

**UNIEVANGÉLICA**

**CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**HÁVILLA BRIANE DE SOUZA BRITO**

**LIZ SILVA FERREIRA CAMARGO**

**MODELO CONSTRUTIVO EM POLIESTIRENO  
EXPANDIDO: COMPARATIVO ENTRE CONSTRUTIVOS DE  
EPS E ALVENARIA CONVENCIONAL**

**ANÁPOLIS / GO**

**2019**

**HÁVILLA BRIANE DE SOUZA BRITO**

**LIZ SILVA FERREIRA CAMARGO**

**MODELO CONSTRUTIVO EM POLIESTIRENO  
EXPANDIDO: COMPARATIVO ENTRE CONSTRUTIVOS DE  
EPS E ALVENARIA CONVENCIONAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

**ORIENTADOR: FILIPE FONSECA GARCIA**

**ANÁPOLIS / GO: 2019**

## FICHA CATALOGRÁFICA

BRITO, HÁVILLA BRIANE DE SOUZA/ CAMARGO, LIZ SILVA FERREIRA

Modelo construtivo em poliestireno expandido: comparativo entre construtivos de EPS e alvenaria convencional.

84P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC - UniEvangélica

Curso de Engenharia Civil.

- |                           |                           |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Poliestireno Expandido | 2. Alvenaria Convencional |
| 3. EPS                    | 4. Orçamento              |
| I. ENC/UNI                | II. Título (Série)        |

### REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

BRITO, Hávilla Briane de Souza; CAMARGO, Liz Silva Ferreira. Modelo construtivo em poliestireno expandido: comparativo entre construtivos de EPS e alvenaria convencional. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 84p. 2019.

### CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Hávilla Briane de Souza Brito

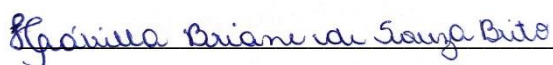
Liz Silva Ferreira Camargo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Modelo construtivo em poliestireno expandido: comparativo entre construtivos de EPS e alvenaria convencional.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à UniEvangélica a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Hávilla Briane de Souza Brito

E-mail: havillabbrito@gmail.com



Liz Silva Ferreira Camargo

E-mail: liz\_sfcamargo@hotmail.com

**HÁVILLA BRIANE DE SOUZA BRITO  
LIZ SILVA FERREIRA CAMARGO**

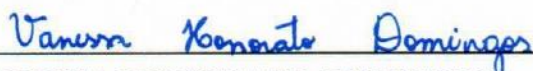
**MODELO CONSTRUTIVO EM POLIESTIRENO  
EXPANDIDO: COMPARATIVO ENTRE CONSTRUTIVOS DE  
EPS E ALVENARIA CONVENCIONAL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

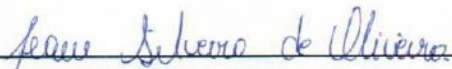
**APROVADO POR:**



\_\_\_\_\_  
**FILIPE FONSECA GARCIA, especialista (UniEVANGÉLICA)  
(ORIENTADOR)**



\_\_\_\_\_  
**VANESSA HONORATO DOMINGOS, mestra (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**



\_\_\_\_\_  
**JEANE SILVEIRA DE OLIVEIRA, mestra (UniEVANGÉLICA)  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: ANÁPOLIS/GO, 04 de DEZEMBRO de 2019.**

## **AGRADECIMENTOS**

Inicialmente agradeço à Deus por me abençoar e por me dar forças para concluir mais essa etapa de minha vida.

À toda minha família, em especial aos meus avós, Dorinha e Donizeth, por todo suporte que me deram nos momentos mais difíceis e pela confiança em mim depositada, essenciais para essa conquista.

Ao meu companheiro Samuel e à minha filha Sophie Heloise, pela compreensão e apoio durante esses anos de formação, por acreditarem em mim e por sempre estarem comigo quando precisei.

Ao professor Filipe, pela orientação, conselhos e dedicação.

Agradeço também aos meus amigos de sala, aos professores e a todos que fizeram parte dessa caminhada.

Hávilla Briane.

## **AGRADECIMENTOS**

Antes de tudo, devo agradecer a Deus, pois nada acontece sem a benção dEle, agradeço por estar sempre me protegendo a mim e a minha família e abençoando nossos passos e dando sabedoria para que pudéssemos seguir adiante.

