddelyn, Larissa, Victor Hugo e Rhayan. À família Viba e à família Schlickmann, que conquistaram um espaço especial no meu coração.

Ao João Vitor Emmert Maximiliano, por todo incentivo, apoio e atenção. Um colega que se tornou um amigo muito especial.

Ao meu orientador Daniel que não desistiu quando eu mesma vacilei na crença da realização deste projeto.

Ao engenheiro Saymon Chioca por apoiar este projeto.

À G&L Construir que fez parte da base deste trabalho, pois fabrica as placas de concreto com EPS. Também, ao seu representante de vendas na época, o engenheiro Emanuel que me abriu algumas portas.

E à UFSC e seus excelentes professores que me proporcionaram todo o ensino que precisei. À Empresa Júnior ESATI, que me ensinou a importância do trabalho em equipe e me ajudou a entender como empreendedorismo e universidade andam lado a lado.

*“Porque toda a casa é edificada por alguém, mas o que edificou todas as coisas é Deus.”*

(Hebreus 3:4)

## RESUMO

Os baixos índices de produtividade e qualidade na construção civil geram perdas financeiras decorrentes da falta de agilidade nos processos, desperdício de materiais e defeitos na qualidade do produto final. Portanto, o mercado aposta em novas estratégias e inovação na tecnologia da construção civil. Um dos elementos das edificações habitacionais que apresenta, na maioria dos casos, falta de planejamento e de detalhes técnicos, baixa eficiência e muita geração de entulho é a vedação vertical. Os elementos pré-fabricados apresentam vantagens em relação aos moldados in loco, uma vez que permitem manter um controle de qualidade das peças, conferindo qualidade e durabilidade a elas. Neste trabalho foi realizado um estudo de caso no estado do Paraná, onde foi feito um comparativo de custo e produtividade para por metro quadrado de parede entre três obras, sendo o empreendimento A executado em alvenaria convencional e os empreendimentos B e C com placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche. Foi realizado outro comparativo utilizando os resultados de estudos do sistema monolítico encontrados na literatura. O empreendimento B apresentou aumento de 64,60% no tempo de execução comparado ao empreendimento A e seu custo foi 211% mais elevado. O empreendimento C apresentou uma diminuição de 13,27% no tempo de execução comparado ao empreendimento A e seu custo foi 185% mais elevado. Quando comparado à literatura a média de produtividade para execução de paredes em alvenaria convencional alcançou um coeficiente médio de produtividade de 2,19h/m<sup>2</sup> e um custo médio de R\$140,13/m<sup>2</sup>. Em paredes tipo sanduíche com EPS a produtividade girou em torno de 1,10h/m<sup>2</sup> e o custo em R\$261,48/m<sup>2</sup>. Não é possível concluir o impacto no valor final total das obras estudadas por não ter sido considerado desperdício, instalações no interior das paredes, instalação de esquadrias e o efeito na estrutura devido ao peso próprio.

**Palavras-chave:** Parede. EPS. Sanduíche. Produtividade. Custo.

## ABSTRACT

Low levels of productivity and quality in civil construction generates financial losses due to lack of agility in processes, waste of materials and defects in the quality of the final product. Therefore, the market is investing in new strategies and innovation in civil construction technology. One of the elements of residential buildings that, in most cases, lack planning and technical details, low efficiency and a lot of debris generation is the vertical fence. Prefabricated elements have advantages over cast-in-place elements, as they allow for quality control of the parts, providing them with quality and durability. In this work, a case study was realized in the state of Paraná, where a cost and productivity comparison was made for the execution of 1m<sup>2</sup> of wall between three works, being the project A executed in conventional masonry and the projects B and C with pre-fabricated concrete sandwich panels filled with EPS. Another comparison was carried out using the results of studies of the monolithic system found in the literature. Project B showed a 64.60% increase in execution time compared to Project A and its cost was 211% higher. Project C showed a 13.27% decrease in execution time compared to Project A and its cost was 185% higher. When compared to the literature, the average productivity for the execution of walls in conventional masonry was 2.19h/m<sup>2</sup> and the cost was R\$140.13/m<sup>2</sup>. In sandwich walls with EPS, productivity was around 1.10h/m<sup>2</sup> and cost R\$261.48/m<sup>2</sup>. It is not possible to conclude the impact on the total final value of the projected works because it was not considered waste, installations inside the walls, installation of frames and the effect on the structure due to its own weight.

**Keywords:** Wall. EPS. Sandwich. Productivity. Cost.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Alvenaria de vedação executada com tijolos .....	17
Figura 2 - Ilustração de painel tipo sanduíche de concreto pré-moldado expondo seus principais componentes.....	18
Figura 3 - Placa metálica lisa utilizada para moldar as placas cimentícias .....	19
Figura 4 - Forma metálica utilizada como molde para fabricação das placas tipo sanduíche.....	20
Figura 5 - Alguns materiais que compõem a matriz do concreto utilizado na fabricação das placas tipo sanduíche: (a) brita 3/16', (b) granilha basáltica, (c) areia natural média, (d) areia industrial basáltica, (e) macrofibra de polipropileno, (f) microfibra de polipropileno.....	21
Figura 6 - Placa de EPS tipo T1F utilizadas para estudo .....	22
Figura 7 - Corte transversal da placa pré-fabricada de concreto preenchida com EPS tipo sanduíche .....	23
Figura 8 - Taxa de deformação com relação à resistência à compressão .....	24
Figura 9 - Materiais básicos constituintes do concreto.....	25
Figura 10 - Fibras de polipropileno fibriladas (a) e macrofibras poliméricas (b) .....	27
Figura 11 - Tolerâncias dimensionais de painéis arquitetônicos .....	33
Figura 12 - Instalações hidráulicas e elétricas em paredes ICF .....	35
Figura 13 - Derretimento do EPS para instalação de tubulações e armaduras nas placas tipo sanduíche.....	35
Figura 14 - Planta baixa do empreendimento A - Escala 1:150 .....	41
Figura 15 - Empreendimento B em processo de execução.....	43
Figura 16 - Empreendimento C em processo de execução.....	43
Figura 17 - Representação do assentamento de paredes com alvenaria convencional e alvenaria com placas de concreto preenchidas com EPS.....	45
Figura 18 - Assentamento das placas tipo sanduíche (a) e instalação do fio de aço na fiada (b).....	46
Figura 19 - Representação esquemática do material de assentamento interior das placas de concreto preenchidas com EPS.....	47

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo de mão de obra na execução de paredes com revestimento entre os diferentes sistemas utilizando 1 pedreiro e 1 servente .....	38
Tabela 2 - Custos diretos na execução de paredes com revestimento entre os diferentes sistemas .....	38
Tabela 3 - Comparativo de custo por etapa construtiva entre o sistema construtivo com EPS e o método convencional com concreto armado .....	39
Tabela 4 - Características dos empreendimentos e da alvenaria utilizada em cada obra .....	41
Tabela 5 - Quantitativo das peças e de material cimentício para cada m <sup>2</sup> de parede .....	48
Tabela 6 - Quantitativo dos componentes para execução de um metro quadrado de parede .....	49
Tabela 7 - Coeficiente de produtividade de mão de obra em alvenaria convencional .....	51
Tabela 8 - Coeficiente de produtividade da mão de obra com placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche .....	51
Tabela 9 - Coeficiente de variação do coeficiente de produtividade e do custo para os empreendimentos construídos com sistema tipo sanduíche preenchido com EPS ..	57

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Classificação dos aditivos conforme ASTM C949-10.....	26
Quadro 2 - Características dos painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias .....	31
Quadro 3 - Tolerância de montagem.....	32
Quadro 4 - Etapas construtivas até o acabamento para cada tipo de sistema.....	44
Quadro 5 - Características dos materiais utilizados em cada etapa construtiva .....	48
Quadro 6 - Características dos materiais utilizados em cada etapa construtiva .....	50
Quadro 7 - Comparativo de produtividade por m <sup>2</sup> entre o estudo de caso e os resultados de estudos existentes .....	53
Quadro 8 - Comparativo de custo por m <sup>2</sup> entre o estudo de caso e os resultados de estudos existentes.....	55

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Coeficiente de produtividade até o acabamento da parede.....	52
Gráfico 2 - Comparativo do coeficiente de produtividade de levantamento de paredes em alvenaria convencional .....	54
Gráfico 3 - Comparativo do coeficiente de produtividade de levantamento de paredes com sistema construtivo tipo sanduíche preenchido com EPS .....	54
Gráfico 4 - Comparativo de custos por m <sup>2</sup> levantados através de tabelas referenciais .....	56
Gráfico 5 - Custos de obras executadas com método construtivo tipo sanduíche preenchido com EPS.....	56

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BDI	Benefício e Custos Indiretos
CD	Custo Direto
CONFINS	Contribuição para Financiamento da Seguridade Social
CP	Cimento Portland
EPS	Poliestireno Expandido
GRC	Glass Fiber Reinforced Concrete
ISS	Imposto Sobre Serviço
PIS	Programa de Integração Social
PTF	Produtividade Total dos Fatores

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>13</b>
1.1	OBJETIVOS	14
1.1.1	<b>Objetivo geral</b>	<b>14</b>
1.1.2	<b>Objetivos específicos</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>15</b>
2.1	CONTEXTO HISTÓRICO	15
2.2	DEFINIÇÕES	16
2.2.1	<b>Vedação vertical</b>	<b>16</b>
2.2.2	<b>Alvenaria</b>	<b>17</b>
2.2.3	<b>Estrutura tipo sanduíche</b>	<b>18</b>
2.3	CARACTERIZAÇÃO DAS PLACAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO PREENCHIDAS COM EPS TIPO SANDUÍCHE	19
2.3.1	<b>Materiais constituintes</b>	<b>23</b>
<u>2.3.1.1</u>	<u>Poliestireno expandido (EPS)</u>	<u>23</u>
<u>2.3.1.2</u>	<u>Concreto reforçado com fibras</u>	<u>25</u>
<u>2.3.1.3</u>	<u>Comportamento dos materiais</u>	<u>27</u>
2.4	PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL	28
2.4.1	<b>Estudo de produtividade</b>	<b>28</b>
2.4.2	<b>Rapidez</b>	<b>29</b>
2.4.3	<b>Processos executivos</b>	<b>29</b>
2.5	DESPERDÍCIO	34
2.6	CUSTOS	36
2.6.1	<b>Estudos comparativos</b>	<b>37</b>
<b>3</b>	<b>MÉTODO DE PESQUISA</b>	<b>40</b>
3.1	LEVANTAMENTO DE MATERIAIS	44
3.2	MÃO DE OBRA	49
3.3	COEFICIENTE DE PRODUTIVIDADE	50
3.4	CUSTOS	52
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b>	<b>53</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>TRABALHOS SUGERIDOS</b>	<b>58</b>

<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE A</b>	<b>66</b>
<b>APÊNDICE B</b>	<b>68</b>
<b>APÊNDICE C</b>	<b>70</b>
<b>ANEXO A</b>	<b>72</b>
<b>ANEXO B</b>	<b>74</b>
<b>ANEXO C</b>	<b>76</b>
<b>ANEXO D</b>	<b>78</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Falar sobre inovação na construção civil tornou-se rotineiro, levando-se sempre em conta a necessidade da tomada de novas atitudes no quesito tecnologia nos métodos construtivos. Tanto é, que a construção civil tem percebido a necessidade de mudanças e de novas pesquisas com a intenção de mudar algumas perspectivas já estabelecidas nesse setor da indústria nacional (LIMA; CARNEIRO; OLIVEIRA, 2016).

Dentro desse contexto, Rosenblum *et al.* (2007) apontam que os baixos índices de produtividade e qualidade, geram perdas financeiras decorrentes da falta de agilidade nos processos, desperdício de materiais e defeitos na qualidade do produto final. Portanto, para se manter no mercado de alta competitividade, as empresas apostam em novas estratégias e inovação na tecnologia da construção civil. Por esse motivo a literatura está expandindo cada vez mais seus estudos científicos a fim de enfatizar a necessidade de novas técnicas construtivas (MEDEIROS, 2011).

Um dos elementos das edificações habitacionais que apresentam, na maioria dos casos, falta de planejamento e de detalhes técnicos, baixa eficiência e muita geração de entulho é a vedação vertical (SILVA; MOREIRA, 2017). Lordsleem Jr. (2004), por sua vez, ressalta que a parede é a principal responsável pelo desempenho global da vedação vertical, a qual pode ser feita com alvenaria, *drywall*, painéis de PVC ou de madeira, placas de fibrocimento, entre outros. CIB (1989 apud PEREIRA, 2001) menciona que as tendências mais notáveis se relacionam ao emprego de sistemas total ou parcialmente pré-fabricados, capazes de maximizar o potencial de racionalização embutido nos processos construtivos.

Os elementos pré-fabricados apresentam vantagens em relação aos moldados in loco, uma vez que permitem manter um controle de qualidade das peças, conferindo qualidade e durabilidade a elas. Em contrapartida, as ligações entre os componentes podem se tornar uma desvantagem quando não projetadas e executadas adequadamente. (CHASTRE; LÚCIO, 2012).

Sendo assim, propõe-se neste estudo a realização de uma análise comparativa de custo e produtividade entre paredes executadas em alvenaria convencional de tijolos, vedações com placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche e resultados obtidos de estudos já encontrados na literatura. Para a obtenção dos resultados foi efetuado um estudo de três empreendimentos

localizados no sudoeste do Paraná, sendo o empreendimento A executado com tijolos, e os empreendimentos B e C com placas pré-fabricadas tipo sanduíche. As informações foram levantadas a partir dos dados fornecidos pelos profissionais envolvidos na execução das obras.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

O intuito deste estudo é analisar a execução de paredes feitas com placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche, utilizando de comparações com o método convencional de levantamento de vedação vertical, tendo como principal objetivo o custo e o coeficiente de produtividade. Os resultados auxiliarão na análise do sistema que melhor se adequa às solicitações do usuário.

### 1.1.2 Objetivos específicos

Para alcançar o objetivo principal do trabalho, estabeleceu-se os seguintes objetivos específicos:

- Apresentar as placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche, os materiais que as compõem e as etapas construtivas acarretadas por esse tipo de peça;
- Comparar as etapas construtivas de vedações verticais executadas em alvenaria de tijolos cerâmicos e construídas com placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche;
- Levantar dados relativos ao coeficiente de produtividade, tais como prazos de execução;
- Levantar custos dos materiais e da mão de obra;
- Apontar desperdícios.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Este capítulo apresentará conceitos e métodos de análise da produtividade e custo da execução de obras, principalmente no que diz respeito às vedações verticais. Também, contextualizará a peça estudada no cenário da construção civil. O intuito é enfatizar a importância do estudo de diferentes sistemas para execução de paredes e, para isso, faz-se necessário base teórica que suportará esta pesquisa.

### 2.1 CONTEXTO HISTÓRICO

A alvenaria de vedação está presente há milhares de anos na construção civil, tendo como maior e mais antigo exemplo a Grande Pirâmide do Egito, cuja construção é datada entre 2509 e 2483 a.C. e seu principal objetivo foi a proteção do ser humano contra intempéries do ambiente externo (AMOS, 2017). A indústria da construção civil passou por várias fases ao longo de sua evolução, apresentando ampla diversidade de métodos construtivos, tecnologias e arquiteturas, das quais Serra *et al.* (2005) destacam os sistemas pré-fabricados. Nota-se o desenvolvimento da utilização de sistemas pré-fabricados não apenas no próprio processo de fabricação, mas também nos processos de transporte, montagem, controle de qualidade, no incentivo a novos estudos para desenvolvimento de materiais e nas consequências que esse método construtivo pode causar (SERRA *et al.*, 2005).

Dentro de todos os sistemas que compõem uma edificação, a vedação vertical merece grande atenção, pois ocupa uma posição estratégica na execução de edifícios, como descreve Franco (1998), pois além de compartimentar a edificação, propicia ambientes adequados conforme as atividades para os quais foram projetados. Ainda, apresenta uma interface com os demais sistemas do edifício, como a própria estrutura, instalações, vedações horizontais, impermeabilizações entre outros (SOUZA; CARVALHO, 2020).

Dessa forma, o aperfeiçoamento dessa etapa construtiva se mostra importante, pois a alvenaria mais utilizada no Brasil é composta por blocos de tijolo cerâmico (AMORIM JR.; RODRIGUES, 2017), sendo o material de construção mais antigo fabricado pelo homem. Sua invenção é datada de, aproximadamente, 10.000 anos atrás (BEALL, 1987) e, por ser um modelo de construção muito antigo, a sua maneira de produção varia consideravelmente de obra para obra apresentando

diferentes tecnologias como fabricação in loco, utilização de componentes industriais e métodos de execução racionalizada (CARRARO, 1998).

No Brasil, desde 1940 a Associação Brasileira de Normas Técnicas vem padronizando os processos construtivos das edificações habitacionais apontando alguns critérios mínimos de desempenho da vedação vertical. Em 2013, a ABNT 15575-1/2021 aponta que “O foco [...] está nos requisitos dos usuários para o edifício habitacional e seus sistemas, quanto ao seu comportamento em uso e não na prescrição de como os sistemas são construídos.” (ABNT, 2021). Isto é, o método adotado vai da escolha do projetista, contanto que seja garantido as especificações técnicas.

## 2.2 DEFINIÇÕES

Para dar continuidade a este trabalho se faz necessário as definições de alguns termos técnicos, processos, métodos e sistemas construtivos, pois há uma grande variedade no desenvolvimento de tecnologias na área da construção civil, especialmente no levantamento de vedações verticais das edificações. Portanto, é fundamental estreitar e condicionar o assunto para uma melhor compreensão da relevância dessa área inserida na engenharia civil.

### 2.2.1 Vedação vertical

Franco (1998) define vedação vertical como sendo um subsistema que compartimenta a edificação constituído de vedos, que são os principais responsáveis pelo desempenho global da vedação vertical, dos revestimentos e das esquadrias existentes na estrutura. Pereira (2001) exemplifica a vedação vertical e os elementos de cobertura como constituintes do envelope da edificação, que é responsável pela interação do usuário com o meio interno e externo. Já Rodrigues (2018) explica que a vedação vertical tem por função separar ambientes e fachadas e todo peso exercido sobre ela é absorvido por pilares e vigas, não possuindo função estrutural.

Figura 1 - Alvenaria de vedação executada com tijolos



Fonte: Moretti (2016).

### 2.2.2 Alvenaria

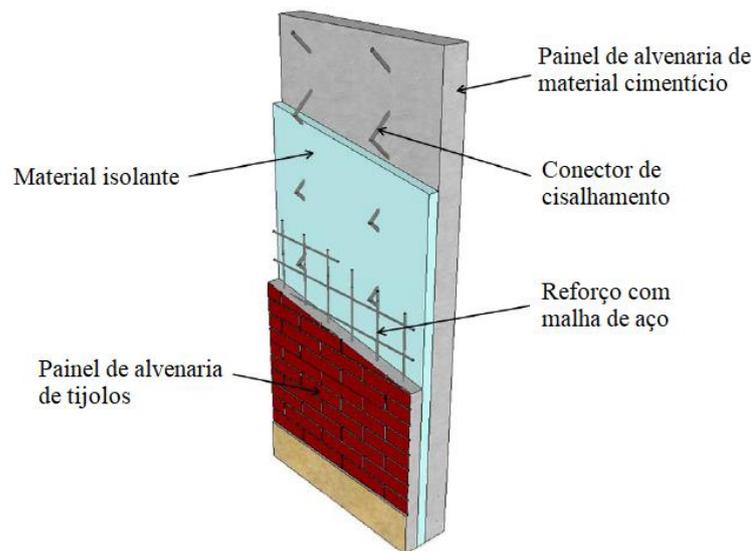
A alvenaria, segundo Pereira (2019), é o método construtivo mais utilizado em vedações verticais no Brasil, desempenhando o papel de separar ambientes em edificações habitacionais, e é definida como um componente complexo, formado por tijolos ou blocos unidos por juntas argamassadas, constituindo um conjunto rígido e coeso (SABBATTINI; FRANCO; ARGILAS, 2020). Os tijolos são os materiais mais empregados em alvenaria no Brasil, dispensando armadura e, quando utilizados, o desempenho final da obra é amplamente afetado pela qualidade do assentamento dessas peças, uma vez que trabalham em conjunto com pilares, vigas e lajes (AZEVEDO, 2019).

As paredes podem ser classificadas em alvenaria estrutural e alvenaria de vedação, como aponta Milito (2009) que descreve, a primeira, como sendo dimensionada para resistir a esforços além do seu peso próprio, e a segunda é empregada quando não resiste a esforços, apenas ao seu peso próprio. O autor ressalta, ainda, que esse componente da vedação vertical deve apresentar resistência mecânica, isolamento térmico e acústico, resistência ao fogo, estanqueidade e durabilidade atendendo aos requisitos do usuário.

### 2.2.3 Estrutura tipo sanduíche

Como explica Bertini (2002), uma estrutura tipo “sanduíche” consiste, basicamente, de duas placas de um material resistente alternadas por uma outra placa de um material com menor resistência e mais leve, sendo que esses materiais unidos apresentam uma resistência à flexão superior à de uma placa maciça se fosse composta apenas pelo material das placas externas. Existem, também, os painéis tipo sanduíche que são pré-moldados, os quais são compostos, basicamente, de três elementos: painéis de alvenaria, isolantes e conectores de cisalhamento (TOMLINSON, 2015). A Figura 2 ilustra essa composição.

Figura 2 - Ilustração de painel tipo sanduíche de concreto pré-moldado expondo seus principais componentes



Fonte: adaptado de Tomlinson (2015).

Tomlinson (2015), ainda defende que esse tipo de peça apresenta vantagens por ser fabricado em ambiente controlado, mais rapidamente e, quando manuseadas na obra, podem ser facilmente removidos e realocados na estrutura. As placas podem ser de madeira, amianto, fibra de vidro, alumínio, chapas de aço, concreto, argamassa e outros, e o material do núcleo pode ser EPS, poliuretano expandido, rejeito industrial reciclado, concreto celular, gesso, papelão, etc. (BERTINI, 2002).

Esse tipo de estrutura possui características que a tornam estrutural por natureza, como aponta Fonseca (1994). O autor defende que esse tipo de peça possui

um raio de giração maior devido à maior inércia da peça, ilustrando que um painel sanduíche com 15cm de espessura total, por exemplo, possui raio de giração 20% maior que uma parede de alvenaria de mesma espessura, e 125% maior do que um painel de concreto com 8 cm de espessura.

### 2.3 CARACTERIZAÇÃO DAS PLACAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO PREENCHIDAS COM EPS TIPO SANDUÍCHE

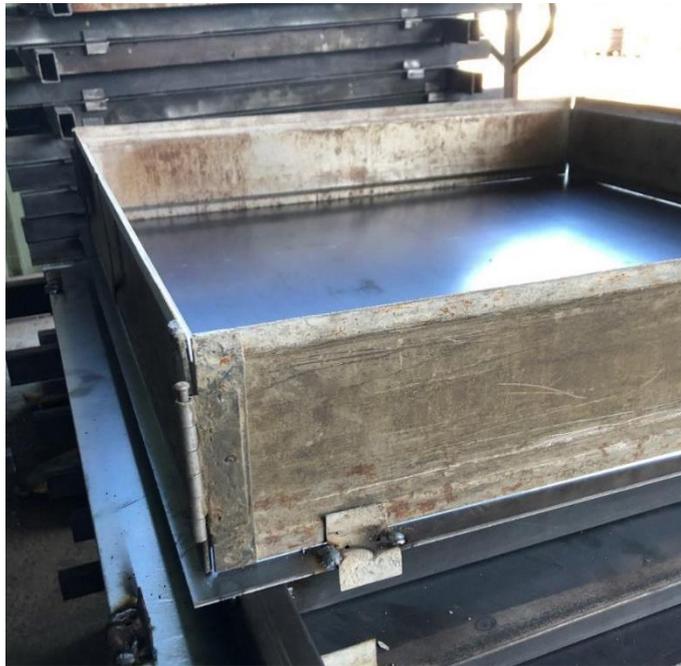
Para compilar as informações sobre os componentes da peça foram feitas visitas à fábrica onde elas são manufaturadas. As quais são montadas sobre moldes compostos por placas metálicas lisas para garantir o bom acabamento das faces. Suas dimensões são limitas por formas metálicas que levam a um resultado de placas com 90 cm de lado como mostram as figuras 3 e 4.

Figura 3 - Placa metálica lisa utilizada para moldar as placas cimentícias



Fonte: acervo próprio (2022).

Figura 4 - Forma metálica utilizada como molde para fabricação das placas tipo sanduíche



Fonte: acervo próprio (2022).

Sua matriz é formada por cimento CP-V ARI, brita 3/16', granilha basáltica, areia natural média, areia industrial basáltica, macro e microfibras de polipropileno, aditivo incorporador de ar, aditivo redutor de água (policarboxilato) e aditivo hidrofugante impermeabilizante, o qual é opcional, a figura 5 mostra alguns desses componentes. Segundo as informações fornecidas pela empresa, a mudança do traço do concreto, de um tradicional sem adições para o apresentado, com adição de fibras, objetiva aumentar a resistência à tração da peça e diminuir a formação de fissuras. Vasconcelos (2012) traz essa confirmação apontando que, realmente, as fibras retardam a formação das fissuras, porém não as impedem, pois, essa patologia decorre das propriedades do compósito sendo, praticamente, inevitáveis.

Figura 5 - Alguns materiais que compõem a matriz do concreto utilizado na fabricação das placas tipo sanduíche: (a) brita 3/16', (b) granilha basáltica, (c) areia natural média, (d) areia industrial basáltica, (e) macrofibra de polipropileno, (f) microfibra de polipropileno



Fonte: acervo próprio (2022).

A peça de EPS que preenche o núcleo é classificada como T1F, sendo “T1” a indicação da sua densidade de  $10\text{kg/m}^3$ , e “F” a sua propriedade antichamas. Possui largura e altura, ambas, de 87 cm e sua espessura é de 12 cm. Na sua estrutura são feitos pequenos orifícios por onde passa o concreto, os quais têm por função conectar uma placa cimentícia à outra. O arame transpassado, como mostrado na Figura 6, servirá, apenas, para dar suporte aos puxadores que serão utilizados no auxílio do transporte da peça.

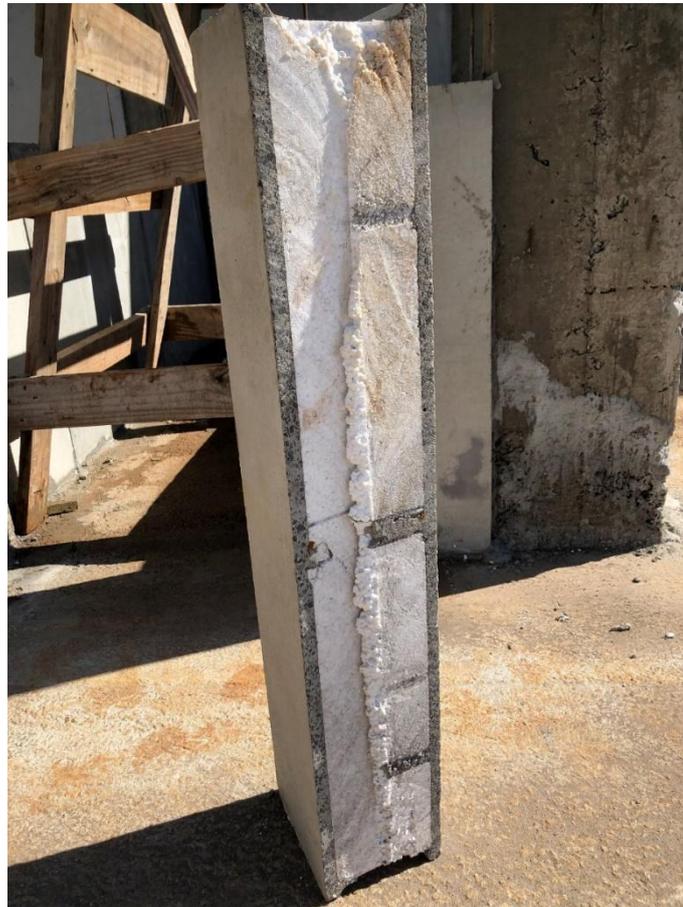
Figura 6 - Placa de EPS tipo T1F utilizadas para estudo



Fonte: acervo próprio (2022).

O compilado de todos esses materiais dá origem à placa tipo sanduíche de concreto com fibras, preenchido com EPS, como está detalhado na Figura 7. O corte transversal mostra como é feita a ligação de uma placa de concreto a outra, e a disposição do EPS no seu interior.

Figura 7 - Corte transversal da placa pré-fabricada de concreto preenchida com EPS tipo sanduíche



Fonte: acervo próprio (2022).

### 2.3.1 Materiais constituintes

#### 2.3.1.1 Poliestireno expandido (EPS)

Em geral, o poliestireno é um material produto da polimerização do estireno em água, que resulta em pequenas esferas de até 3 mm de diâmetro, as quais são submetidas à expansão por ar. Suas dimensões resultam em um pequeno volume o qual 98% é constituído por ar e 2% por poliestireno (EPS BRASIL, 2014). Para uma melhor ilustração, em 1m<sup>3</sup> de EPS, por exemplo, existem entre 3 e 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar. São materiais considerados inertes, ou seja, não contaminam ar, água e solo e podem ser reciclados infinitas vezes sem perder suas

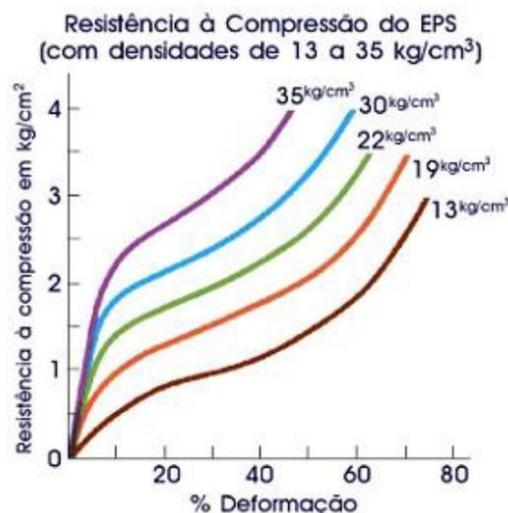
propriedades mecânicas. (EPS BRASIL, 2014). Ainda, as normas brasileiras definem esse material como sendo um

“material plástico celular rígido, com adição retardante à chama, originalmente de cor branca, fabricado pela expansão de grânulos pré-expandidos de poliestireno, moldado em sua forma definitiva ou cortado em blocos produzidos por um processo contínuo ou descontínuo” (ABNT NBR 11752/2016, p. 1).

Bertini (2002) associa a função do núcleo das placas com mantê-las resistentes na posição vertical e fazer a transferência de esforços de uma placa para outra. Todavia, o autor aponta que preenchimentos feitos com poliestireno expandido não apresentam tanta eficiência na transferência de esforços e que, para resolver essa problemática, a resistência ao cisalhamento deve ser garantida por nervuras ou por conectores que atravessam o núcleo que se prendem à placa cimentícia.

O EPS, ainda, apresenta boa resistência mecânica se levar em conta sua baixa densidade, variando essa resistência conforme varia a sua massa específica, como mostrado na figura 8 (MORAES; BRASIL, 2015). Entretanto, as autoras citam que há restrições no uso desse material na construção civil, pois quando exposto a temperaturas acima de 80°C seu núcleo começa a se degradar, fazendo com que a estrutura perca rapidamente sua estabilidade se sofrer algum incêndio. Também mencionam a falta de aderência com a argamassa, a qual Tessari (2006) aponta como a principal desvantagem no uso de EPS.

Figura 8 - Taxa de deformação com relação à resistência à compressão



Fonte: Assumpção (2009).

### 2.3.1.2 Concreto reforçado com fibras

Sendo um dos materiais de construção mais utilizados no mundo, o concreto é composto, basicamente, por aglomerante (cimento), agregado e água (COÊLHO, 2008) como mostra a figura 9. Ainda, o concreto pode conter adições e aditivos químicos que têm por finalidade aumentar a resistência do material e modificar algumas de suas propriedades básicas (BASTOS, 2019). Dentre essas propriedades, Paulon e Kirchheim (2011) citam três das mais essenciais: resistência mecânica, porosidade e durabilidade, sendo que a resistência à compressão apresenta o maior valor dentre todos os tipos de resistência (MEHTA e MONTEIRO, 2008).

Figura 9 - Materiais básicos constituintes do concreto



Fonte: Bastos (2019).

Além dos elementos básicos que compõem o concreto, a incorporação de aditivos e adições também contribuem para a eficiência do composto, que oferecem significativas vantagens físicas e econômicas ao material (NEVILLE, 2016). O autor enfatiza que, em relação a custos, os aditivos, em si, podem não ser baratos individualmente, todavia, não é necessário considerá-los como despesas adicionais, já que seu uso pode acarretar em economia, por exemplo, no adensamento, consumo de cimento ou, ainda, no aprimoramento da trabalhabilidade sem emprego de medidas adicionais. Existem vários tipos de aditivos, que são classificados conforme sua função no concreto, segundo a ASTM C 949-10 essa classificação se dá conforme o Quadro 1.

Quadro 1 - Classificação dos aditivos conforme ASTM C949-10

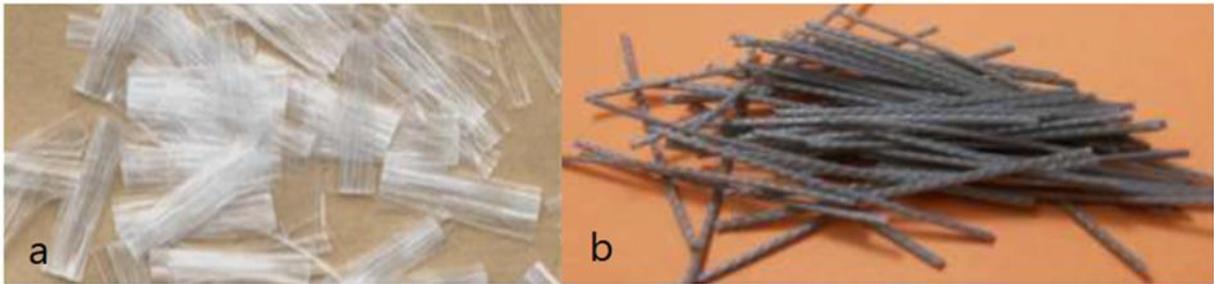
TIPO	FUNÇÃO NO CONCRETO
<b>A</b>	Redutor de água
<b>B</b>	Retardador
<b>C</b>	Acelerador
<b>D</b>	Redutor de água e retardador
<b>E</b>	Redutor de água e acelerador
<b>F</b>	Redutor de água de elevado desempenho ou superplastificante
<b>G</b>	Redutor de água de elevado desempenho e retardador ou superplastificante e retardador
<b>S</b>	Desempenho específico
-	Incorporadores de ar

Fonte: adaptado de Neville (2016).

Ainda, adições são “produtos de origem mineral adicionados aos cimentos, argamassas e concretos, com a finalidade de alterar suas características” (ABNT NBR 11172/1990, p. 4). Mehta e Monteiro (2008) definem adições minerais como sendo “materiais insolúveis finamente moídos, de fontes naturais ou alguns subprodutos”. As Adições vêm sendo estudadas há décadas e, como aponta Raisdorfer (2015), as pesquisas mostram resultados variados no aumento de resistência à compressão do concreto, afetando também a trabalhabilidade e redução de custos, porém, podem apresentar divergências por não serem combinados adequadamente e, também, podem causar efeito na redução da durabilidade pela alcalinidade que algumas adições apresentam.

Como já foi visto no início deste tópico, a resistência à compressão do concreto é a maior resistência que ele apresenta (MEHTA e MONTEIRO, 2008), portanto, sabendo que peças de concreto são submetidos tanto à esforços de tração como de compressão, é de suma importância que se de devidas atenções à tração sofrida pelo material. Por essa razão, a utilização de fibras vem avançando por apresentam significativas vantagens no aumento da resistência à tração (GÓIS, 2010). Sendo que a escolha de cada tipo é influenciada, principalmente, pelo módulo de elasticidade e pela resistência mecânica que as fibras proporcionam ao concreto afetando, assim, a resposta à tração. Exemplos de fibras aplicadas a concretos é a fibra de polipropileno fibrilada e a macrofibra polimérica (figura 10) (FIGUEIREDO, 2011).

Figura 10 - Fibras de polipropileno fibriladas (a) e macrofibras poliméricas (b)



Fonte: Figueiredo (2011).

### 2.3.1.3. Comportamento dos materiais

Junior (2018) fez um estudo sobre ICF (Insolute Concrete Forms), que é uma forma de construção modular, a qual conta com o uso de formas, normalmente de EPS, para a sua construção. O destaque se dá nas características mais notáveis que uma construção com EPS possui, sendo elas os isolamentos acústico e térmico. O autor mostrou uma redução de até 15°C do ambiente externo para o interno e destacou a diminuição de gastos com o sistema de refrigeração. Souza (2009), comparando a transferência térmica entre paredes compostas por EPS e blocos cerâmicos de vedação, constatou que houve uma diferença de 1,85W/m<sup>2</sup>K, uma diminuição de 77,31% na transferência de calor utilizando o EPS.

Outro comportamento notável se dá na impermeabilização apresentada por esse tipo de construção. Por ser um material higroscópico, é sensível à umidade, o que leva na diminuição de patologias como bolores, mofo, descascamento de pintura e corrosão que podem afetar até mesmo a estrutura da edificação (JUNIOR, 2018). Pela camada externa e interna não entrarem em contato direto uma com a outra, e haver um material impermeável no centro, a umidade não é transferida de um lado para o outro, o que apresenta grande vantagem, principalmente, no levantamento de paredes de banheiro, que mesmo que a impermeabilização e o rejunte da cerâmica falhem, esse tipo de painel garante que as partículas de água não permeiem a estrutura (MAZUCO; LIMA, 2018).

## 2.4 PRODUTIVIDADE NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Carência de mão de obra especializada, aumento da complexidade dos negócios, desafio no cumprimento de prazos e restrição de recursos são aspectos que limitam o potencial de crescimento de empresas, exercem pressão nos custos e fazem planejamentos oscilarem (ZANCUN *et al.*, 2014). Todos esses desafios, como mencionam os autores, são mais que suficientes para as empresas focarem no tema “produtividade”.

### 2.4.1 Estudo de produtividade

Muscat (1993, apud CARRARO, 1998) correlaciona produtividade com eficiência conforme os conceitos da Física. Onde um sistema tem sua eficiência estabelecida pela razão entre o trabalho realizado por ele (energia útil) e a energia fornecida para esse sistema, como mostra a Equação 1 abaixo.

$$Eficiência = \frac{Energia\ útil}{Energia\ fornecida} \quad (1)$$

Ainda, segundo o mesmo autor (apud OLIVEIRA, 2019), a produtividade pode ser mensurada financeiramente, relacionando entradas e saídas de qualquer sistema produtivo. Para isso, é aplicada uma relação de proporção entre valores das saídas e o custo dos recursos utilizados como mostra a equação 2.

$$Produtividade = \frac{Valor\ das\ saídas}{Custo\ de\ recursos} \quad (2)$$

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (2012) aborda a mensuração da produtividade pela produtividade total dos fatores (PTF), a qual é definida pela relação entre produtividade do trabalho e produtividade do capital. Também menciona que vários aspectos influenciam no resultado dessas produtividades, sendo eles o crescimento econômico do setor de construção, a crescente formalização das empresas e da mão de obra, a qualificação dos trabalhadores do setor e a notória ascensão dos investimentos em capital físico. Portanto, por ser um processo que

analisa entradas e saídas e suas transformações, produtividade é a eficiência que essas entradas e saídas apresentam no cumprimento dos objetivos previstos para o processo o qual estão submetidos (SOUZA, 2006).