Quero agradecer a minha família, cada um deles que participou desse momento da minha vida, se esforçaram e me apoiaram me dando forças para conseguir concluir mais essa fase. Obrigada por tudo, sem vocês eu não conseguiria, e espero deixar vocês mais orgulhosos a cada dia.

Sou grata a cada professor que me instruiu, foram eles que lapidaram o conhecimento que tenho hoje. Agradeço especialmente ao Filipe, nosso orientador, pelo tempo dedicado a nos auxiliar.

Liz Silva.

## RESUMO

Um dos grandes desafios enfrentados atualmente pela construção civil é a necessidade de acelerar o processo construtivo e reduzir os impactos ambientais gerados pelas obras. Nesse contexto surgiram numerosos sistemas construtivos, entre eles, o sistema em poliestireno expandido, caracterizado principalmente pelos painéis de EPS que quando empregados na construção civil substituem as paredes da alvenaria convencional, mas esse sistema também pode ser utilizado em outras etapas da obra como: fundação, pisos e laje. No mercado brasileiro, o sistema em alvenaria convencional é um método construtivo consolidado e é o sistema de vedação mais utilizado no país, pois o mesmo possui inúmeras qualidades que permitem sua aplicação em obras de grande porte. No entanto, o mesmo é responsável por uma parcela significativa do tempo de execução da obra, possui índice de reaproveitamento consideravelmente baixo e grande potencial de geração de resíduos, enquanto o sistema de EPS é considerado um método de obras limpas, onde quase não há geração de resíduos e caso haja resíduos os mesmos são facilmente reaproveitados, mas que por se tratar de uma tecnologia nova, o método ainda é pouco explorado no Brasil. O presente trabalho faz uma análise orçamentária em uma obra na cidade de Jaraguá-GO construída com o sistema em EPS, verificando o custo final da mesma para os dois sistemas mencionados com a finalidade de descobrir qual deles seria o mais viável economicamente para sua execução.

**PALAVRAS-CHAVE:** Sistemas Construtivos. Alvenaria Convencional. Poliestireno Expandido. Orçamento.

## **ABSTRACT**

One of the major challenges facing construction today is the need to accelerate the construction process and reduce the environmental impacts generated by the works. In this context numerous construction systems have emerged, including the expanded polystyrene system, characterized mainly by EPS panels that when used in construction replace the walls of conventional masonry, but this system can also be used in other stages of the work as: foundation , floors and slab. In the Brazilian market, the conventional masonry system is a consolidated construction method and is the most used fence system in the country, as it has numerous qualities that allow its application in large works. However, it is responsible for a significant portion of the execution time of the work, has a considerably low reuse rate and great potential for waste generation, while the EPS system is considered a method of clean works, where there is almost no generation. waste and if there are residues are easily reused, but because it is a new technology, the method is still little explored in Brazil. The present work makes a budget analysis in a work in the city of Jaraguá-GO built with the EPS system, verifying the final cost of the same for the two mentioned systems in order to find out which one would be the most economically viable for its execution.

**KEYWORDS:** Constructive systems. Conventional masonry. Expanded polystyrene. Budget.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Exemplos de aplicações do poliestireno cristal .....	23
Figura 2 - Exemplos de aplicações do poliestireno de alto impacto .....	24
Figura 3 - Exemplos de aplicações do poliestireno expandido .....	25
Figura 4 - Método construtivo de alvenaria convencional .....	26
Figura 5 - Sistema construtivo de acordo com a patente de François Hennebique .....	28
Figura 6 - Primeiro prédio em concreto armado, construído por François Hennebique .....	29
Figura 7 - Elementos básicos da estrutura de concreto armado .....	32
Figura 8 - Pasta de cimento .....	33
Figura 9 - Argamassa de cimento .....	33
Figura 10 - Concreto simples.....	34
Figura 11 - Concreto armado.....	34
Figura 12 - Bloco cerâmico com 6 furos e 8 furos .....	35
Figura 13 - Fôrmas de vigas e pilares.....	36
Figura 14 - Fabricação do poliestireno .....	37
Figura 15 - Transformação do poliestireno .....	37
Figura 16 - Pérola de poliestireno (antes da expansão) e Granulado de EPS (após a expansão) .....	38
Figura 17 - Industrialização de EPS no Brasil em 2000, principais municípios .....	42
Figura 18 - Composição média do lixo .....	44
Figura 19 - Processos de reciclagem de resíduos à base de poliestireno expandido .....	45
Figura 20 - Sistema construtivo em EPS .....	49
Figura 21 - Processo de fabricação do bloco de EPS .....	50
Figura 22 - Prcesso de recorte dos blocos no pantógrafo .....	51
Figura 23 - Processo de soldagem entre as telas .....	51
Figura 24 - Fabricação dos painéis .....	52
Figura 25 - Painel básico .....	53
Figura 26 - Painel duplo .....	53
Figura 27 - Painel curvo .....	54
Figura 28 - Painel de escada.....	54
Figura 29 - Painel de piso e laje unidirecional e bidirecional .....	55
Figura 30 - Armazenamento dos painéis .....	55
Figura 31 - Tipos de reforços para painéis monolíticos em EPS .....	56