#### **2.4.2 Rapidez**

Reis e Santos (2022) compararam um mesmo empreendimento se fosse construído em alvenaria convencional ou executado com placas tipo sanduíche, sendo as placas produzidas in loco. Conforme os autores, a produção das placas é feita em, aproximadamente, 20 minutos, considerando-se placas de 2,70 x 4,00m. Dessa forma, concluíram que a produção é de 32,40m<sup>2</sup> por hora com uma equipe composta por 1 servente e 1 pedreiro. Tendo esse padrão de equipe sugerido pela SINAPI a uma produtividade de 1,4m<sup>2</sup> por hora, os autores concluíram que o sistema sanduíche é 7,70 vezes mais rápido que a alvenaria convencional (desconsiderando o fator humano, desperdício e energia elétrica) (REIS; SANTOS, 2022).

Bertram *et al.* (2019) expande a análise para modelos pré-fabricados em geral, os quais podem oferecer uma rapidez de 20% a 50% maior que a construção convencional, tendo efeitos mais notórios nas etapas de projeto e de execução das fundações. No geral, a etapa de projeto, inicialmente, leva mais tempo para ser desenvolvida, pois os projetistas precisam alinhar o processo de fabricação e a dimensão das peças com o design desejado, e qualquer alteração que acarrete na mudança de layout pode ser mais demorada e dificultosa. Entretanto, uma vez que são desenvolvidas bibliotecas para o uso do modelo de construção pré-fabricada, essa etapa acaba sendo mais simples e rápida, chegando a economizar até 15% do tempo. Já nas fundações, a mudança está no peso da estrutura, uma vez que foram projetadas para serem mais leves, podendo causar uma redução no tamanho e na complexidade das fundações e, dessa forma, diminuição no custo e no tempo (BERTRAM *et al.*, 2019). Os autores, ainda, apontam que há diminuição no tempo por ser uma peça pré-fabricada sob condições controladas de fábrica, porém esse assunto será melhor detalhado no tópico 2.4.3.

#### **2.4.3 Processos executivos**

O planejamento e a programação da execução de uma obra são fortemente influenciados pelo projeto das vedações verticais, como ressaltam Sabbatini *et al.* (2013) apud Savas (2021) que, também, mencionam a importância da racionalização da produção por conta da interferência com os sistemas de instalação hidrossanitária e elétrica, além da acomodação das esquadrias, revestimentos e impermeabilização, sendo este último um elemento de vedação horizontal. Quanto à técnica de execução, as vedações verticais podem ser classificadas por conformação, acoplamento a seco e acoplamento úmido (FRANCO, 1998 apud CAMILLO, 2010):

- Por conformação: vedações obtidas por moldagem a úmido, tratando-se de alvenaria ou painéis moldados no local;
- Por acoplamento a seco: técnica conhecida como construção seca ou “*dry construction*”, por não empregar água em sua montagem, tratando-se de uma construção levantada com painéis leves;
- Por acoplamento úmido: montagem a seco com aplicação de assentamento por fixadores úmidos como argamassa ou concreto. São produzidas com elementos pré-moldados ou pré-fabricados de concreto.

Todas as etapas de construção de uma edificação, desde a normalização e certificação dos projetos até a execução, montagem e manutenção das edificações são importantes para o envolvimento da cadeia produtiva, pois esse relacionamento é indissociável, ocorrendo de forma simultânea e interligada tendo um único objetivo: a busca pelo sucesso da obra (GREVEN; BAUDALF, 2007). Franco (1998) define o levantamento de vedação vertical como um subsistema, que precisa ser detalhado tecnicamente, visando o desempenho da obra, levando em consideração a ligação com outros subsistemas como a estrutura, por exemplo, buscando a compatibilidade das partes. Ainda, o autor levanta o desafio que é unir as instalações prediais hidrossanitárias de forma racionalizada, pois, como ele mesmo cita, pela tradição construtiva nacional, é um dos sistemas que maior entram em conflito com a vedação vertical e, para isso, técnicas alternativas vêm sendo desenvolvidas para a melhor execução desse serviço.

Savas (2021) realiza um estudo comparativo entre oito diferentes sistemas de vedação vertical, analisando seis atributos conferidos a eles, sendo esses as características construtivas, custos e desperdícios, desempenho térmico e acústico, durabilidade, produtividade e velocidade de execução, amplitude da aplicação, informações sobre aplicação e as principais particularidades encontradas em cada um. A análise foi feita em alvenaria convencional, paredes maciças moldadas no local, painéis pré-fabricados de bloco cerâmico, painéis pré-fabricados de concreto, painéis pré-fabricados de concreto reforçado com fibra de vidro (GRC), painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias, etc. Sendo que os painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias apresentaram 3 ocorrências positivas, 2 ocorrências neutras e 1 ocorrência negativa, como mostra o Quadro 2.

Quadro 2 - Características dos painéis pré-fabricados de EPS e placas cimentícias

<b>ATRIBUTOS DA PEÇA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Características construtivas	→ Composto por perfis metálicos e painel de EPS (com recorte para tubulações elétricas e hidráulicas) entre duas placas cimentícias; → Vedação interna/externa leve.
Custos e desperdício	→ Alto custo de mão de obra e de materiais, em comparação ao sistema convencional; → Boa relação custo-benefício, baixo desperdício.
Desempenho térmico e acústico	→ Bom desempenho térmico e acústico, materiais de baixa condutividade térmica e boa absorção de som; → Material incombustível.
Durabilidade	→ Boa durabilidade.
Produtividade / velocidade de execução	→ Alta produtividade comparada aos métodos convencionais.
Amplitude da aplicação	→ Pouca flexibilidade de formas, visto que os painéis são fabricados em tamanhos únicos, sem a possibilidade de peças curvas.
Informações sobre aplicação	→ Requer mão de obra especializada; → Acabamento excelente, sem necessidade de reboco; → Necessidade de juntas.
Principais particularidades	→ Obra sustentável, sem desperdícios.

Fonte: adaptado de Savas (2021).

A etapa de execução das peças pré-fabricadas em si apresenta grande impacto na questão do retrabalho gerado em obras, influenciando no cronograma da obra. Ainda há a questão do controle de qualidade proporcionado pelo ambiente de fábrica, onde algum tipo de defeito na peça pode ser detectado ainda nessa etapa, diferentemente da montagem in loco, onde algumas patologias só se apresentam alguns meses, ou até anos depois da conclusão da obra, quando já é mais difícil e mais custoso para resolver os problemas gerados (BERTRAM *et al.*, 2019).

Outro aspecto relevante é o fator humano quanto ao processo de produção das peças na fábrica. No processo de produção há maior sensação de segurança proporcionado pelo ambiente controlado, onde a produção é feita adequando-se à anatomia humana, diminuindo a necessidade de trabalhos em altura (SILVEIRA, 2021). Entretanto, com relação à montagem das peças pré-fabricadas tipo sanduíche no canteiro de obras, objeto deste trabalho, é necessário o auxílio de dois operadores por conta do peso que elas apresentam, o que dificultou o assentamento das últimas fiadas das paredes, segundo o que foi relatado e observado.

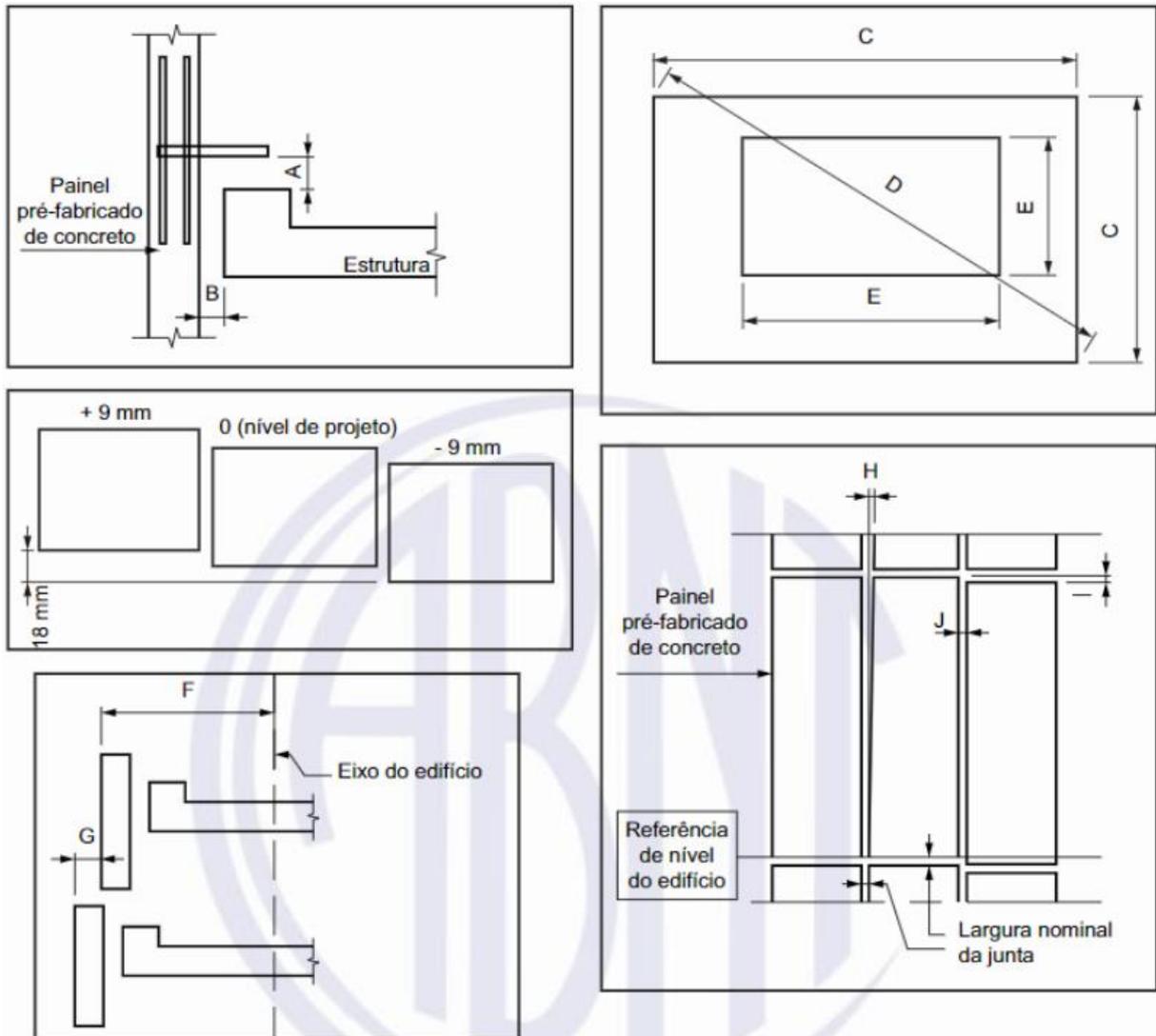
Outro aspecto é a tolerância de montagem, a qual estabelece limites de desalinhamento, aberturas de juntas, variação de prumo, entre outros (OLIVEIRA, 2002, apud BINKOWSKI, 2019). A NBR 16475 estabelece requisitos de montagem para painéis pré-moldados, dentre eles, os painéis sanduíche (ABNT NBR 16475, 2017), onde limita a tolerância de excentricidade, alinhamento entre painéis e juntas, largura das juntas e nivelamentos, conforme o quadro 3 e figura 10.

Quadro 3 - Tolerância de montagem

<b>Dimensão</b>	<b>Parâmetro conforme Figura 10</b>	<b>Tolerância (mm)</b>
Excentricidade do painel em relação ao eixo do edifício	F	± 13
Alinhamento da face externa entre painéis de parede adjacente	G	± 6
Desalinhamento das juntas em cunha	H	± 6
Máxima diferença de nível em painéis de parede adjacentes	I	± 6
Largura nominal da junta	J	± 6
Nivelamento da face superior do painel em relação ao nível do projeto (teórico)	-	± 9

Fonte: ABNT NBR 16475:2017 (adaptado).

Figura 11 - Tolerâncias dimensionais de painéis arquitetônicos



Fonte: ABNT NBR 16475:2017.

Como em todo projeto estrutural, os critérios de dimensionamento utilizando placas tipo sanduíche, também, consistem em avaliar a magnitude dos esforços nos painéis que contribuem para a estrutura portante (MEDEIROS, 2017). O autor cita que os fatores que mais influenciam no comportamento do painel durante sua vida útil são a amplitude térmica, retração das placas e os esforços solicitantes gerados pelas cargas permanentes (peso próprio e sobrecarga), sendo esse último o principal fator.

O impacto nas fundações que esse método construtivo recomenda é a do tipo radier, que apresenta vantagens no tempo de execução, redução de mão de obra e redução do número de formas. Mas, mesmo que o radier ofereça redução nos recalques diferenciais, quando submetida a paredes construídas com placas tipo

sanduíche, a fundação torna-se mais suscetível a esses recalques (MEDEIROS, 2017).

## 2.5 DESPERDÍCIO

Mais especificamente sobre peças pré-moldadas, Van Acker (2002) conclui que há redução de até 30% de energia e, de até 40% de desperdício com demolição, diminuindo excessos em relação à produção convencional. Já, Macabú (2021) enfatiza que um dos grandes diferenciais da construção convencional em relação ao método tipo sanduíche com EPS é a instalação de eletrodutos e seus dispositivos, o qual se dá fazendo o derretimento do isopor, evitando a quebra de peças que seriam perdidas.

Os eletrodutos e as tubulações hidráulicas são instalados de forma similar ao método convencional em alvenaria, todavia ao invés de haver a quebra das peças, há derretimento do EPS, como mostra a figura 12, não havendo desperdícios de quebra de material, e os resíduos de EPS voltam para a fábrica para serem transformados em blocos ou formas novamente (NAHB RESEARCH CENTER, 1997, apud JUNIOR, 2018). Em comparação ao estudo realizado nessa dissertação, a instalação desses sistemas, inclusive das armaduras de aço para instalação do sistema estrutural, é feita de forma análoga, todavia o derretimento é feito atravessando a peça longitudinalmente, realizado com maçaricos fornecidos pela fábrica como mostra a figura 13. Em contrapartida, o resíduo de EPS que se forma não volta para reciclagem e é descartado como entulho.

Figura 12 - Instalações hidráulicas e elétricas em paredes ICF



Fonte: Quad-Lock (2017) apud Junior (2018).

Figura 13 - Derretimento do EPS para instalação de tubulações e armaduras nas placas tipo sanduíche



Fonte: Acervo próprio (2022).

## 2.6 CUSTOS

A construção civil traz uma série de desafios para essa indústria que é tão afetada pela inflação (ZANCUL *et al.*, 2014). Peduzzi (2022) informa que há uma grande preocupação pelos empresários da construção civil por conta dos altos preços dos insumos nesse setor que, tendo por base, o INCC (Índice Nacional do Custo da Construção) apresentou uma inflação de 51,21% entre janeiro de 2020 e março de 2022, totalizando o maior percentual registrado desde 2015. Por essa razão é importante buscar por diferentes métodos construtivos, afim de melhorar custos e produtividade na construção civil.

Para precificar a venda na construção civil é necessário, primeiramente, levantar o custo direto (CD), que consiste em especificar os preços diretos envolvidos na produção, sendo eles materiais, mão de obra, equipamentos e a infraestrutura necessária para a execução da obra. Outra participação nos custos deve ser o custo indireto ou, também chamado, Benefício e Custos Indiretos (BDI) que é calculado levando em conta as despesas administrativas, taxa de risco do empreendimento, custo financeiro do capital de giro, tributos, taxa de comercialização e benefício. (TISAKA, 2006). O custo final é, então, representado pela equação 3.

$$\text{Preço de Venda (PV)} = \text{Custo Direto (CD)} + \text{BDI} \quad (3)$$

Segundo o Tribunal de Contas da União (BRASIL, 2013) o cálculo do BDI é dado pela fórmula 4.

$$\text{BDI} = \frac{(1+AC+R+SG).(1+DF).(1+L)}{1-I} - 1 \quad (4)$$

Onde:

AC = Administração Central

R = Riscos

SG = Seguro e Garantia

DF = Despesas Financeiras

L = Lucro

I = Tributos sobre o preço de venda (PIS, COFINS, ISS e CPRB)

Os dados utilizados foram obtidos do Acórdão nº 2622/2013 do Tribunal de Contas da União. Os impostos considerados para o cálculo do BDI foram o Programa de Integração Social (PIS), a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS) – que são impostos nacionais – e o Imposto Sobre Serviço (ISS), sendo o último obtido em âmbito municipal (BRASIL, Lei nº 10.865 de 2004).

Os estudos comparativos do item 2.6.1 foram realizados em diferentes anos, portanto, foi realizada a correção do valor pela inflação, aplicando o IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo). Esse índice de preços funciona como um medidor oficial da inflação e é calculado mensalmente pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) que mede a “variação de preços de determinados produtos que compõem a cesta de consumo dos brasileiros” (CORACCINI, 2021).

### **2.6.1 Estudos comparativos**

Souza (2009) promoveu um estudo comparativo entre três sistemas diferentes para uma edificação residencial unifamiliar de 42,3 m<sup>2</sup>. Foram eles Sistema Construtivo em alvenaria estrutural utilizando blocos cerâmicos e de concreto, Sistema Construtivo em paredes de gesso e Sistema Construtivo com painéis monolíticos de EPS. Além de examinar as características físicas dos componentes de cada sistema, a autora detalhou os custos dos insumos na execução de cada um e a produtividade da mão de obra. Em relação ao levantamento de paredes foram consideradas as etapas de montagem das paredes, instalações hidráulicas e elétricas, revestimento de argamassa e acabamento (SOUZA, 2009).

Para a análise foi utilizada a Tabela de Composição de Custos para Orçamentos (TCPO) da Editora PINI com dados de 2009 para fazer o levantamento dos custos dos insumos para 1m<sup>2</sup>, porém o sistema com placas de EPS contou com composição própria de custos da autora pela falta de publicações de material com essas informações na época. Os resultados encontram-se nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1 - Consumo de mão de obra na execução de paredes com revestimento entre os diferentes sistemas utilizando 1 pedreiro e 1 servente

Profissional	Quantidade de horas trabalhadas					
	BVCON	BVCER	BECON	BECER	EPS	BGES
Pedreiro	251,83	304,91	257,89	267,71	203,04	231,17
Servente	451,41	519,33	455,29	474,84	361,20	412,72
TOTAL	703,24	824,24	713,18	742,55	564,24	643,89
h/m <sup>2</sup>	16,63	19,49	16,86	17,55	13,34	15,22

BVCON=Sistema com blocos de vedação de concreto; BVCER=Sistema com blocos de vedação cerâmico; BECON=Sistema com bloco estrutural de concreto; BECER=Sistema com bloco estrutural cerâmico; EPS=Sistema monolite com EPS; BGES= Sistema com bloco de gesso.

Fonte: Souza (2009)

Tabela 2 - Custos diretos na execução de paredes com revestimento entre os diferentes sistemas

Sistema construtivo	BVCON	BVCER	BECON	BECER	EPS	BGES
Material (R\$)	17.746,64	17.136,06	18.572,16	17.518,19	19.918,40	19.379,28
Mão de obra (R\$)	9.825,93	10.552,03	9.808,25	9.979,07	8.933,15	9.426,94
TOTAL (R\$)	27.572,57	27.688,09	28.380,41	27.497,27	28.851,55	28.806,22
Custo R\$/m <sup>2</sup>	651,83	654,56	670,93	650,05	682,07	681,00

Fonte: Souza (2009)

O sistema construtivo com EPS apresentou-se como o mais vantajoso em relação ao consumo de mão de obra, e o Sistema Construtivo com blocos de vedação cerâmico constou um acréscimo de 46% na sua produtividade, sendo o maior consumo registrado na pesquisa. Entretanto, o sistema que apresentou maior custo foi o constituído por EPS, enquanto que o bloco estrutural cerâmico (BECER) mostrou-se com menor custo (SOUZA, 2009).

Siqueira (2017) observou que paredes feitas com sistema tipo sanduíche constituídas por EPS também apresentam vantagem em relação ao tempo de execução quando comparadas aos blocos cerâmicos que demandaram 2,42 vezes mais tempo (utilizando 1 pedreiro e 1 servente). Já em relação ao custo, a medição se fez por análise de custo direto utilizando como referencial de custo a tabela da TCPO fornecida pela Editora PINI e o resultado foi que, ao utilizar o sistema de EPS, o custo é elevado em 18% para a execução de 1m<sup>2</sup> de parede comparado à alvenaria tradicional. Sua pesquisa teve por base o uso de dois protótipos, tendo cada um deles 16,20m<sup>2</sup> de parede, sendo utilizado o sistema de vedação com EPS em comparação com as “prescrições da NBR 15575-4 e referências bibliográficas” (SIQUEIRA, 2017).

Medeiros (2017) analisou o custo direto para a execução da estrutura e fechamento de uma residência unifamiliar com 173,28 m<sup>2</sup> de área, comparando dois

métodos construtivos, sendo eles “sistemas construtivos de paredes sanduíche de argamassa armada com núcleo de EPS e concreto armado com fechamento em blocos cerâmicos”, onde será destacado apenas a conclusão dos resultados em relação ao levantamento das paredes neste trabalho. O levantamento de custo foi feito com base no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI) e através de pesquisa de mercado para os painéis sanduíche. O tempo de execução não foi medido pelo autor.

Para a construção de paredes pelo método tradicional, o autor chegou a um custo de R\$5.911,90 e, para o sistema tipo sanduíche resultou em R\$12.949,95, alcançando um acréscimo de 119,05% na construção total das paredes. Todavia, o resultado final da obra, considerando apenas o material utilizado para paredes, vigas, pilares e lajes, foi de que o levantamento com EPS tornou-se mais vantajoso, com uma redução de custo de 10% (MEDEIROS, 2017).

Mendes e Pereira (2021) realizaram um estudo de caso de uma residência unifamiliar comparando o custo de materiais e mão de obra do sistema monolítico em EPS e vedação em bloco cerâmico utilizando, majoritariamente, a SINAPI para composição de valores unitários e, para as placas com EPS, foram utilizados dados fornecidos e coletados da obra. Para o detalhamento da análise foi considerado a construção da fundação, estrutura, alvenaria, laje e acabamento de parede. Os resultados estão apresentados na tabela 3.

Tabela 3 - Comparativo de custo por etapa construtiva entre o sistema construtivo com EPS e o método convencional com concreto armado

DESCRIÇÃO	CUSTO TOTAL EPS (R\$)	CUSTO TOTAL BLOCO CERÂMICO (R\$)	EPS x CONCRETO ARMADO (%)
Serviços preliminares	5.671,88	5.671,88	0
Infraestrutura	16.359,72	24.339,71	33
Superestrutura	64.976,99	91.011,94	29
Paredes	54.102,04	38.603,76	-40
Impermeabilização	1.567,62	3.924,40	63
Revestimento de parede	49.302,94	47.465,12	-4
Contrapiso	4.893,68	14.155,28	65

Fonte: Mendes e Pereira (2021) adaptado.

Quando se analisa apenas o levantamento de paredes há um acréscimo de 40,15% no custo quando utilizado o sistema monolítico. Entretanto, os autores concluíram que houve uma redução de 12,61% no total dos custos considerado a

etapa de infraestrutura, superestrutura, paredes e painéis, impermeabilização e revestimentos. Outro ponto levantado foi o tempo para montagem dos painéis, que resultou em uma produtividade de 0,15h/m<sup>2</sup>, enquanto que para a aplicação do bloco cerâmico levou 0,43h/m<sup>2</sup>. (MENDES e PEREIRA, 2021).

Moreira e Comim (2022) realizaram uma pesquisa com embasamento em artigos, livros e monografias tendo por finalidade comparar o desempenho, produtividade, eficiência energética e viabilidade econômica do levantamento de vedação em alvenaria convencional com blocos cerâmicos e com a painéis sanduíche com núcleo de poliestireno expandido (EPS). Para comparação o estudo tomou por base uma residência unifamiliar de 44,5m<sup>2</sup>. As autoras concluíram que os valores de custo mais significativos foram os relacionadas ao levantamento de paredes, onde a vedação feita com painéis de EPS apresentou aumento de 32,53% no orçamento comparado às paredes feitas com alvenaria de blocos cerâmicos. Porém quando se leva em consideração as vigas e pilares, a obra feita com blocos cerâmicos convencionais se mostrou 24,83% mais cara. O tempo de execução não foi medido pelas autoras.

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

Para o desenvolvimento do trabalho, é feita comparação entre três obras em fase de construção. A primeira é uma obra residencial unifamiliar padrão normal (ABNT NBR 12721/2006) com 160,44m<sup>2</sup> de área a construir composta por, aproximadamente, 540 m<sup>2</sup> de área de parede (calculado com o auxílio do *software Revit®* da *Autodesk®*), produzida com alvenaria convencional de tijolos de argila, a qual será intitulada “Empreendimento A” (figura 14). A segunda e a terceira obra são residências unifamiliares padrão normal (ABNT NBR 12721/2006), compostas pelas placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche, que serão intituladas “Empreendimento B”, com 214 m<sup>2</sup>, e “Empreendimento C”, com 383 m<sup>2</sup> (figuras 15 e 16, respectivamente). Também foi utilizado, para comparação e análise dos resultados, os estudos elaborados pelos autores mencionados no item 2.6.1.

Foram coletadas informações sobre o processo executivo através de observações diretas, análise de relatório de obras e entrevistas com os profissionais e colaboradores envolvidos nas obras, as informações levantadas encontram-se na

tabela 4. Todos os empreendimentos estavam em processo de construção quando este estudo foi feito. Assim, esta pesquisa é classificada como um estudo de caso.

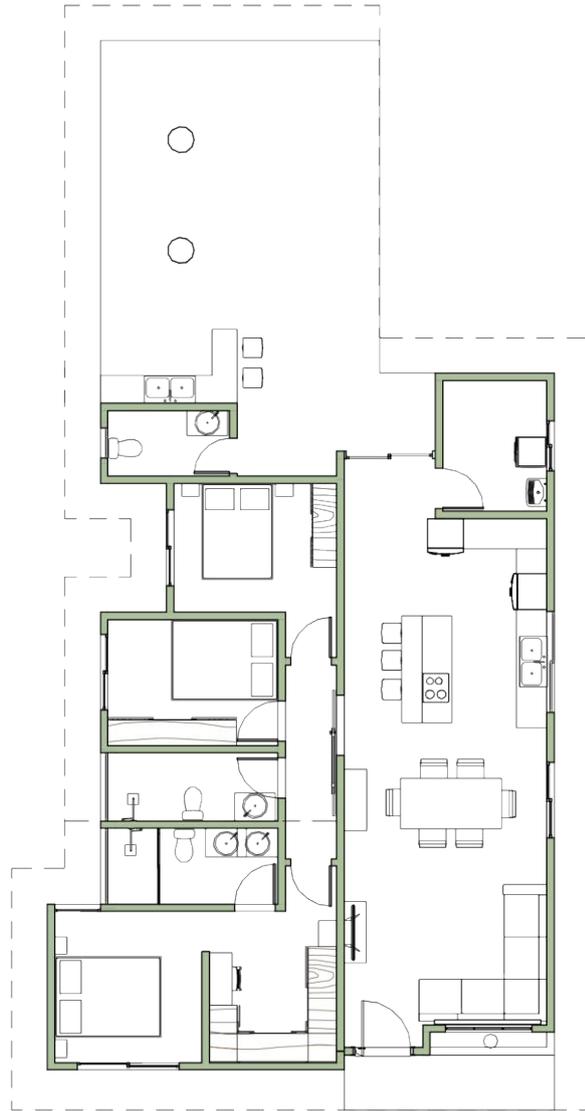
Tanto na análise da alvenaria convencional quanto na construção com EPS, a contagem de produtividade foi medida pelo trabalho dos operários por metro quadrado de parede levantada. Esse procedimento de análise objetiva deduzir o custo-benefício por metro quadrado para cada tipo de método construtivo.

Tabela 4 - Características dos empreendimentos e da alvenaria utilizada em cada obra

	<b>EMPREENHIMENTO A</b>	<b>EMPREENHIMENTO B</b>	<b>EMPREENHIMENTO C</b>
<b>Tipo de alvenaria</b>	Convencional com tijolos	Placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche	Placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche
<b>Área a ser construída</b>	161 m <sup>2</sup>	214 m <sup>2</sup>	383 m <sup>2</sup>
<b>Tamanho das peças utilizadas</b>	24 x 11,5 x 14 cm	90 x 90 x 15 cm	90 x 90 x 15 cm
<b>Número de pavimentos</b>	1	1	2

Fonte: elaborado pela autora (2022).

Figura 14 - Planta baixa do empreendimento A - Escala 1:150



Fonte: Acervo próprio (2022).

Figura 15 - Empreendimento B em processo de execução



Fonte: Acervo próprio (2022).

Figura 16 - Empreendimento C em processo de execução



Fonte: Acervo próprio (2022).

### 3.1 LEVANTAMENTO DE MATERIAIS

Para Sabbatini *et al.* (2020) os materiais levantados para execução de paredes internas e externas deverão ser atendidos conforme projeto e determinantes econômicos englobando, também, a mão de obra disponível, obedecendo às normas, padrão de qualidade e exigências do usuário. Em alvenaria convencional, Milito (2009) discrimina o processo produtivo apontando os componentes utilizados em cada etapa do levantamento da vedação vertical, sendo eles o substrato de tijolos, argamassa de assentamento, chapisco, emboço, reboco e acabamento. Esse sistema de construção é a escolha mais natural no Brasil e nota-se que está presente na maioria das edificações do país (CAMPOS; LARA, 2012).

Para o empreendimento A foi utilizado tijolo cerâmico de argila vazado com 6 furos, moldados com arestas vivas retilíneas, com dimensões de 24 x 11,5 x 14 cm (C x L x H) assentados com material cimentício, o revestimento foi feito aplicando-se chapisco e reboco. Já nos empreendimentos B e C é necessário, além das próprias peças já caracterizadas na seção 2.3.1, apenas assentamento com material cimentício, não se faz necessário chapisco, emboço e reboco, sendo aplicado diretamente o acabamento com massa corrida para a pintura, se assim for solicitado. Dessa forma, o Quadro 3 apresenta um comparativo das etapas construtivas.

Quadro 4 - Etapas construtivas até o acabamento para cada tipo de sistema

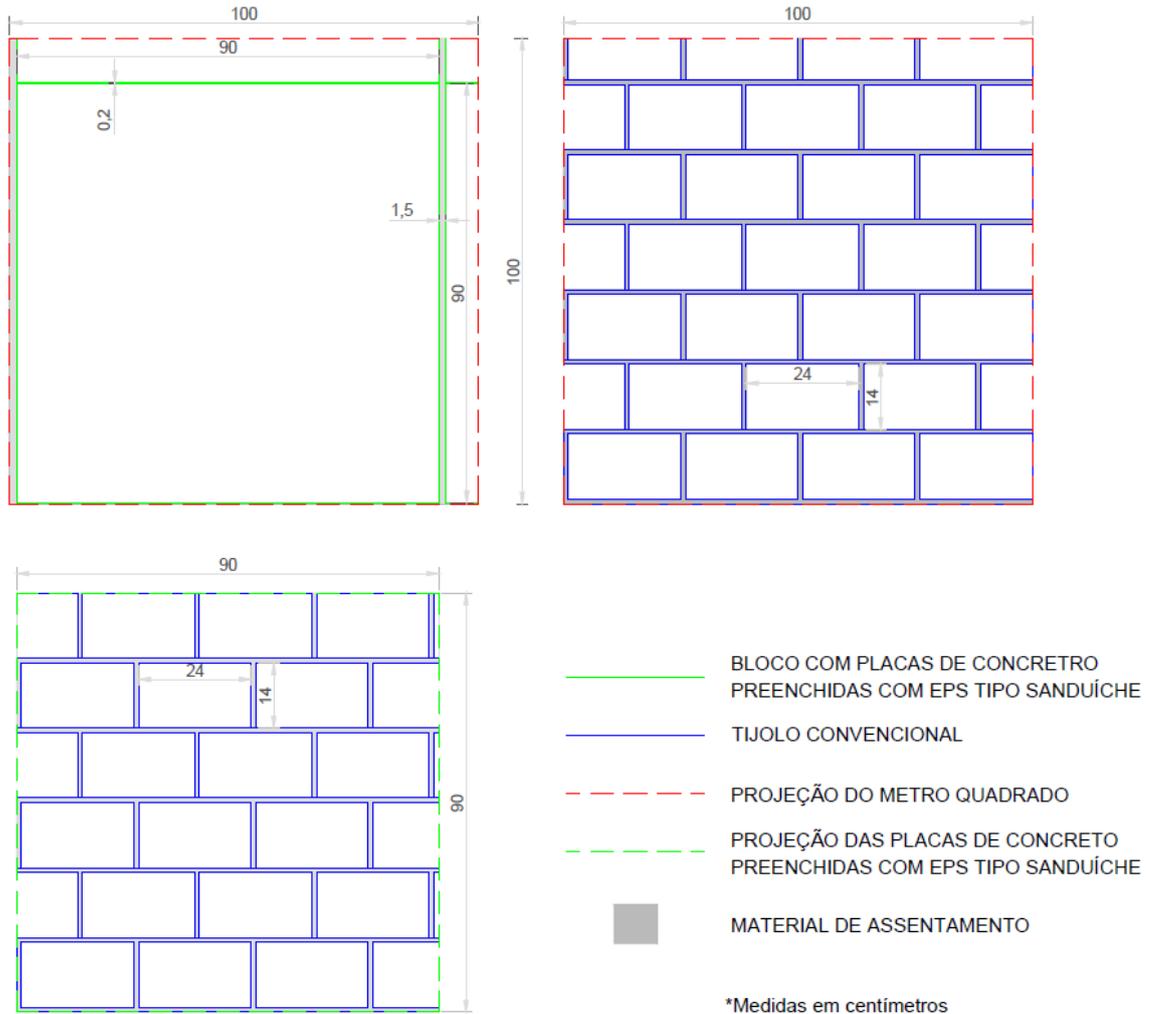
ETAPA ATÉ O ACABAMENTO	MÉTODO CONSTRUTIVO	
	Tijolo convencional	Estrutura com placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche
Assentamento com material cimentício	✓	✓
Chapisco	✓	X
Emboço	✓	X
Reboco	✓	X
Massa corrida	✓	✓

Fonte: elaborado pela autora (2022).

Para o cálculo das quantidades de projeto e melhor resolução do sistema foi utilizado o auxílio do *software AutoCAD®* da *Autodesk®*, como mostra a Figura 17.

Observa-se que para cada fiada levantada com os blocos pré-fabricados de concreto preenchidos com EPS, é necessário executar 6 fiadas de tijolo.

Figura 17 - Representação do assentamento de paredes com alvenaria convencional e alvenaria com placas de concreto preenchidas com EPS



Fonte: elaborado pela autora (2022).

O assentamento das placas tipo sanduíche é feito diferentemente do processo realizado para alvenaria convencional, sendo na direção vertical de uma maneira, e na horizontal de outra. Na horizontal, é projetado para que corresponda a 2 cm de argamassa na parte vazada das placas, totalizando 4 cm de assentamento, juntamente é instalado um fio de aço, de diâmetro 5mm, a cada fiada com comprimento equivalente à dimensão da parede. Já na vertical se faz o derretimento de 10 cm de EPS para cada lado e aplica-se concreto, também é instalado um fio de

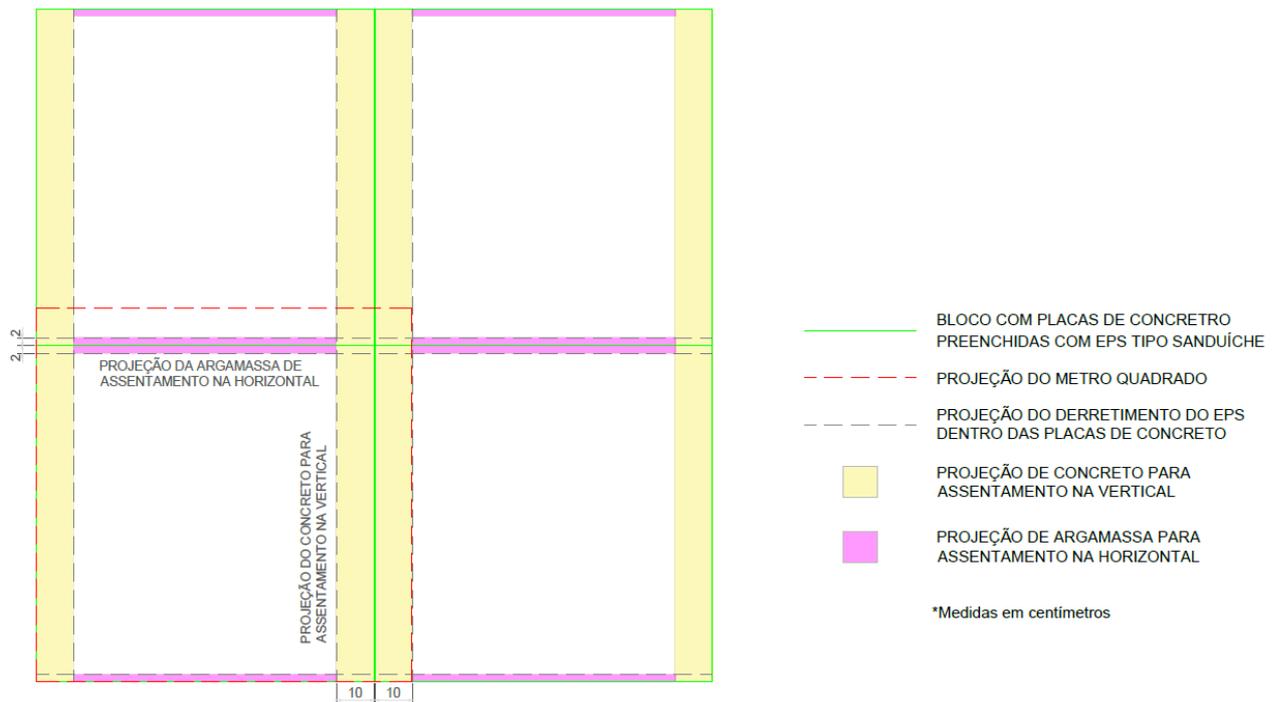
aço como na horizontal. A Figura 18 mostra a execução em obra do resultado e, na sequência, a Figura 19 mostra um desenho esquemático da instalação.

Figura 18 - Assentamento das placas tipo sanduíche (a) e instalação do fio de aço na fiada (b)



Fonte: acervo próprio (2022).

Figura 19 - Representação esquemática do material de assentamento interior das placas de concreto preenchidas com EPS



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Para o método com alvenaria convencional, a argamassa de assentamento foi produzida com cimento tipo CPII-F-32, areia fina e aditivo plastificante, com traço 1:5:0,33 (cimento:areia:adição) projetada para ter, aproximadamente, 10 mm de espessura e assentada tradicionalmente por toda a face de contato da peça. O revestimento foi projetado para atender à espessura aproximada de 2 mm, feito com argamassa de traço 1:3, com uma matriz composta por cimento CPII-F-32 e areia fina. O emboço e o reboco, produzidos com argamassa de traço 1:5:0,33, têm os mesmos materiais da argamassa de assentamento projetados para preencher 10mm de espessura. Todas as etapas de revestimento foram feitas igualmente tanto para as paredes internas, como externas.