Figura 32 - Fundação .....	57
Figura 1 - Arranques de aço para fixação das paredes .....	57
Figura 34 - Escoras utilizadas para montagem dos painéis .....	58
Figura 35 - Processo de abertura para passagem de tubulações .....	59
Figura 36 - Instalação elétrica .....	59
Figura 37 - Instalação hidráulica .....	59
Figura 38 - Processo de revestimento com argamassa .....	60
Figura 39 - Laje fácil .....	61
Figura 40 - Acabamento interno de uma obra em EPS .....	61
Figura 41 - Planta das vigas baldrame e estacas .....	63
Figura 42 - Planta das lajes.....	64
Figura 43 - Planta dos pilares .....	69

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Compatibilidade do EPS com diferentes materiais .....	49
Quadro 2 - Orçamento da montagem das vigas baldrames em alvenaria convencional .....	66
Quadro 3 - Orçamento da montagem das vigas baldrames em EPS .....	67
Quadro 4 - Concretagem das vigas baldrames em alvenaria convencional e em EPS .....	68
Quadro 5 - Orçamento impermeabilização das vigas baldrames em alvenaria convencional..	68
Quadro 6 - Orçamento da alvenaria de vedação com vãos.....	71
Quadro 7 - Orçamento de vergas pré-moldadas para janelas com até 1,5 m de vão.....	72
Quadro 8 - Orçamento de vergas pré-moldadas para portas com até 1,5m de vão .....	73
Quadro 9 - Orçamento de vergas pré-moldadas com mais de 1,5m de vão .....	73
Quadro 10 - Orçamento de contraverga pré-moldadas com vão de até 1,5m .....	74
Quadro 11 - Orçamento alvenaria de vedação sem vãos.....	75
Quadro 12 - Montagem e chapisco dos painéis monolíticos.....	76
Quadro 13 - Orçamento final do sistema em alvenaria convencional.....	77
Quadro 14 - Orçamento final do sistema em poliestireno expandido .....	77

## LISTA DE TABELA

Tabela 1 – Características exigíveis para o EPS – NBR 11752 .....	39
---	----

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Produção mundial de EPS.....	40
Gráfico 2 - Distribuição do consumo de EPS nos EUA – 1996.....	41
Gráfico 3 - Distribuição mundial de EPS por variedade em 2000 .....	41
Gráfico 4 - Distribuição por setores do EPS no Brasil em 2001 .....	43
Gráfico 5 - Resistência a compressão do poliestireno expandido .....	47

## LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABCI	Associação Brasileira da Construção Industrializada
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CFC	Gás Clorofluorcarbono
CONFEA	Conselho Federal de Engenharia e Agronomia
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
EPS	Poliestireno Expandido
GPPS	Poliestireno de Propósito Geral
HCFC	Gás Hidroclorofluorcarbono
HIPS	Poliestireno de Alto Impacto
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo
ISO	International Organization for Standardization
NBR	Normas Brasileiras de Regulamentação
PS	Poliestireno
SINAPI	Sistema Nacional de Índices da Construção Civil

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>17</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	18
1.2 OBJETIVOS .....	19
1.2.1 Objetivo geral.....	19
1.2.2 Objetivos específicos.....	19
1.3 METODOLOGIA .....	19
1.4 estrutura do trabalho.....	20
<b>2 POLÍMEROS</b> .....	<b>21</b>
2.1 HISTÓRICO .....	21
2.2 poliestireno (ps).....	22
2.2.1 Poliestireno de propósito geral (GPPS).....	23
2.2.2 Poliestireno de alto impacto (HIPS).....	23
2.2.3 Poliestireno expandido (EPS).....	24
<b>3 ALVENARIA CONVENCIONAL</b> .....	<b>26</b>
3.1 DEFINIÇÃO .....	26
3.2 ASPECTOS HISTÓRICOS .....	27
3.2.1 Histórico mundial.....	27
3.2.2 Histórico brasileiro .....	29
3.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	30
3.3.1 Vantagens .....	30
3.3.2 Desvantagens.....	31
3.4 COMPONENTES DA ALVENARIA CONVENCIONAL .....	32
3.4.1 Concreto .....	33
3.4.2 Armaduras .....	34
3.4.3 Blocos cerâmicos.....	35
3.4.4 Fôrmas .....	35
<b>4 POLIESTIRENO EXPANDIDO</b> .....	<b>37</b>
4.1 MERCADO MUNDIAL.....	40
4.2 MERCADO NACIONAL.....	42
4.3 IMPACTOS AMBIENTAIS .....	43
4.3.1 Reciclagem.....	43

4.4	VANTAGENS E DESVANTAGENS.....	46
4.4.1	Vantagens.....	46
4.4.2	Desvantagens.....	47
4.5	durabilidade.....	48
4.6	POLIESTIRENO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	49
4.6.1	Painéis.....	50
4.6.2	Telas soldadas.....	56
4.6.3	Reforços.....	56
4.6.4	Processo construtivo.....	56
4.6.5	Comportamento ao fogo.....	61
<b>5</b>	<b>LEVANTAMENTO DE CUSTOS E ORÇAMENTO .....</b>	<b>63</b>
5.1	APRESENTAÇÃO DOS PROJETOS.....	63
5.1.1	Projeto – Painéis de EPS.....	63
5.1.2	Projeto – Alvenaria convencional.....	64
5.2	LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS.....	65
5.2.1	Fundação.....	65
5.2.2	Paredes e platibandas.....	69
<b>6</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>77</b>
<b>7</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>79</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>80</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A busca por um modelo de construção desenvolvido que possa ser considerado sustentável para a humanidade é um desafio enfrentado há algumas décadas. De acordo com o relatório *Nosso Futuro Comum* (1987), desenvolvimento sustentável está relacionado com a continuidade dos recursos naturais para as gerações presentes e futuras satisfazerem suas necessidades. Segundo Silva (2003b), atividades como construção, demolição e operação de edifícios são as ações humanas que mais geram impactos no meio ambiente.

No decorrer dos anos com a necessidade de acelerar o processo construtivo e reduzir os impactos ambientais gerados pela construção civil, surgiram numerosos modelos construtivos, visando a realização de edificações com ganho de produtividade, construtividade, economicidade e desempenho ambiental.

O método construtivo em Poliestireno Expandido (EPS), foi desenvolvido na Itália em 1980, para atender exigências técnicas, estruturais e climáticas de regiões caracterizadas por invernos rigorosos e com alta incidência de terremotos, garantindo conforto e segurança aos usuários (BERTOLDI, 2007). O sistema foi desenvolvido por uma empresa italiana, chamada Monolite, que na ocasião, o denominou como Método Monolite. Desde a sua criação, a empresa passou a implantar várias unidades de produção e hoje, o sistema já vem sendo utilizado em inúmeros países, devido a sua tecnologia, inovação e eco eficiência.

No Brasil, esse modelo construtivo começou a ser utilizado em 1990, após diversas pesquisas realizadas pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), onde foram obtidos resultados satisfatórios quanto a utilização do método no país (BERTOLDI, 2007). Entretanto, esse sistema ainda é pouco utilizado nos dias atuais, fato que pode ser atribuído à falta de qualificação dos profissionais da área e também à resistência de mercado.

O método de construção utilizando EPS vem adquirindo importância na construção civil, não apenas por sua característica isolante, mas também por sua resistência, leveza e fácil manuseio, se tornando um dos melhores materiais para isolamento e outros processos construtivos como painéis monolíticos e lajes. Ao ser aplicado na obra, o sistema reduz significativamente a produção de resíduos e tempo de serviço quando comparado ao método convencional de construção e dependendo do porte da obra pode gerar uma economia considerável. Outro fator importante é a sobrecarga gerada sobre o edifício, que é muito menor se comparado com a vedação de blocos cerâmicos.