Nas placas tipo sanduíche, para a argamassa e para o concreto foram utilizados cimento CPII-F-32 e areia média, sendo que, no concreto, foi utilizado brita 0. O traço da argamassa é de 1:3 e do concreto de 1:3:3, para execução, também é necessário o uso de arame recozido e ripa de madeira para o alinhamento das placas.

Assim sendo, cada método construtivo demanda diferentes tipos de materiais para execução, como mostra o Quadro 5. Dessa maneira o levantamento da

quantidade de materiais é feito com base nos cálculos de projeto, está apresentado na Tabela 5.

Quadro 5 - Características dos materiais utilizados em cada etapa construtiva

<b>TIJOLO CONVENCIONAL</b>			
	Argamassa de assentamento	Chapisco	Reboco
Cimento	CPII-F-32	CPII-F-32	CPII-F-32
Areia	Fina	Fina	Fina
Aditivo	Plastificante	-	Plastificante
Traço	1:5:0,33 (cimento:areia:aditivo)	1:3	1:5:0,33 (cimento:areia:aditivo)
<b>PLACA PRÉ-FABRICADA DE CONCRETO PREENCHIDA COM EPS TIPO SANDUÍCHE</b>			
	Argamassa assentamento	Concreto de assentamento	
Cimento	CPII-F-32	CPII-F-32	
Brita	-	0	
Areia	Média	Média	
Aço	CA60 $\Phi$ 5mm	CA60 $\Phi$ 5mm	
Traço	1:3	1:3:3	
Ripa de madeira	2,4 x 5,7 cm		
Arame recozido	BWG nº 16		

Fonte: elaborado pela autora (2022).

Tabela 5 - Quantitativo das peças e de material cimentício para cada m<sup>2</sup> de parede

<b>TIJOLO CONVENCIONAL</b>	
Nº de peças	29,65
Assentamento com argamassa	0,0123 m <sup>3</sup>
Chapisco	0,0060 m <sup>3</sup>
Reboco	0,0200 m <sup>3</sup>
<b>PLACAS DE CONCRETO PREENCHIDAS COM EPS PRÉ-FABRICADA TIPO SANDUÍCHE</b>	
Nº de peças	1,20
Assentamento com argamassa	0,0065 m <sup>3</sup>
Assentamento com concreto	0,0450 m <sup>3</sup>

Fonte: elaborado pela autora (2022).

A adição utilizada na substituição de cimento para formar a argamassa na alvenaria convencional é de mineral filito cinza, segundo Paco (2021), a massa específica desse tipo de material é  $\gamma = 2,584 \text{ g/cm}^3$ . Já, a massa específica do cimento CII-F-32, como consta Votorantin (2020), marca do cimento utilizada nas três obras, é, em média,  $\gamma = 3,000 \text{ g/cm}^3$ . Tendo isso em vista, a quantidade projetada de material utilizado por metro quadrado de parede é:

Tabela 6 - Quantitativo dos componentes para execução de um metro quadrado de parede

<b>TIJOLO CONVENCIONAL</b>						
	Cimento (kg)		Areia (m <sup>3</sup> )		Aditivo (kg)	
Argamassa de assentamento	0,920		0,00153		0,264	
Chapisco	1,125		0,00188		-	
Reboco	1,496		0,00249		0,429	
Total	3,541		0,00590		0,694	
<b>PLACAS PRÉ-FABRICADAS DE CONCRETO PREENCHIDAS COM EPS TIPO SANDUÍCHE</b>						
	Cimento (kg)	Brita (m <sup>3</sup> )	Areia (m <sup>3</sup> )	Aço CA60 $\Phi$ 5mm (m)	Ripa de madeira (m)	Arame recozido (m)
Argamassa de assentamento (horizontal)	1,221	-	0,00122	1	0,8	2
Concreto de assentamento (vertical)	2,755	0,00276	0,00276	1	0,8	2
Total	3,976	0,00276	0,00398	2	1,6	4

Fonte: elaborado pela autora (2022).

### 3.2 MÃO DE OBRA

Para a obra observada, a qual foi realizada com tijolos, foram necessários 2 pedreiros e 1 servente, sendo que no processo executivo das paredes apenas 1 operador realizou o assentamento. Para estruturas tipo sanduíche, tanto no empreendimento B, quanto no empreendimento C foi contado com os serviços de 1 pedreiro e 3 serventes, sendo necessário 2 operadores trabalhando diretamente para o levantamento das fiadas, sendo 1 pedreiro e 1 servente para esse serviço em específico.

Quadro 6 - Características dos materiais utilizados em cada etapa construtiva

Método construtivo	Alvenaria convencional	Placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche	
	Empreendimento A	Empreendimento B	Empreendimento C
Proporção pedreiro:servente	2:1	1:3	1:3
Nº de operadores para levantar uma fiada	1	2	2
Jornada de trabalho	8 horas por dia	8 horas por dia	8 horas por dia
Tipo de análise	Execução da quantidade de m <sup>2</sup> de parede por dia		

Fonte: elaborado pela autora (2022).

### 3.3 COEFICIENTE DE PRODUTIVIDADE

No empreendimento A, a jornada de trabalho dos operadores é de 40 horas por semana. Para a finalização do assentamento dos tijolos, da primeira fiada até o encunhamento, foram contados 20 dias úteis de execução com 2 operadores, totaliza-se 320 horas de trabalho, para a realização do acabamento com chapisco e reboco, foi necessário 1 operador para a finalização de 29,75 m<sup>2</sup> de parede em 16 horas de trabalho.

Para os empreendimentos B e C, a jornada de trabalho dos operadores é de 40 horas semanais, sendo necessário, como já visto, 2 operários para o assentamento das peças, sendo que cada fiada demanda um tempo específico para assentamento, onde os resultados foram obtidos através de entrevista com os operários. A diminuição de produção de uma fiada a outra se dá devido à dimensão da peça, ao seu peso e à execução, a qual demanda dois operadores para o seu manuseio.

Para o cálculo da produtividade a análise foi feita com base em observação direta do empreendimento A e, para o empreendimento B e C foram necessárias entrevistas com os operadores. Na obra realizada com alvenaria convencional 1 pedreiro e 1 servente trabalharam na execução das vedações verticais, e nos empreendimentos B e C foi relatado 1 pedreiro e 1 servente trabalhando na execução

do assentamento das placas. Dessa forma, com base nos dados apresentados anteriormente, calculou-se o a hora ocupada para a construção de 1 metro quadrado de parede.

Tabela 7 - Coeficiente de produtividade de mão de obra em alvenaria convencional

<b>ALVENARIA CONVENCIONAL - EMPREENDIMENTO A</b>		
	Assentamento de tijolos	Revestimento (chapisco + reboco)
Nº de operadores	2	1
Área executada	540,00 m <sup>2</sup>	29,75 m <sup>2</sup>
Tempo	320 h	16 h
Coeficiente de Produtividade	0,59 h/m <sup>2</sup>	0,54 h/m <sup>2</sup>

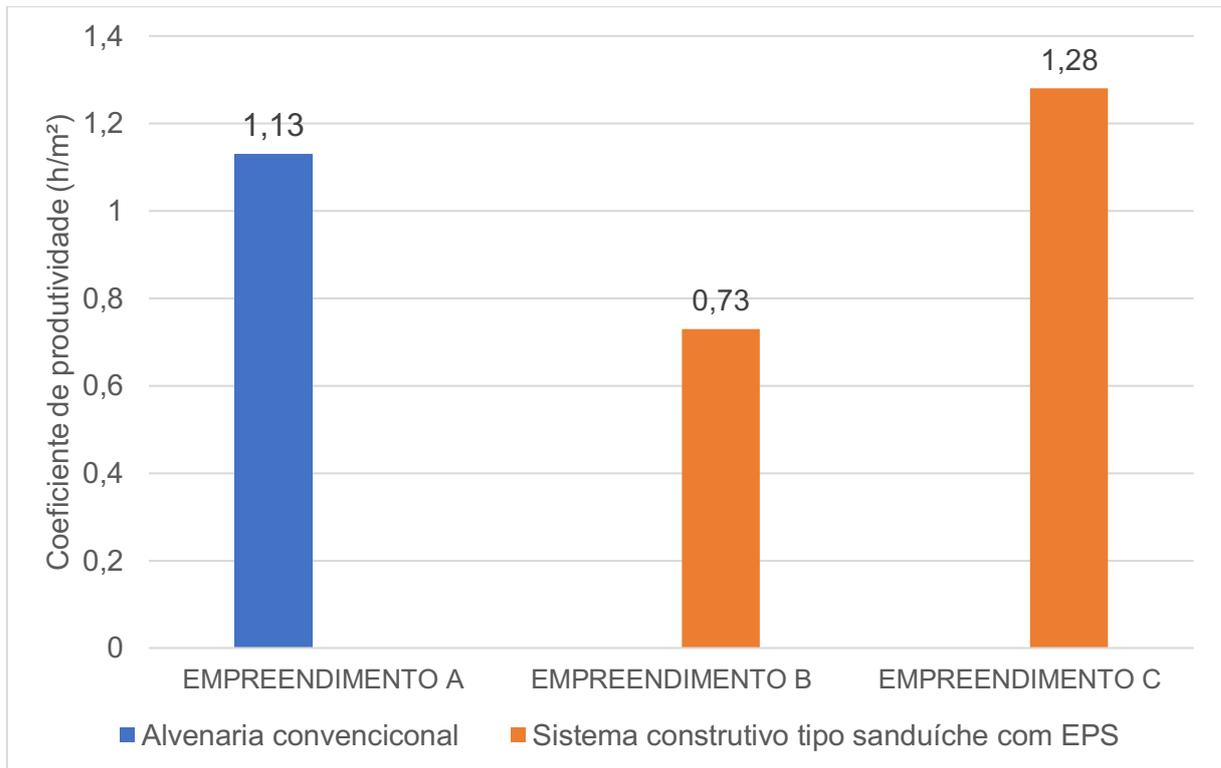
Fonte: elaborado pela autora (2022).

Tabela 8 - Coeficiente de produtividade da mão de obra com placas pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche

	<b>EMPREENDIMENTO B</b>	<b>EMPREENDIMENTO C</b>
Nº de operadores	2	2
Área executada	21,92 m <sup>2</sup>	12,50 m <sup>2</sup>
Tempo	16 h	16 h
Coeficiente de Produtividade	0,73 h/m <sup>2</sup>	1,28 h/m <sup>2</sup>

Fonte: elaborado pela autora (2022).

Gráfico 1 - Coeficiente de produtividade até o acabamento da parede



Fonte: elaborado pela autora (2022).

### 3.4 CUSTOS

A composição de custos realizada neste trabalho avalia, primeiramente, o custo direto baseado nos valores de projeto e nos preços fornecidos no mercado utilizadas na construção civil, considerando a disponibilidade, em âmbito regional, de materiais e mão de obra, essa composição encontra-se nas tabelas. Para comparação direta entre os empreendimentos, também, é feito o levantamento de preços através do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI/PR) detalhado nos apêndices A, B e C.

Em seguida é feita uma correlação com os estudos comparativos de custos apresentados na seção 2.6.1 tendo seus valores corrigidos pelo IPCA (Índice de Preços ao Consumidor Amplo) já que os trabalhos foram realizados em anos diferentes. Também é calculado o custo indireto para o levantamento das paredes sendo utilizado o BDI (Benefícios e Despesas Indiretas) sobre os valores dos insumos. O detalhamento dos custos está apresentado nos Anexos A, B, C e D, sendo que a tabela de custo de Mendes e Pereira (2021) não é apresentada, pois os autores não forneceram sua descrição detalhada.

Para empreendimento A foi fornecido, pelo cliente, a tabela de custos dos insumos da obra, a qual foi tomada por base para análise, já para os empreendimentos B e C a empresa não forneceu essas informações, dessa maneira o levantamento do custo dos materiais foi feito calculando a média do fornecimento de preços de empresas localizadas na região, pois, para efeitos de comparação, optou-se por utilizar da mesma fonte de precificação. A descrição de todos os preços levantados encontra-se nos apêndices e anexos.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na questão produtividade, o empreendimento B apresentou maior vantagem, chegando a uma diminuição de 64,60% no tempo para execução de 1 m<sup>2</sup> de vedação vertical em relação à alvenaria convencional. Porém o empreendimento C apresentou um aumento de 13,27% no tempo para a mesma finalidade em relação à execução realizada com tijolos. Observando a obra e entrevistando os operadores, nota-se que essa diminuição de produtividade, para o empreendimento C, se dá devido à falta de experiência da mão de obra da equipe contratada, dado que foi a primeira obra realizada com as placas tipo sanduíche pela equipe.

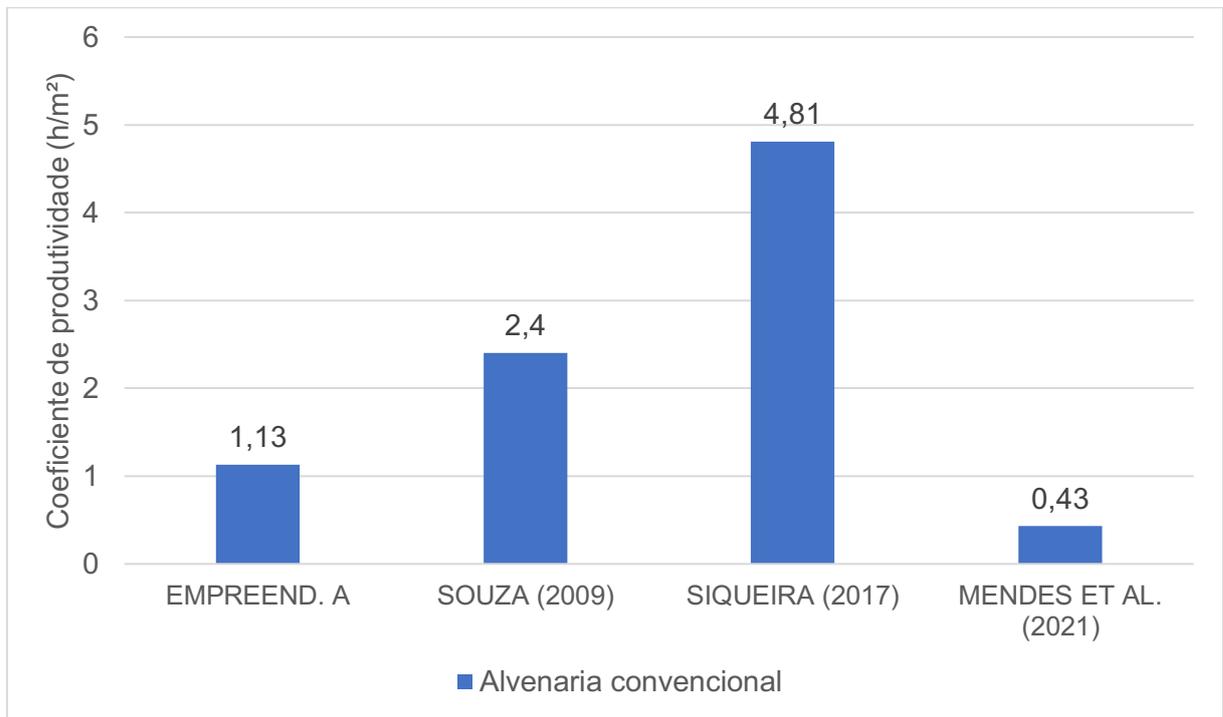
Quadro 7 - Comparativo do coeficiente de produtividade por m<sup>2</sup> entre o estudo de caso e os resultados de estudos existentes

	Fonte	Parede em alvenaria convencional	Parede com EPS		Comparativo (%)*
			Tipo de método construtivo	Produtividade	
Autora (2022)	Empreendimento A	1,13h/m <sup>2</sup>			
	Empreendimento B		PLACA DE CONCRETO PRÉ FABRICADA	0,73h/m <sup>2</sup>	+64,6%
	Empreendimento C			1,28h/m <sup>2</sup>	-13,3%
	Souza (2009)	2,40h/m <sup>2</sup>	SISTEMA MONOLITE	1,41h/m <sup>2</sup>	+58,8%
	Siqueira (2017)	4,81h/m <sup>2</sup>	SISTEMA MONOLITE	1,92h/m <sup>2</sup>	+39,9%
	Mendes et al. (2021)	0,43h/m <sup>2</sup>	SISTEMA MONOLITE	0,15h/m <sup>2</sup>	+34,9%

\*A representação "+" significa que há um ganho de produtividade e "-" significa perda.

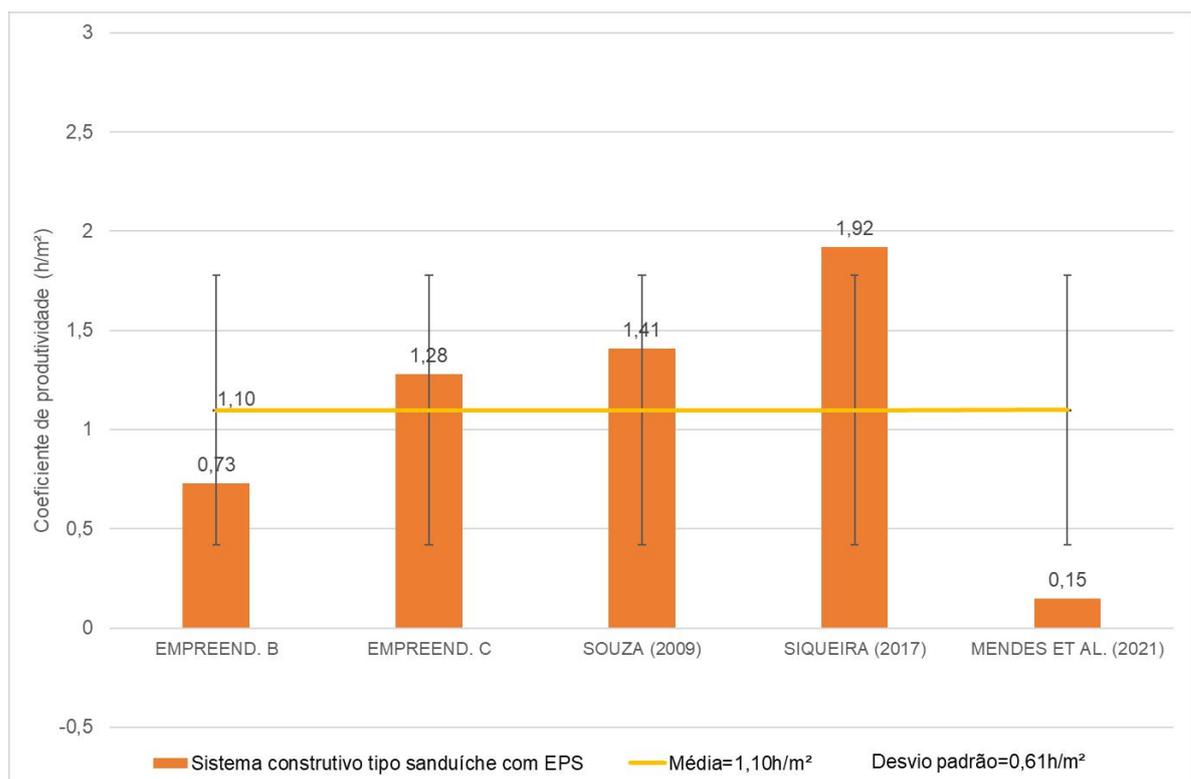
Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Gráfico 2 - Comparativo do coeficiente de produtividade de levantamento de paredes em alvenaria convencional



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Gráfico 3 - Comparativo do coeficiente de produtividade de levantamento de paredes com sistema construtivo tipo sanduíche preenchido com EPS



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Com base nos dados obtidos e nos estudos de Souza (2009), Siqueira (2017) e Mendes e Pereira (2021) foi possível obter um desvio padrão de 0,67h/m<sup>2</sup> e uma média de 1,10h/m<sup>2</sup> na produtividade da execução de paredes com EPS. Quando se refere às paredes levantadas pelo método tradicional de tijolos, o desvio padrão resulta em 1,67h/m<sup>2</sup> e a média alcança 2,19h/m<sup>2</sup>, uma diferença, na média, de 1,09h/m<sup>2</sup>.

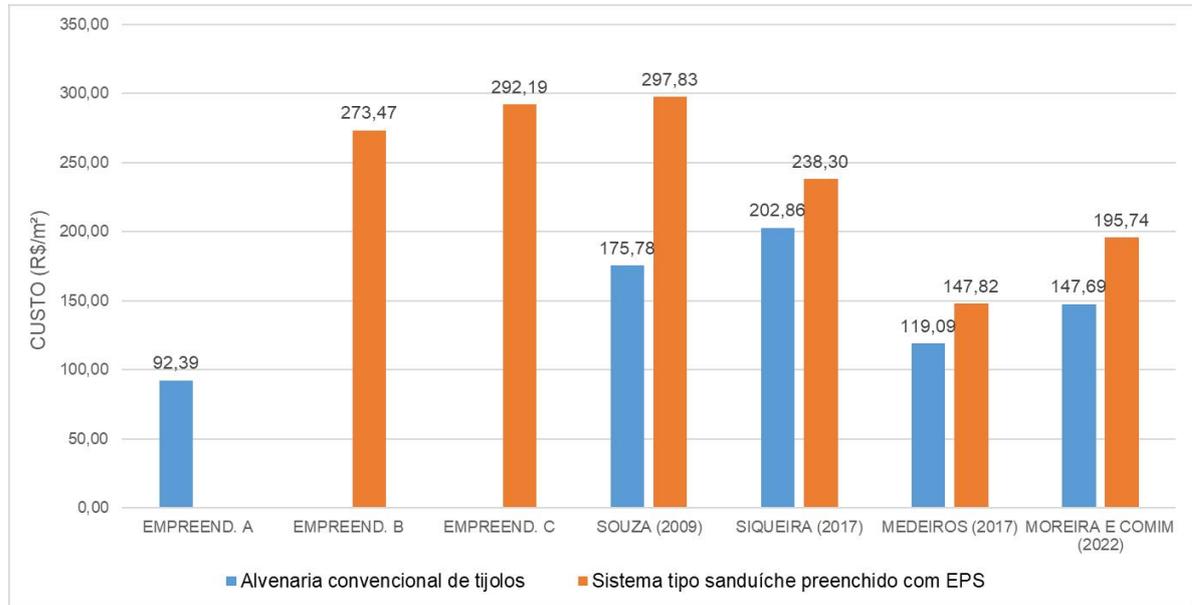
Em relação aos custos, houve acréscimo em todos os estudos feitos com EPS. O custo para o levantamento de paredes com as placas de concreto pré-fabricadas preenchidas com EPS encontra-se entre os mais altos, como mostra o Quadro 8 e gráfico 4. Também, nota-se, para o empreendimento B um acréscimo de 17% no preço final quando feito por cotação local e, para o empreendimento C um aumento de 11%.

O desvio padrão obtido para as paredes com EPS foi de R\$57,35 e a média foi de R\$261,48, como mostra o gráfico 5. Foram considerados tanto os custos obtidos por tabelas referenciais como por cotação local. Nota-se um acréscimo de R\$121,48 na média.

Quadro 8 - Comparativo de custo por m<sup>2</sup> entre o estudo de caso e os resultados de estudos existentes

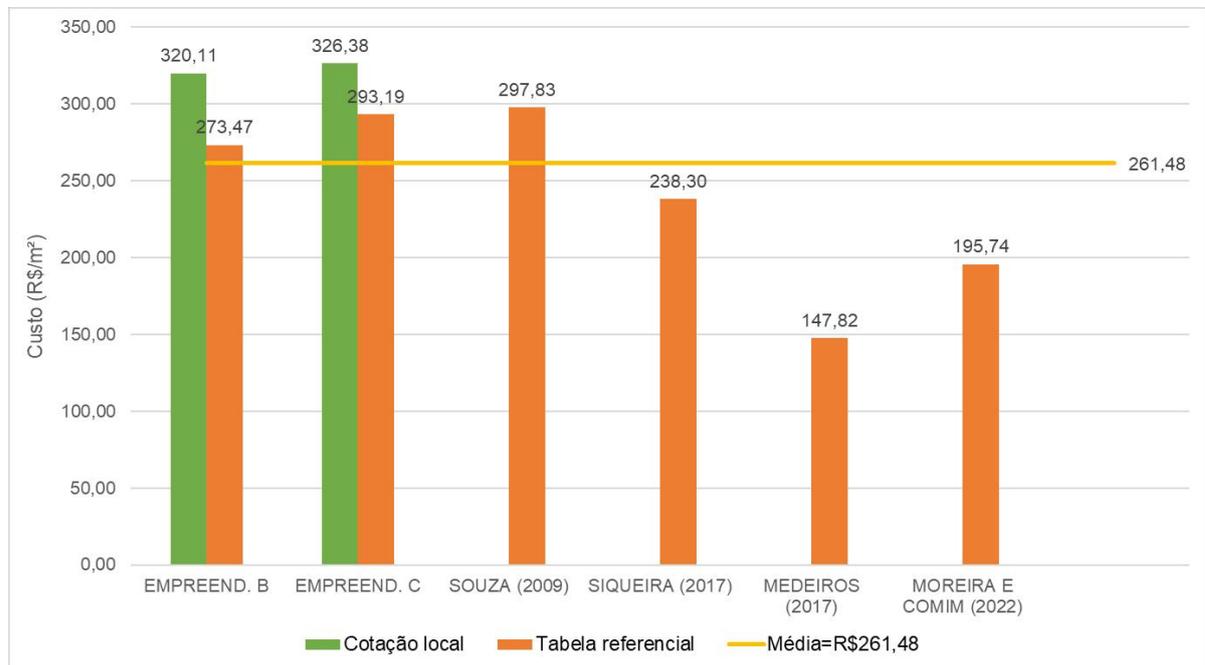
	Fonte	Referência de preços	Parede em alvenaria convencional	Parede com EPS	Comparativo
Autora (2022)	Empreendimento A	SINAPI	R\$ 92,39		
	Empreendimento B	SINAPI		R\$ 273,47	196,0%
	Empreendimento C	SINAPI		R\$ 293,19	217,3%
	Empreendimento A	COTAÇÃO LOCAL	R\$ 102,94		
	Empreendimento B	COTAÇÃO LOCAL		R\$ 320,11	211,0%
	Empreendimento C	COTAÇÃO LOCAL		R\$ 326,38	217,1%
	Souza (2009)	TCPO	R\$ 175,78	R\$ 297,83	69,4%
	Siqueira (2017)	TCPO	R\$ 202,86	R\$ 238,30	17,5%
	Medeiros (2017)	SINAPI	R\$ 119,09	R\$ 147,82	24,1%
	Moreira e Comim (2022)	SINAPI	R\$ 147,69	R\$ 195,74	32,5%

Fonte: Elaborado pela autora (2022)

Gráfico 4 - Comparativo de custos por m<sup>2</sup> levantados através de tabelas referenciais

Fonte: elaborado pela autora (2022).

Gráfico 5 - Custos de obras executadas com método construtivo tipo sanduíche preenchido com EPS



Fonte: elaborado pela autora (2022).

Utilizando os dados de produtividade e custo para o método construtivo com EPS dos empreendimentos A, B e C e os estudos comparativos citado acima, são obtidas as médias e desvios padrões para medir o coeficiente de variação dos

quantitativos, como mostra a tabela 9. Com relação à produtividade os resultados mostraram-se pouco precisos devido ao coeficiente de variação maior, entretanto o custo apresentou um valor mais acurado com 21,93%.

Tabela 9 - Coeficiente de variação do coeficiente de produtividade e do custo para os empreendimentos construídos com sistema tipo sanduíche preenchido com EPS

	<b>Desvio padrão</b>	<b>Média</b>	<b>Coeficiente de variação</b>
<b>Coeficiente de produtividade</b>	0,67h/m <sup>2</sup>	1,10h/m <sup>2</sup>	60,91%
<b>Custo</b>	R\$57,35/m <sup>2</sup>	R\$261,48	21,93%

Fonte: elaborado pela autora (2022).

Com relação às peças pré-fabricadas de concreto preenchidas com EPS tipo sanduíche, o aumento de produtividade se dá justamente por elas serem pré-fabricadas e não demandarem chapisco e reboco para receber acabamento. O fator de maior contribuição para o elevado custo é o preço da peça em si, que contribui, em média, com 73,05% do valor total do metro quadrado. Em relação ao sistema monolítico dos estudos comparativos, a alta produtividade se dá ao fato de contar com um projetor de argamassa para a execução de revestimento, conseguindo realizar 60m<sup>2</sup>/h (SOUZA, 2009).

A utilização da execução de paredes tipo sanduíche com EPS apresentou, em todos os estudos, maior custo e maior produtividade, entretanto, no sistema monolítico, o elevado custo se destacou apenas na execução de paredes, resultando num menor preço no total final da obra. Com as placas pré-fabricadas no presente estudo não foi considerado o custo final dos empreendimentos, portanto não é possível efetuar comparação no que tange ao custo total das obras.

## **5 CONCLUSÕES**

A procura por melhorar a eficiência do levantamento de paredes influencia consideravelmente no rendimento do produto final do empreendimento e não apenas na execução da vedação vertical em si. A substituição da alvenaria convencional pelo método construtivo tipo sanduíche preenchido com EPS não compensa em relação ao custo quando feita a análise individual do levantamento do metro quadrado de parede haja vista um aumento de, aproximadamente, 356% nesse parâmetro. Porém houve um aumento de 99,45% na produtividade obtendo os dados da média do coeficiente de produtividade de cada método construtivo.

Também, é necessário o estudo total da obra, considerando desperdício, peso próprio das paredes que interferem no cálculo das estruturas e instalações hidráulicas e elétricas no interior da vedação vertical, pois quando comparado ao produto final da obra, o uso do sistema monolítico apresentou-se menos custoso. Por esse motivo é necessário realizar maiores estudos desse método construtivo, haja vista sua introdução recente no mercado e os resultados de produtividade apresentados neste trabalho para melhor apuração das análises.

Quando não há uma equipe treinada para o levantamento desse tipo de alvenaria não é possível considerar um aumento na produtividade, pelo contrário, é uma queda nesse parâmetro, como mostram os resultados do empreendimento C.

## **6 TRABALHOS SUGERIDOS**

São recomendadas análises do isolamento térmico, isolamento sonoro, resistência mecânica dos materiais envolvidos, tal qual da peça como um todo e quantificar o desperdício. É interessante, também, fazer um estudo focado em modificar a matriz que compõe a placa com o intuito de diminuir o peso e o custo da peça final, pois a mesma representa 76,07% do valor total dos materiais e, conforme os relatos dos operadores, houve complicações no manuseio do produto por conta do peso do mesmo, podendo prejudicar a saúde dos funcionários.

## REFERÊNCIAS

- AMOS, J. **Nova cavidade misteriosa é descoberta dentro da Grande Pirâmide de Gizé**. BBC News Brasil. 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/geral-41847597>. Acesso em: 2 mar. 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11172**: aglomerantes de origem mineral. Rio de Janeiro: ABNT, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11752**: materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial: especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: edificações habitacionais: desempenho: parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15873**: coordenação modular para edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16475**: Painéis de parede de concreto pré-moldado — Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- ASSUMPÇÃO, R. T. **Apostila de resistência dos materiais**. Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2009.
- AZEVEDO, M. C. **Organização do conhecimento relativo à execução das paredes de alvenaria**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.
- BASTOS, P. S. **Apostila de estruturas de concreto I**. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.
- BERTINI, A. A. **Estruturas tipo sanduíche com placas de argamassa projetada**. 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.
- BERTRAM, N *et al.* **Modular construction: From projects to products**. Chicago: McKinsey & Company, 2019.
- BINKOWSKI, I. S. **Estudo de caso: Execução de sistema de fechamento vertical com placas de concreto pré-fabricadas**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019.
- BRASIL. Lei nº 10.865, de 30 de abril de 2004. Dispõe sobre a Contribuição para os Programas de Integração Social e de Formação do Patrimônio do Servidor Público e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social incidentes sobre a importação de bens e serviços e dá outras providências. Ministério da Fazenda. 30

de abril de 2004. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/lei/l10.865.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/lei/l10.865.htm). Acesso em 06 dez 2022.

BRASIL. Tribunal de Contas Da União. Acórdão nº 2622/2013. Processo nº TC 036.076/2011-2. Relator Ministro-Substituto Marcos Bemquerer Costa. **Acórdão**, 25 set 2013.

CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **A produtividade da construção civil brasileira**. CBIC: Brasília, 2012.

CAMILLO, M. G. D. **Análise da utilização de chapas e placas industrializadas nas vedações verticais internas em construções residenciais na Região Sul do Brasil**. 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

CARNEIRO, L. B.; LIMA, F. C. Índice de produtividade na execução de alvenaria: estudo de caso na edificação de um laboratório para Ufersa-Caraubas-RN. **VETOR - Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, v. 25, n. 1, p. 76–94, 2015.

CARRARO, F. **Produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria**. 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

CHASTRE, C.; LÚCIO, V. **Estruturas pré-moldadas no mundo: aplicações e comportamento estrutural**. São Paulo: Parma, 2012.

COÊLHO, R. S. A. **Concreto armado na prática**. São Luís: UEMA Ed., 2008.

CONHEÇA a origem do produto que tem surpreendido o mercado de construção civil. **Revista BLOCOM**. 1. Ed. Ano 1, p. 2, Ubá, 2019.

CORACCINI, Raphael. **Entenda o que é IPCA e como esta taxa de inflação impacta o seu bolso**. CNN Brasil Business, São Paulo, 09 de setembro de 2021. Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/business/ipca-o-que-e-e-como-e-calculado-o-principal-indice-de-inflacao-do-pais/>. Acesso em: 29 nov. 2022.

DAL MOLIN, D. C. C. Adições minerais para concreto estrutural. *In*: ISAIA, G. C. (ed.). **Concreto: ensino, pesquisa e realizações**. São Paulo: IBRACON, 2005. p. 345-380.

DORFMAN, G. **Flexibilidade como balizador do desenvolvimento das técnicas de edificações no século XX**. 2002. 9 p. Pós graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília, Brasília, 2002.

**ENTAC**. Canela, p 1-12. novembro de 2022. Disponível em: <https://entac2022.com.br/revista/>. Acesso em: 29 nov. 2022.

EPS BRASIL. **O que é: poliestireno expansível: comissão setorial**. São Paulo, 2014. Disponível em: <http://www.epsbrasil.eco.br/eps/index.html#:~:text=EPS%20>. Acesso em: 19 jun. 2022.

FACTORY OS, **Off site construction**, 2021. Disponível em: <https://factoryos.com/off-siteconstruction/>. Acesso em; 17 nov. 2022.

FARMER, M., **The Farmer Review of the UK Construction Labour Model**, CLC, 80 p., 2016.

FIGUEIREDO, A. D. Concreto com fibras. **Concreto: ciência e tecnologia**, IBRACON, v. 2, p. 1327-1365, São Paulo: Ippis Gráfica e Editora, 2011.

FONSECA, F. J. C. **Projeto de Painéis Sanduíche de Concreto Pré-Moldado**. 1994. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 1994.

FRANCO, L. S. O projeto das vedações verticais: características e a importância para a racionalização do processo de produção. *In: Anais de SEMINÁRIO TECNOLOGIA E GESTÃO NA PRODUÇÃO DE EDIFÍCIOS: VEDAÇÃO VERTICAL*. Universidade de São Paulo: São Paulo: EPUSP/PCC, 1998.

GÓIS, F. A. P. **Avaliação experimental do comportamento de concreto fluido reforçado com fibras de aço**: influência do fator de forma e da fração volumétrica das fibras nas propriedades mecânicas do concreto. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2010.

GONÇALVES, A.; TOMIM, K. C. **Desempenho do concreto leve com adição de EPS**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Campus de Toledo, Universidade Paranaense, Toledo, 2018.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil**: uma abordagem atualizada. Porto Alegre: ANTAC, 2007.

JUNIOR, A. P. B. **Análise de viabilidade econômica do método construtivo Insulated Concrete Forms para construção de habitações**. 2018. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

JUNIOR, J. A. L. A.; RODRIGUES, R. V. L. **Um estudo Comparativo entre as vantagens construtivas das paredes de concreto e alvenaria convencional**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Cesmac, Maceió, 2017.

KALIL, S. M. B. **Apostila de estruturas I**. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

LORDSLEEM JÚNIOR, A. C. **Execução e inspeção da alvenaria racionalizada**. 3.ed São Paulo: O Nome da Rosa, 2004. 104 p.

MACABÚ, E. L. V. **Dimensionamento estrutural de uma residência de dois pavimentos em bloco monolítico em EPS**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Candido Mendes, Campos do Goytacazes, 2021.

MAZUCO, R.; LIMA, M. **Painéis monolíticos em EPS na construção civil**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade São Francisco, São Francisco, 2018.

MEDEIROS, E. R. **Inovação na construção de edifícios residenciais: Uma análise das empresas do segmento localizadas em Recife – PE**. 2011. Mestrado em Engenharia da Produção – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

MEDEIROS, G. A. N. **Avaliação de paredes sanduíche em argamassa armada com núcleo de EPS**. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

MEDEIROS, Guilherme A. N. **Avaliação de paredes sanduíche em argamassa armada com núcleo de EPS**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2017.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto**: microestrutura, propriedades e materiais. 3. Ed. São Paulo: Editora IBRACON, 2008.

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

MILITO, J. A. **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. Faculdade de Ciências Tecnológicas, Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2009.

MORAES, C. B.; BRASIL, P. C. Estudo de Viabilidade de Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificação com baixo impacto ambiental. **Eficiência Energética do Ambiente Construído**. Passo Fundo. p. 1-10. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: [sncs.imed.edu.br](http://sncs.imed.edu.br). Acesso em dez 2022.

MOREIRA, M; COMIM, Bianca P. Estudo da viabilidade do uso de painéis de EPS como material de vedação em construções de moradia popular.

MORETTI, M. **Subsídios para a escolha da vedação vertical**: produtividade, consumo de materiais e qualidade final na execução de alvenaria convencional e racionalizada. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

NEVILLE, A. M. **Propriedades do Concreto**. 5. Ed. Porto Alegre: Bookman Editora Ltda., 2016.

OLIVEIRA, K. M. **Gestão de produtividade na construção civil através da ferramenta Controller®: Um estudo de caso em São Luís-MA**. 2019. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Maranhão, São Luís, 2019.

PARSEKIAN, G. A.; FRANCO, L. S. Recomendações para projeto e execução de alvenaria estrutural protendida. 2002. 20 p. **Boletim Técnico PCC n. 312**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

PAULON, V.; KIRCHHEIM, A. P. Nanoestrutura e microestrutura do concreto endurecido. *In*: ISAIA, G. C. (ed.). **Concreto: ciência e tecnologia**. v. 1, p. 585-614, São Paulo: IBRACON, 2011.

PEDUZZI, P. CBIC: 46,7% dos empresários da construção estão preocupados com custos. **Agência Brasil**. 25 de abril de 2022. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/economia/noticia/2022-04/CBIC-467-dos-empresarios-da-construcao-estao-preocupados-com-custos>. Acesso em 05 nov 2022.

PEREIRA, C. **Alvenaria de vedação: vantagens e desvantagens**. Escola Engenharia. 2019. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-de-vedacao/>. Acesso em: 18 jul. 2022.