Suas aplicações são variadas e por essa razão pode ser encontrado em múltiplas áreas de construção. Pode ser aplicado em obras de pequenas residências familiares e até mesmo em

obras que incluam grandes estruturas, como estradas, pontes e edifícios. Também é encontrado na forma de painéis, compostos pelo núcleo de poliestireno expandido e revestidos por malhas de aço galvanizado, substituindo a parede de alvenaria comum. Outro exemplo, são as canaletas utilizadas como fôrmas para a viga baldrame, otimizando o processo construtivo e reduzindo os custos das fundações.

Os blocos são produzidos a partir de processos industriais, porém não utiliza o gás CFC, nocivo à camada de Ozônio, e produz baixo índice de desperdícios. Apesar de não ser um material biodegradável, de acordo com Ferreira (2016a), o EPS pode ser completamente reaproveitado. Consiste em um material inerte, que não contamina o ar, o solo ou a água. Sobras produzidas em canteiros de obras podem ser recolhidas e enviadas a usinas de processamento onde será utilizado como matéria-prima na produção de diversos produtos.

## 1.1 JUSTIFICATIVA

A alvenaria convencional é um método consolidado no mercado e atualmente é o sistema de vedação mais utilizado no Brasil. O material possui inúmeras qualidades que permitem sua aplicação em obras de porte grandioso. No entanto, o mesmo é responsável por uma grande parcela do tempo de execução da obra, possui índice de reaproveitamento consideravelmente baixo e grande potencial de geração de resíduos, fatores que são bastante preocupantes.

A construção civil envolve grande investimento, motivo pelo qual se está sempre à procura de novas tecnologias. Pesquisas e testes são aplicados com o intuito de estudar novos materiais e novas técnicas que possam agregar uma série de benefícios a esse ramo. Por oferecer bons resultados, o poliestireno expandido vem ganhando espaço no mercado da construção. Porém, por se tratar de uma tecnologia nova no Brasil, ainda se predomina uma insegurança quanto à utilização do sistema construtivo em poliestireno expandido.

Devido às propriedades físicas e mecânicas do concreto e à grande capacidade de resistência que o mesmo possui muito se contesta a respeito da substituição do mesmo por um material de tão baixa densidade como o poliestireno expandido. Porém, o EPS está cativando novas áreas de atuação, por apresentar significativa vantagem como isolante térmico e acústico, por ser um material leve, resistente, bem como rápido e fácil de operar. Além disso, sua aplicação permite a redução da potência dos equipamentos de refrigeração, garantindo uma redução anual considerável com os custos de energia elétrica.

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo geral

O trabalho objetiva analisar e expor algumas das aplicações e vantagens sobre o uso do EPS na construção civil e realizar um comparativo orçamentário em uma residência unifamiliar comparando o método de construção em alvenaria convencional com o sistema em EPS, a fim de verificar o método mais econômico e com maior rapidez de execução.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- a) Fazer um estudo sobre o uso do EPS na construção civil;
- b) Analisar os aspectos construtivos do sistema em EPS;
- c) Identificar as vantagens e desvantagens quanto à utilização do EPS;
- d) Realizar um levantamento de quantitativos e elaboração dos custos dos dois sistemas construtivos;
- e) Apresentar um comparativo em relação ao custo envolvendo construtivos de poliestireno expandido e construtivo em alvenaria convencional e apontar qual melhor escolha visando o resultado esperado da obra.

## 1.3 METODOLOGIA

Os capítulos 1, 2, 3 e 4, foram baseados em pesquisas realizadas em artigos, revistas, livros e trabalhos. Para os capítulos 5, 6 e 7, foi utilizado como objeto de estudo uma casa residencial unifamiliar na cidade de Jaraguá-GO, que foi construída pelo método construtivo em poliestireno expandido, onde foi possível visualizar a aplicação da técnica. Através dos projetos, será realizado um levantamento orçamentário da obra para os sistemas em alvenaria convencional e EPS.

Além da residência, também foi utilizado dados obtidos pela fábrica responsável pelo material utilizado na referida obra, o que possibilitou a elaboração de imagens e informações do processo de produção.

#### 1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

No capítulo 1, foram apresentados a introdução do tema assim como a justificativa para a escolha do mesmo, os objetivos do trabalho e a metodologia. Os tópicos têm como propósito apresentar moderadamente sobre o material que será objeto de estudo, para que no decorrer do desenvolvimento do TCC as informações sejam mais aprofundadas e o tema melhor explicado.

No capítulo 2, 3 e 4 são retratadas pesquisas científicas sobre EPS e suas características, visando pontuar sobre seu comportamento diante de certos tipos de aplicações ou tarefas empregadas a ele nas fases de uma construção residencial. Também possui uma introdução à alvenaria convencional, para que seus benefícios sejam comparados aos do poliestireno expandido.

No capítulo 5 são apresentados os projetos da obra construída em poliestireno expandido, assim como um levantamento de custo em relação as paredes do projeto apresentado e a viga baldrame e sua concretagem.

Nos capítulos 6 e 7 foram exibidos os resultados e conclusão do trabalho.

## 2 POLÍMEROS

Polímeros são compostos que podem ser de origem natural ou sintética. São formados através das repetições de estruturas simples chamadas de unidades repetitivas ou meros, por isso seu nome: “poli” – “muitos” e “mero” – “partes” (AKCELRUD, 2007).

### 2.1 HISTÓRICO

De acordo com Borrelly (2002), o início da industrialização dos polímeros ocorreu nos anos 1830, quando Charles Goodyear empenhou-se na tecnologia de vulcanização do látex de borracha natural em um elastômero para uso em pneus. Com o desenrolar dos anos novos materiais foram desenvolvidos por especialistas da época, como o nitrato de celulose que foi produzido por Christian F. Schönbein em 1847 e utilizado como o primeiro termoplástico nos anos 1860. A partir daí, novos insumos foram elaborados como: "Bakelite" (resina fenol-formaldeído) em 1907 por Leo Backeland e "glyptal" (resina de poliéster insaturado) pela General Electric em 1912.

Segundo dados apontados por Hage Jr. (1998), o consumo de borracha natural aumentou notavelmente após o desenvolvimento da vulcanização do látex. Em 1830, antes do encadeamento do processo patenteado por Charles Goodyear, o consumo de borracha natural era em torno de 25 toneladas e ampliou-se para 6000 toneladas até 1860. E esse consumo expandiu ainda mais com o surgimento da fabricação de pneus e câmaras de ar a datar de 1912.

Em 1930, a produção comercial do poliestireno (PS) foi iniciada pela IG Farbenindustrie, na Alemanha e até então apresenta uma elevação significativa na sua demanda e produção. Esse crescimento é justificado pelas propriedades do material, que tornam o PS aplicável em múltiplos ramos, desde embalagens até na confecção de peças automotivas ou, neste caso, na construção civil (TESSARI, 2006).

O PS teve sua produção em escala comercial iniciada em 1938, quando a Dow Chemical Company fabricou toneladas do mesmo (TESSARI, 2006).

Novos materiais poliméricos foram desenvolvidos durante a Segunda Guerra Mundial, quando surgiu a carência de materiais naturais diante do aumento do seu consumo (BORROELLY, 2002).

Nas décadas de 1960 e 1970, foram desenvolvidos polímeros de alto desempenho, que competiram com materiais mais usuais, como o metal. Atualmente, os materiais poliméricos são produzidos por grandes indústrias mundiais e estão presentes por todo segmento da vivência

diária, desde materiais básicos presentes nas casas dos cidadãos até aplicações específicas como automotivas, aeroespaciais e construtivas (BORROELLY, 2002).

## 2.2 POLIESTIRENO (PS)

É através da polimerização do estireno que se obtém o poliestireno, um dos pioneiros entre os termoplásticos. O grau de pureza do estireno empregado nessa polimerização deve ser superior a 99,6% (TESSARI, 2006).

O estireno utilizado na produção do PS é um hidrocarboneto líquido que tem seu ponto de ebulição em 145°C e ponto de solidificação em -30,6°C. O monômero estireno, quando puro, é incolor e possui um aroma adocicado agradável, adverso ao que se percebe, já que esse odor se torna desagradável em consequência da contaminação por aldeídos formados no decorrer de sua exposição ao ar livre (BORROELLY, 2002).

Por volta de 1990 o PS encontrou-se entre os termoplásticos mais consumidos, isso em virtude do seu baixo custo, condutibilidade elétrica consideravelmente baixa e a versatilidade do seu uso (SOUZA, 2016a).