PICKARD, S. S. Welded wire sandwich panels: an alternative to wood-frame construction. **Concrete Construction**, v. 35, n. 4, p. 363-366, 1990.

RAISFORFER, J. W. **Influência da adição ou substituição de adições minerais ao cimento Portland: efeitos na carbonatação, absorção capilar e resistividade de concretos**. 2015. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

RIZZOTO, J. P. *et al.* Resistência do sistema construtivo tipo sanduíche com placas de poliestireno expandido revestido com argamassa industrializada. **Revista Técnico-Científica de Engenharia Civil**, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, v. 1, n. 2. 2018.

ROCHA, C. A. A. **Estudo de concretos com adições minerais de resíduo de corte de rocha e de blocos cerâmicos moídos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2008.

RODRIGUES, J. C. **Alvenaria estrutural e sistema construtivo**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Faculdade de Ciências Aplicadas de Extrema, Extrema, 2018.

ROSENBLUM, A. *et al.* Avaliação da Mentalidade Enxuta (Lean Thinking) na construção civil: uma visão estratégica de implantação. *In*: **Anais de SIMPÓSIO DE EXCELENCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA**, Rio de Janeiro, 2007.

SABBATINI, F. H.; FRANCO, L. S.; ARGILAS, M. M. S. B. **Apostila de tecnologia de vedações verticais**. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

SANTANA, J. C. S.; ASSIS, R. C. T.; PERES, S. M. A utilização de tijolo reciclável como ferramenta de construção econômica e sustentável. **Revista portos: por um mundo mais sustentável**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 12, p. 28-38, 2020.

SANTOS, J. G. **Construção 4.0: um diagnóstico do uso de tecnologia da informação em construtoras da Grande Florianópolis**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

SAVAS, G. W. **Análise de sistemas de vedação vertical para edificações**. 2021. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2021.

SERRA, S.M.B.; FERREIRA, M. A.; PIGOZZO, B. N. Evolução dos Pré-fabricados de Concreto. *In: Encontro Nacional de Pesquisa-Projeto-Produção em Concreto Pré-Moldado, 1º*, 2005. São Carlos. **Anais de núcleo de estudos e tecnologia em pré-moldados (net-pré)**, departamento de engenharia civil da Universidade Federal de São Carlos, 2005.

SILVA, P. E. V.; MOREIRA, R. R. **Projeto de alvenaria de vedação – diretrizes para a elaboração, histórico, dificuldades e vantagens da implementação e relação com a NBR 15575**. 2017. Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2017.

SILVEIRA, A. A. **Construção modular off-site no Brasil: Desafios e revisão de custos**. Monografia (Graduação em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021.

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

SOUSA, G. F.; CARVALHO, M. Estudo comparativo de desempenho de sistemas de vedações verticais com relação à resistência ao fogo. **CIPPUS**. Canoas, v. 8, n. 1, 2020. Disponível em: <http://revistas.unilasalle.edu.br/index.php/cippus>. Acesso em dez. 2022.

SOUZA, Angela C. A. G. **Análise comparativa de custos de alternativas tecnológicas para construção de habitações populares**. 2009. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2009.

SOUZA, U. E. L. **Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na construção**. São Paulo: Editora PINI, 2006.

TESSARI, J. **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil**. 2006. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TIKASA, M. **Orçamento da construção civil: consultoria, projeto e execução**. São Paulo: Editora PINI, 2006.

TOMLINSON, D. G. **Behavior of partially composite precast concrete sandwich panels under flexural and axial loads**. 2015. Thesis (Doctorate in Civil

Engineering) – Department of Civil Engineering, Queen’s University, Kingston, Canada, 2015.

VAN ACKER, A. **Manual de Sistemas Pré-Fabricados de Concreto**. 129 pág. 2002. Disponível em: <http://www.netpre.ufscar.br/wp-content/uploads/2016/12/Manual-de-Pré-Fabricados-de-Concreto.pdf>. Acesso em 05 nov 2022.

VOTORANTIM, **Ficha de informações de segurança de produtos químicos – FISPQ**. Rev nº 00. 8 p. São Paulo, 2020.

**APÊNDICE A – Custo indireto para execução de 1m² de parede do Empreendimento A em alvenaria convencional - valores fornecidos pela SINAPI**

REFERÊNCIA: AUTORA (2022)	
Área da edificação EMPREEND. A:	160,44m²
Área de parede:	540,00m²

<b>ÍNDICE DE CORREÇÃO DA INFLAÇÃO</b>	1,03
<b>BDI</b>	22,23%
<b>REFERENCIAIS DE PREÇOS NÃO DESONERADOS:</b>	SINAPI/PR e cotação local

ITEM	REFERÊNCIA	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE PARA 1m² DE PAREDE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
1.0	<b>PAREDE</b>								
	Alvenaria para vedação vertical com tijolos de argila Espessura de assentamento de 10mm Argamassa traço 1:5:0,33								
1.1	SINAPI	00004750	PEDREIRO*	h	0,2773	42,37	11,75	12,10	14,79
1.2	SINAPI	00006111	SERVENTE**	h	0,3127	14,60	4,57	4,70	5,75
1.3	SINAPI	00007267	BLOCO CERAMICO / TIJOLO VAZADO PARA ALVENARIA DE VEDACAO, 6 FUROS NA HORIZONTAL, 9 X 14 X 19 CM (L X A X C)	und	37,600	0,72	27,07	27,88	34,08
1.4	SINAPI	00001379	CIMENTO CP II-F-32	kg	0,9200	0,69	0,63	0,65	0,80
1.5	SINAPI	00000366	AREIA FINA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	0,002	82,51	0,13	0,13	0,16
1.6	FORNECIDO	-	ADIÇÃO MINERAL DE FILITO CINZA	kg	0,264	18,90	4,99	5,14	6,28
						<b>TOTAL</b>	<b>49,14</b>	<b>50,61</b>	<b>61,86</b>
2.0	<b>REVESTIMENTO</b>								
2.1	SINAPI	00004750	PEDREIRO	h	0,216	42,37	9,15	9,43	11,52
2.2	SINAPI	00006111	SERVENTE	h	0,324	14,60	4,73	4,87	5,96
						<b>TOTAL</b>	<b>13,88</b>	<b>14,30</b>	<b>17,48</b>
2.3	<b>CHAPISCO</b>								
	Espessura do chapisco de 2mm Argamassa traço 1:3								
2.3.1	SINAPI	00007267	CIMENTO CP II-F-32	kg	1,125	0,72	0,81	0,83	1,02
2.3.2	SINAPI	00000366	AREIA FINA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	0,002	82,51	0,16	0,16	0,20
						<b>TOTAL</b>	<b>0,97</b>	<b>0,99</b>	<b>1,22</b>
2.4	<b>REBOCO</b>								
	Espessura de assentamento de 10mm Argamassa traço 1:5:0,33								
2.4.1	SINAPI	00007267	CIMENTO CP II-F-32	kg	1,496	0,72	1,08	1,11	1,36
2.4.2	SINAPI	00000366	AREIA FINA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	0,002	82,51	0,21	0,21	0,26
2.4.3	FORNECIDO	-	ADIÇÃO MINERAL DE FILITO CINZA	kg	0,429	18,90	8,12	8,36	10,22
						<b>TOTAL</b>	<b>9,40</b>	<b>9,68</b>	<b>11,83</b>
						<b>TOTAL GERAL P/ EXECUÇÃO DE 1m² DE PAREDE (R\$)</b>			
						<b>TOTAL</b>	<b>73,38</b>	<b>75,59</b>	<b>92,39</b>

\*Hora de pedreiro e servente baseados Souza (2009) e Siqueira (2017), onde 53% do tempo foi ocupado pelo servente e 47% pelo pedreiro

\*\*Na mão de obra não está incluso despesas com vale transporte, refeições, seguro de vida e equipamento de proteção individual (EPI)

**APÊNDICE A (CONTINUAÇÃO) - Custo indireto para execução de 1m² de parede do Empreendimento A em alvenaria convencional - valores levantados por cotação local**

REFERÊNCIA:	AUTORA (2022)
Área da edificação EMPREEND. A:	160,44m²
Área de parede:	540,00m²

<b>ÍNDICE DE CORREÇÃO DA INFLAÇÃO</b>	1,03
<b>BDI</b>	22,23%
<b>REFERENCIAIS DE PREÇOS NÃO DESONERADOS:</b>	Cotação local

ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE PARA 1m² DE PAREDE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
<b>1.0 PAREDE</b>								
Alvenaria para vedação vertical com tijolos de argila Espessura de assentamento de 10mm Argamassa traço 1:5:0,33								
1.1	COTAÇÃO LOCAL	PEDREIRO*	h	0,2773	46,99	13,03	13,42	16,40
1.2	COTAÇÃO LOCAL	SERVENTE**	h	0,3127	16,17	5,06	5,21	6,37
1.3	COTAÇÃO LOCAL	TIJOLO VAZADO 6 FUROS 24 X 11,5 X 14 CM (L X A X C)	und	26,650	1,19	31,71	32,66	39,93
1.4	COTAÇÃO LOCAL	CIMENTO CP II-F-32	kg	0,9200	0,69	0,63	0,65	0,80
1.5	COTAÇÃO LOCAL	AREIA FINA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	0,002	173,50	0,27	0,27	0,33
1.6	FORNECIDO	ADIÇÃO MINERAL DE FILITO CINZA	kg	0,264	18,90	4,99	5,14	6,28
					<b>TOTAL</b>	<b>55,69</b>	<b>57,36</b>	<b>70,11</b>
<b>2.0 REVESTIMENTO</b>								
2.1	COTAÇÃO LOCAL	PEDREIRO	h	0,216	46,99	10,15	10,45	12,78
2.2	COTAÇÃO LOCAL	SERVENTE	h	0,324	16,17	5,24	5,40	6,60
					<b>TOTAL</b>	<b>15,39</b>	<b>15,85</b>	<b>19,37</b>
<b>2.3 CHAPISCO</b>								
Espessura do chapisco de 2mm Argamassa traço 1:3								
2.3.1	COTAÇÃO LOCAL	CIMENTO CP II-F-32	kg	1,125	0,69	0,78	0,80	0,98
2.3.2	COTAÇÃO LOCAL	AREIA FINA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	0,002	173,50	0,33	0,34	0,41
					<b>TOTAL</b>	<b>1,10</b>	<b>1,14</b>	<b>1,39</b>
<b>2.4 REBOCO</b>								
Espessura de assentamento de 10mm Argamassa traço 1:5:0,33								
2.4.1	COTAÇÃO LOCAL	CIMENTO CP II-F-32	kg	1,496	0,69	1,03	1,06	1,30
2.4.2	COTAÇÃO LOCAL	AREIA FINA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	0,002	173,50	0,43	0,45	0,54
2.4.3	FORNECIDO	ADIÇÃO MINERAL DE FILITO CINZA	kg	0,429	18,90	8,12	8,36	10,22
					<b>TOTAL</b>	<b>9,58</b>	<b>9,87</b>	<b>12,06</b>
						<b>TOTAL GERAL P/ EXECUÇÃO DE 1m² DE PAREDE (R\$)</b>		
<b>TOTAL</b>						<b>81,76</b>	<b>84,22</b>	<b>102,94</b>

\*Hora de pedreiro e servente baseados Souza (2009) e Siqueira (2017), onde 53% do tempo foi ocupado pelo servente e 47% pelo pedreiro

\*\*Na mão de obra não está incluso despesas com vale transporte, refeições, seguro de vida e equipamento de proteção individual (EPI)

**APÊNDICE B – Custo indireto para execução de 1m<sup>2</sup> de parede do Empreendimento B com placas de concreto pré-fabricadas preenchidas com EPS tipo sanduíche - valores fornecidos pela SINAPI**

FONTE:	AUTORA (2022)
Área da edificação EMPREEND. B:	214,00m <sup>2</sup>
Área de parede:	1m <sup>2</sup>

<b>ÍNDICE DE CORREÇÃO DA INFLAÇÃO</b>	1,03
<b>BDI</b>	22,23%
<b>REFERENCIAIS DE PREÇOS NÃO DESONERADOS:</b>	SINAPI/PR set. 2022 e cotações locais

ITEM	REFERÊNCIA	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE PARA 1m <sup>2</sup> DE PAREDE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
1.0			<b>PAREDE</b>						
			Alvenaria para vedação vertical com placas tipo sanduíche Espessura de assentamento horizontal 4cm e vertical 20cm Argamassa de assentamento na horizontal traço 1:3 Concreto de assentamento na vertical traço 1:3:3						
1.1	SINAPI	00004750	PEDREIRO	h	0,3650	42,37	15,47	15,93	19,47
1.2	SINAPI	00006111	SERVENTE	h	0,3650	14,60	5,33	5,49	6,71
1.3	FORNECIDO	-	PLACAS DE CONCRETO PREENCHIDAS COM EPS TIPO SANDUÍCHE	und	1,2000	148,00	177,60	182,93	223,59
1.4	SINAPI	00007267	CIMENTO CP II-F-32	kg	3,9760	0,72	2,86	2,95	3,60
1.5	SINAPI	00004729	PEDRA BRITADA N. 0, OU PEDRISCO (4,8 A 9,5 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m <sup>3</sup>	0,0028	69,69	0,19	0,20	0,24
1.6	SINAPI	00000370	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m <sup>3</sup>	0,0040	82,51	0,33	0,34	0,41
	SINAPI	00043059	ACO CA-60, 4,2 MM, OU 5,0 MM, OU 6,0 MM, OU 7,0 MM, VERGALHAO	kg	0,3080	8,36	2,57	2,65	3,24
	SINAPI	00004415	SARRAFO NAO APARELHADO 2,5 X 5 CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	m	1,6000	6,54	10,46	10,78	13,17
	SINAPI	00000344	ARAME GALVANIZADO 16 BWG, D = 1,65MM (0,0166 KG/M)	kg	0,0672	35,74	2,40	2,47	3,02
						<b>TOTAL:</b>	<b>217,22</b>	<b>223,73</b>	<b>273,47</b>

\*Hora de pedreiro e servente corresponde à mesma medida, pois as peças demandaram dois operadores para assentamento

\*\*Foram utilizados dados de projeto, não de execução

\*\*\*Na mão de obra não está incluso despesas com vale transporte, refeições, seguro de vida e equipamento de proteção individual (EPI)

**APÊNDICE B (CONTINUAÇÃO) – Custo indireto para execução de 1m<sup>2</sup> de parede do Empreendimento B com placas de concreto pré-fabricadas preenchidas com EPS tipo sanduíche - valores fornecidos por cotação local**

FONTE:	AUTORA (2022)
Área da edificação EMPREEND. B:	214,00m <sup>2</sup>
Área de parede:	1m <sup>2</sup>

<b>ÍNDICE DE CORREÇÃO DA INFLAÇÃO</b>	1,03
<b>BDI</b>	22,23%
<b>REFERENCIAIS DE PREÇOS NÃO DESONERADOS:</b>	Cotação local

ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE PARA 1m <sup>2</sup> DE PAREDE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
1.0	PAREDE							
Alvenaria para vedação vertical com placas tipo sanduíche Espessura de assentamento horizontal 4cm e vertical 20cm Argamassa de assentamento na horizontal traço 1:3 Concreto de assentamento na vertical traço 1:3:3								
1.1	SINAPI	PEDREIRO	h	0,3650	42,37	15,47	15,93	19,47
1.2	SINAPI	SERVENTE	h	0,3650	14,60	5,33	5,49	6,71
1.3	FORNECIDO	PLACAS DE CONCRETO PREENCHIDAS COM EPS TIPO SANDUÍCHE	und	1,2000	148,00	177,60	182,93	223,59
1.4	COTAÇÃO LOCAL	CIMENTO CP II-F-32	kg	3,9760	0,69	2,74	2,83	3,45
1.5	COTAÇÃO LOCAL	PEDRA BRITADA N. 0, OU PEDRISCO (4,8 A 9,5 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m <sup>3</sup>	0,0028	674,05	1,86	1,91	2,34
1.6	COTAÇÃO LOCAL	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m <sup>3</sup>	0,0040	138,84	0,55	0,57	0,69
1.7	COTAÇÃO LOCAL	AÇO CA-60, 5,0 MM	m	2,0000	21,60	43,20	44,50	54,39
1.8	COTAÇÃO LOCAL	SARRAFO NAO APARELHADO 2,4 X 5,7	m	1,6000	3,50	5,60	5,77	7,05
1.9	COTAÇÃO LOCAL	ARAME GALVANIZADO 16 BWG, D = 1,65MM (0,0166 KG/M)	m	4,0000	0,48	1,92	1,98	2,42
<b>TOTAL:</b>						<b>254,27</b>	<b>261,89</b>	<b>320,11</b>

\*Hora de pedreiro e servente corresponde à mesma medida, pois as peças demandaram dois operadores para assentamento

\*\*Foram utilizados dados de projeto, não de execução

\*\*\*Na mão de obra não está incluso despesas com vale transporte, refeições, seguro de vida e equipamento de proteção individual (EPI)

**APÊNDICE C – Custo indireto para execução de 1m² de parede do Empreendimento C com placas de concreto pré-fabricadas preenchidas com EPS tipo sanduíche - valores fornecidos pela SINAPI**

FONTE:	AUTORA (2022)
Área da edificação EMPREEND. B:	214,00m²
Área de parede:	1m²

<b>ÍNDICE DE CORREÇÃO DA INFLAÇÃO</b>	1,03
<b>BDI</b>	22,23%
<b>REFERENCIAIS DE PREÇOS NÃO DESONERADOS:</b>	SINAPI/PR set. 2022 e cotações locais

ITEM	REFERÊNCIA	CÓDIGO	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE PARA 1m² DE PAREDE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)	
1.0	PAREDE									
			Alvenaria para vedação vertical com placas tipo sanduíche Espessura de assentamento horizontal 4cm e vertical 20cm Argamassa de assentamento na horizontal traço 1:3 Concreto de assentamento na vertical traço 1:3:3							
1.1	SINAPI	00004750	PEDREIRO	h	0,6400	42,37	27,12	27,93	34,14	
1.2	SINAPI	00006111	SERVENTE	h	0,6400	14,60	9,34	9,62	11,76	
1.3	FORNECIDO	-	PLACAS DE CONCRETO PREENCHIDAS COM EPS TIPO SANDUÍCHE	und	1,2000	148,00	177,60	182,93	223,59	
1.4	SINAPI	00007267	CIMENTO CP II-F-32	kg	3,9760	0,72	2,86	2,95	3,60	
1.5	SINAPI	00004729	PEDRA BRITADA N. 0, OU PEDRISCO (4,8 A 9,5 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m³	0,0028	69,69	0,19	0,20	0,24	
1.6	SINAPI	00000370	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	0,0040	82,51	0,33	0,34	0,41	
	SINAPI	00043059	ACO CA-60, 4,2 MM, OU 5,0 MM, OU 6,0 MM, OU 7,0 MM, VERGALHAO	kg	0,3080	8,36	2,57	2,65	3,24	
	SINAPI	00004415	SARRAFO NAO APARELHADO 2,5 X 5 CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	m	1,6000	6,54	10,46	10,78	13,17	
	SINAPI	00000344	ARAME GALVANIZADO 16 BWG, D = 1,65MM (0,0166 KG/M)	kg	0,0672	35,74	2,40	2,47	3,02	
<b>TOTAL:</b>								<b>232,88</b>	<b>239,87</b>	<b>293,19</b>

\*Hora de pedreiro e servente corresponde à mesma medida pelas peças demandaram dois operadores para assentamento

\*\*Foram utilizados dados de projeto, não de execução

\*\*\*Na mão de obra não está incluso despesas com vale transporte, refeições, seguro de vida e equipamento de proteção individual (EPI)

**APÊNDICE C (CONTINUAÇÃO) – Custo indireto por cotação local para execução de 1m<sup>2</sup> de parede do Empreendimento C com placas de concreto pré-fabricadas preenchidas com EPS tipo sanduíche**

FONTE:	AUTORA (2022)
Área da edificação EMPREEND. B:	214,00m <sup>2</sup>
Área de parede:	1m <sup>2</sup>

<b>ÍNDICE DE CORREÇÃO DA INFLAÇÃO</b>	1,03
<b>BDI</b>	22,23%
<b>REFERENCIAIS DE PREÇOS NÃO DESONERADOS:</b>	Cotação local

ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE PARA 1m <sup>2</sup> DE PAREDE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
1.0	PAREDE							
Alvenaria para vedação vertical com placas tipo sanduíche Espessura de assentamento horizontal 4cm e vertical 20cm Argamassa de assentamento na horizontal traço 1:3 Concreto de assentamento na vertical traço 1:3:3								
1.1	COTAÇÃO LOCAL	PEDREIRO	h	0,6400	28,19	18,04	18,58	22,71
1.2	COTAÇÃO LOCAL	SERVENTE	h	0,6400	12,08	7,73	7,96	9,73
1.3	FORNECIDO	PLACAS DE CONCRETO PREENCHIDAS COM EPS TIPO SANDUÍCHE	und	1,2000	148,00	177,60	182,93	223,59
1.4	COTAÇÃO LOCAL	CIMENTO CP II-F-32	kg	3,9760	0,69	2,74	2,83	3,45
1.5	COTAÇÃO LOCAL	PEDRA BRITADA N. 0, OU PEDRISCO (4,8 A 9,5 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m <sup>3</sup>	0,0028	674,05	1,86	1,91	2,34
1.6	COTAÇÃO LOCAL	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m <sup>3</sup>	0,0040	138,84	0,55	0,57	0,69
	COTAÇÃO LOCAL	ACO CA-60, 4,2 MM, OU 5,0 MM, OU 6,0 MM, OU 7,0 MM, VERGALHAO	m	2,0000	21,60	43,20	44,50	54,39
	COTAÇÃO LOCAL	SARRAFO NAO APARELHADO 2,5 X 5 CM, EM MACARANDUBA, ANGELIM OU EQUIVALENTE DA REGIAO - BRUTA	m	1,6000	3,50	5,60	5,77	7,05
	COTAÇÃO LOCAL	ARAME GALVANIZADO 16 BWG, D = 1,65MM (0,0166 KG/M)	m	4,0000	0,48	1,92	1,98	2,42
<b>TOTAL:</b>						<b>259,25</b>	<b>267,02</b>	<b>326,38</b>

\*Hora de pedreiro e servente corresponde à mesma medida pelas peças demandaram dois operadores para assentamento

\*\*Foram utilizados dados de projeto, não de execução

\*\*\*Na mão de obra não está incluso despesas com vale transporte, refeições, seguro de vida e equipamento de proteção individual (EPI)

**ANEXO A - Levantamento de custo de Souza (2009)**

FONTE:	SOUZA (2009)
Área da edificação:	42,30m <sup>2</sup>
Área de parede:	98,31m <sup>2</sup>

ÍNDICE DE CORREÇÃO DA INFLAÇÃO (out. 2022)	2,87
BDI	23,54%
REFERENCIAIS DE PREÇO NÃO DESONERADOS:	TCPO PINI/2009

PAREDES EM ALVENARIA CONVENCIONAL								
ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
1.0	ALVENARIA							
		Alvenaria de vedação com bloco cerâmico furado 9 x 19 x 19 Espessura de parede de 9cm com juntas de assentamento de 12mm Argamassa 1:0,5:2,5						
1.1	TCPO	Pedreiro	h	98,310	7,00	688,17	1.975,05	2.439,97
1.2	TCPO	Servente	h	110,107	5,22	574,76	1.649,56	2.037,87
1.3	TCPO	Saibro	m <sup>3</sup>	0,166	37,46	6,22	17,85	22,05
1.4	TCPO	Cimento Portland CP II-E-32	kg	397,566	0,38	151,07	433,57	535,63
1.5	TCPO	Areia lavada tipo fina	m <sup>3</sup>	0,826	45,53	37,60	107,91	133,31
1.6	TCPO	Bloco cerâmico furado de vedação largura 90mm / comprimento 19 mm / altura 190 mm	und	2654,370	0,19	504,33	1.447,43	1.788,15
2.0	ANDAIME							
		Andaime para 1m <sup>2</sup> de alvenaria, construção e desmontagem reaproveitado 10 vezes						
2.1	TCPO	Servente	h	11,797	5,22	61,58	176,73	218,34
2.2	TCPO	Carpinteiro	h	3,932	7,00	27,53	79,01	97,61
2.3	TCPO	Madeira cedrinho	m <sup>3</sup>	0,031	1514,45	47,64	136,73	168,91
2.4	TCPO	Prego 18 x 27 com cabeça (comprimento 62,1mm / diâmetro 3,40mm)	kg	1,475	5,22	7,70	22,10	27,30
3.0	REVESTIMENTO							
3.1	CHAPISCO							
		Chapisco para parede interna e externa traço 1:3 com espessura de 5mm						
3.1.1	TCPO	Pedreiro	h	19,654	7,00	137,58	394,85	487,80
3.1.2	TCPO	Servente	h	29,481	5,22	153,89	441,67	545,63
3.1.3	TCPO	Cimento Portland CP II-E-32	kg	477,592	0,38	181,48	520,86	643,47
3.1.4	TCPO	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	1,199	50,42	60,45	173,50	214,34
3.2	EMBOÇO							
		Chapisco para parede interna e externa traço 1:2:9 com espessura de 20mm						
3.2.1	TCPO	Pedreiro	h	117,924	7,00	825,47	2.369,09	2.926,78
3.2.2	TCPO	Servente	h	157,232	5,22	820,75	2.355,56	2.910,05
3.2.3	TCPO	Cal hidratada CH III	kg	636,790	0,39	248,35	712,76	880,54
3.2.4	TCPO	Cimento Portland CP II-E-32	kg	636,790	0,38	241,98	694,48	857,96
3.2.5	TCPO	Areia lavada tipo média	m <sup>3</sup>	4,796	50,42	241,81	694,01	857,38
							TOTAL	17.280,96
								<b>R\$ 175,78/m<sup>2</sup></b>

**ANEXO A (CONTINUAÇÃO) - Levantamento de custo de Souza (2009)**

PAREDES CONSTRUÍDAS COM EPS							
ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE	CUSTO DO m <sup>2</sup> TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR DO m <sup>2</sup> CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR DO m <sup>2</sup> CORRIGIDO COM BDI (R\$)
4.0		LEVANTAMENTO DE PAREDE COM REVESTIMENTO					
4.1		Pedreiro	h	1,410	84,00	241,08	297,83
4.2		Servente	h	1,470			
4.3		Núcleo de poliestireno expandido - Densidade 13kg/m <sup>3</sup> - espessura 5cm	m <sup>2</sup>	1,000			
4.4		Tela de aço eletrosoldada com fio de 3,4mm e malha de 150x150mm	m <sup>2</sup>	2,200			
4.5		Conectores de aço bitola 3,4mm	und	9,000			
4.6		Arame recozido nº 18	kg	0,140			
4.7		Cimento CPV-ARI	kg	21,000			
4.8		Areia lavada média	m <sup>3</sup>	0,054			
4.9		Brita 0 (pedrisco)	m <sup>3</sup>	0,017			
4.10		Fibra de polipropileno	g	4,000			
4.11		Aditivo plastificante	ml	21,000			
4.12		Sarrafo de 1x4" de madeira mista	m	0,770			
4.13		Pontalete de 3x3" de madeira mista	m	0,640			
4.14		Projeto de argamassa	h	0,130			

Não foi fornecido o detalhamento do custo para execução de paredes em EPS, apenas a relação de material e mão de obra utilizados para 1m<sup>2</sup> de parede e o valor final do metro quadrado de parede.

**ANEXO B - Levantamento de custo de Siqueira (2017)**

FONTE:	SIQUEIRA (2017)
Área da edificação:	protótipo
Área de parede:	16,20m <sup>2</sup>

ÍNDICE DE CORREÇÃO DA INFLAÇÃO (jun 2017)	1,78
BDI	22,23%
REFERENCIAIS DE PREÇOS NÃO DESONERADOS:	TCPO/2017 e Siduscon PR

PAREDES EM ALVENARIA CONVENCIONAL									
ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE PARA 1m <sup>2</sup> DE PAREDE	QTDE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
1.0	ALVENARIA								
1.1	TCPO	Pedreiro	h	1,000	16,200	7,96	128,95	229,53	280,56
1.2	TCPO	Servente	h	1,135	18,390	5,64	103,72	184,62	225,66
1.3	TCPO	Blocos cerâmicos	und	25,700	417,000	0,56	233,52	415,67	508,07
1.4	TCPO	Areia média	m <sup>3</sup>	0,016	0,267	147,00	39,25	69,86	85,39
1.5	TCPO	Cal	kg	2,427	39,800	0,62	24,68	43,92	53,69
1.6	TCPO	Cimento	kg	2,457	39,800	0,70	27,86	49,59	60,61
2.0	REVESTIMENTO								
2.1	CHAPISCO								
	Espessura de 5 mm								
2.1.1	TCPO	Pedreiro	h	0,100	3,240	7,96	25,79	45,91	56,11
2.1.2	TCPO	Servente	h	0,150	4,860	5,64	27,41	48,79	59,64
2.1.3	TCPO	Cimento	kg	2,430	78,730	0,70	55,11	98,10	119,90
2.1.4	TCPO	Areia média	m <sup>3</sup>	0,006	0,200	147,00	29,40	52,33	63,97
2.2	EMBOÇO								
	Espessura de 20 mm								
2.2.1	TCPO	Pedreiro	h	0,600	19,440	7,96	154,74	275,44	336,67
2.2.2	TCPO	Servente	h	0,800	25,920	5,64	146,19	260,22	318,06
2.2.3	TCPO	Cimento	kg	5,840	189,220	0,70	132,45	235,77	288,18
2.2.4	TCPO	Areia média	m <sup>3</sup>	0,024	0,790	147,00	116,13	206,71	252,66
2.3	REBOCO								
2.2.1	TCPO	Pedreiro	h	0,500	16,200	7,96	128,95	229,53	280,56
2.2.2	TCPO	Servente	h	0,524	16,980	5,64	95,77	170,47	208,36
2.2.3	TCPO	Cal hidratada CH III	kg	0,810	26,240	0,70	18,37	32,70	39,96
2.2.4	TCPO	Areia média	m <sup>3</sup>	0,005	0,151	147,00	22,20	39,51	48,29
							1.510,49	2.688,67	3.286,36
							Custo para 1m <sup>2</sup> de parede (R\$)		
							93,24	165,97	<b>202,86</b>

**ANEXO B (CONTINUAÇÃO) - Levantamento de custo de Siqueira (2017)**

PAREDES COM EPS								
ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
3.0	PAINÉIS: CONSTRUÇÃO E INSTALAÇÃO							
3.1	(Siduscon PR)	Pedreiro	h	7,000	7,96	55,72	99,18	121,23
3.2	(Siduscon PR)	Servente	h	7,000	5,64	39,48	70,27	85,90
3.3	(Siduscon PR)	EPS	m <sup>3</sup>	1,130	180,00	203,40	362,05	442,54
3.4	(Siduscon PR)	Telas	m <sup>2</sup>	38,880	15,00	583,20	1038,10	1268,86
3.5	(Siduscon PR)	Barra de aço de 5mm	m	45,000	0,93	41,85	74,49	91,05
4.0	REVESTIMENTO							
4.1	(Siduscon PR)	Pedreiro	h	24,000	7,96	191,04	340,05	415,64
4.2	(Siduscon PR)	Servente	h	24,000	5,64	135,36	240,94	294,50
4.3	(Siduscon PR)	Cimento	saco de 50kg	10,000	34,79	347,90	619,26	756,92
4.4	(Siduscon PR)	Areia	m <sup>3</sup>	1,000	147,00	147,00	261,66	319,83
4.5	(Siduscon PR)	Aditivo adesivo	l	1,400	21,00	29,40	52,33	63,97
						1.774,35	3.158,34	3.860,44
						Custo para 1m <sup>2</sup> de parede (R\$)		
						109,53	194,96	<b>238,30</b>

Obs: Não foi especificado pela autora o tipo de cimento, areia e nem o bloco.

O preço da mão de obra e dos insumos foram obtidos da Convenção Coletiva de Trabalho estabelecida pelo Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Paraná (Siduscon PR) para o período de 2016 a 2018.

**ANEXO C - Levantamento de custo de Medeiros (2017)**

FONTE:	MEDEIROS (2017)
Área da edificação:	173,28m <sup>2</sup>
Área de parede:	327,97m <sup>2</sup>

ÍNDICE DE CORREÇÃO DA INFLAÇÃO (nov 2017)	1,79
BDI	26,25%
REFERENCIAIS DE PREÇOS NÃO DESONERADOS:	SINAPI/PB/2017 e cotações locais

PAREDES EM ALVENARIA CONVENCIONAL								
ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
1.0	VEDAÇÃO - ALVENARIA DE BLOCOS CERÂMICOS (REVESTIDA)							
1.1	SINAPI	Bloco cerâmico (alvenaria de vedação, de 9 x 19 x 19 cm)	MIL	9,000	400,00	3.600,00	6.444,00	8.135,55
1.2	SINAPI	Cimento Portland pozolanico CP IV-32	50kg	49,000	18,30	896,70	1.605,09	2.026,43
1.3	SINAPI	Cal virgem comum para argamassas (NBR 6453)	kg	1.300,000	0,49	637,00	1.140,23	1.439,54
1.4	SINAPI	Areia média - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m <sup>3</sup>	8,120	60,00	487,20	872,09	1.101,01
1.5	SINAPI	Areia grossa - posto jazida/fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m <sup>3</sup>	4,850	60,00	291,00	520,89	657,62
						5.911,90	10.582,30	13.360,16
						Custo para 1m <sup>2</sup> de parede		
						18,03	32,27	40,74
2.0	MÃO DE OBRA PARA 1m <sup>2</sup> DE PAREDE							
2.1	SINAPI/PB out 2022	PEDREIRO	h	2,200	15,00	33,00	-	41,66
2.2	SINAPI/PB out 2022	SERVENTE DE OBRAS	h	2,609	11,14	29,06	-	36,69
						TOTAL:	62,06	78,36
						Custo total para 1m <sup>2</sup> de parede		
						80,09	-	<b>119,09</b>

\*Quantidade de horas tomadas por base o levantamento de Siqueira (2017)

Obs: O autor não fez levantamento da mão de obra, portanto foi adotado a quantificação desse item para a execução de 1m<sup>2</sup> de parede pela SINAPI/2022 e tomando por referência Siqueira (2017), dessa forma, não será aplicada a inflação sobre esse serviço, apenas o BDI.

**ANEXO C (CONTINUAÇÃO) - Levantamento de custo de Medeiros (2017)**

PAREDES COM EPS								
ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	UNIDADE	QTDE	CUSTO UNITÁRIO (R\$)	CUSTO TOTAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
3.0	VEDAÇÃO - PAREDES COM EPS (REVESTIDA)							
3.1	SINAPI/PB 2017	CIMENTO PORTLAND COMPOSTO CP II-32 (SACO DE 50 KG)	SACO DE 50kg	98,000	19,00	1.862,00	3.332,98	4.207,89
3.2	SINAPI/PB 2017	PEDRA BRITADA N. 0, OU PEDRISCO (4,8 A 9,5 MM) POSTO PEDREIRA/FORNECEDOR, SEM FRETE	m³	17,590	63,84	1.122,95	2.010,07	2.537,72
3.3	SINAPI/PB 2017	AREIA MEDIA - POSTO JAZIDA/FORNECEDOR (RETIRADO NA JAZIDA, SEM TRANSPORTE)	m³	9,510	60,00	570,60	1.021,37	1.289,48
3.4	SINAPI/PB 2017	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA CA-60, Q-61, (0,97KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 3,4 MM, LARGURA = 2,45 X 120M DE COMPRIMENTO, ESPACAMENTO DA MALHA = 15 X 15 CM	m²	669,570	4,06	2.718,45	4.866,03	6.143,37
	COTAÇÃO LOCAL	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA CA-60, Q-75, (0,97 KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 3,8 MM, LARGURA = 2,45 X 120 M DE COMPRIMENTO, ESPACAMENTO DA MALHA = 15 X 15 CM	m²	25,100	5,04	126,50	226,44	285,88
3.5	SINAPI/PB 2017	TELA DE ACO SOLDADA NERVURADA CA-60, Q-92, (1,48KG/M2), DIAMETRO DO FIO = 4,2 MM, LARGURA = 2,45 X 60 M DE COMPRIMENTO, ESPACAMENTO DA MALHA = 15 X 15 CM	m²	26,850	6,01	161,37	288,85	364,67
3.6	SINAPI/PB 2017	ADITIVO PLASTIFICANTE RETARDADOR DE PEGA E REDUTOR DE AGUA PARA CONCRETO	l	21,000	6,20	130,20	233,06	294,24
3.7	COTAÇÃO LOCAL	POLIESTIRENO EXPANDIDO/EPS (ISOPOR), TIPO 2F, PLACA, E = 60 MM, 1000 X 500 MM	m²	328,000	14,05	4.608,40	8.249,04	10.414,41
3.8	SINAPI/PB 2017	ACO CA-50, 6,3 MM, VERGALHAO	kg	212,130	4,20	890,95	1.594,79	2.013,43
3.9	SINAPI/PB 2017	ACO CA-50, 8,0 MM, VERGALHAO	kg	20,360	4,72	96,10	172,02	217,17
						12.287,52	21.994,66	27.768,25
						Custo para 1m² de parede		
						37,47	67,06	84,67
4.0	MÃO DE OBRA PARA 1m² DE PAREDE							
4.1	SINAPI/PB out 2022	PEDREIRO	h	1,914	15,00	28,70	-	36,24
4.2	SINAPI/PB out 2022	SERVENTE DE OBRAS	h	1,914	11,14	21,32	-	26,91
						TOTAL:	50,02	63,15
						Custo total para 1m² de parede		
						87,49	117,08	147,82

Obs: O autor não fez levantamento da mão de obra, portanto foi adotado a quantificação desse item para a execução de 1m² de parede pela SINAPI/2022 e tomando por referência Siqueira (2017), dessa forma, não será aplicada a inflação sobre esse serviço, apenas o BDI.

**ANEXO D - Levantamento de custo de Moreira e Comim (2022)**

FONTE:	MOREIRA E COMIM (2022)
Área da edificação:	44,50m <sup>2</sup>
Área de parede:	142,80m <sup>2</sup>

ÍNDICE DE CORREÇÃO DA INFLAÇÃO (mar 2022)	1,02
BDI:	26,25%
REFERENCIAIS DE PREÇOS NÃO DESONERADOS:	SINAPI/PR 2022

PAREDES EM ALVENARIA CONVENCIONAL					
ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	CUSTO FINAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
1.0	LEVANTAMENTO DE PAREDE - NÃO DETALHADO				
1.1	SINAPI/PR 2022	Parede constituída por blocos cerâmicos	16.377,73	16.705,28	21.090,42
			CUSTO DE 1m <sup>2</sup> DE PAREDE		
			114,69	116,98	<b>147,69</b>

PAREDES COM BLOCO MONOLÍTICO					
ITEM	REFERÊNCIA	DESCRIÇÃO	CUSTO FINAL SEM BDI (R\$)	VALOR CORRIGIDO PELA INFLAÇÃO (R\$)	VALOR CORRIGIDO COM BDI (R\$)
2.0	LEVANTAMENTO DE PAREDE COM PAINEL DE EPS - NÃO DETALHADO				
	SINAPI/PR 2022 E COTAÇÃO LOCAL	Parede constituída por EPS monolite	21.705,60	22.139,71	27.951,39
			CUSTO DE 1m <sup>2</sup> DE PAREDE		
			152,00	155,04	<b>195,74</b>

Obs: A falta de detalhamento na composição de custos se dá pela ausência dessa informação no material fonte.