Facilmente sintetizado, processado e reciclado, o poliestireno é um polímero termoplástico moderadamente resistente à degradação, porém com baixa resistência ao impacto. O PS necessita ser tenacificado para adequar-se a certas aplicações (COUTINHO et al., 2007).

Na tenacificação, é aplicada uma tensão nas misturas termoplásticas reforçadas com elastômeros, essas partículas elastoméricas concentram ou absorvem essa tensão, resultando em uma alteração do estado de tensão da fase matriarcal e uma acentuada deformação plástica, aprimorando a resistência ao impacto do material. Esse parâmetro é um dos mais importantes para estipular se determinado polímero pode ser utilizado como material de engenharia (COUTINHO et al., 2007).

Conforme Tessari (2006), o poliestireno é habitualmente encontrado em três formas ou tipos, tais como: Poliestireno de Propósito Geral (GPPS), Poliestireno Expandido (EPS) e Poliestireno de Alto Impacto (HIPS).

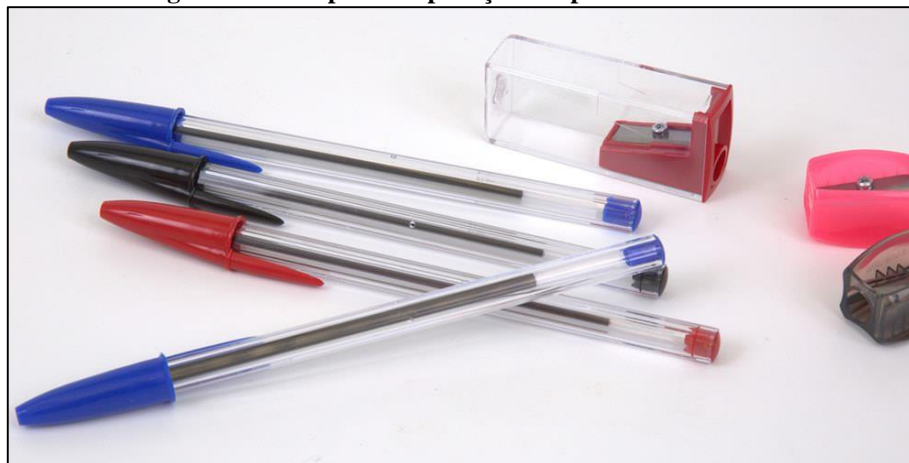
### 2.2.1 Poliestireno de propósito geral (GPPS)

Comumente referenciado como poliestireno cristal. Recebe esse nome devido suas características primordiais, como sua transparência e brilho, que o faz assemelhar-se a um cristal (MONTENEGRO; SERFATY, 2002).

O GPPS é inodoro, insípido e atóxico, possui baixo custo e pequena absorção de umidade. Possui excelentes propriedades elétricas, devido sua baixa condutibilidade, sendo um dos materiais mais isolantes eletricamente, da ordem de  $10^{-18}$  Siemens/cm. É composto por um material duro com resistência de cerca de  $550\text{kg/cm}^2$  à tração. É transparente com radiação incidente de cerca de 87% a 92%, sendo fácil obter sua pigmentação com aplicação de corantes (BORROELLY, 2002).

É empregado principalmente em caixas para CD e fitas, utensílios domésticos rígidos, copos descartáveis, embalagens de produtos alimentícios e corpo de canetas esferográficas conforme mostrado na Figura 1 (MONTENEGRO; SERFATY, 2002).

**Figura 2 - Exemplos de aplicações do poliestireno cristal**



Fonte: INNOVA, 2017.

### 2.2.2 Poliestireno de alto impacto (HIPS)

Essa classe é conhecida por ser um material polimérico borrachoso tenacificado. O poliestireno de alto impacto é um material polimérico mesclado de múltiplos componentes e múltiplas camadas, com fases vítreas (que se assemelham ao vidro) e borrachosas (ROVERE *et al.*, 2008).

O HIPS é obtido a partir da combinação de poliestireno e polibutadieno (borracha), a partir do processo de grafitação ou mistura no estado fundido, isto é, a adição das moléculas

de polibutadieno não é feita simplesmente por mistura, essas moléculas são incorporadas a cadeia principal do poliestireno através de reações químicas (COUTINHO *et al.*, 2007).

Algumas características apresentadas pelo HIPS além da rigidez e resistência ao impacto, é a facilidade de processamento e boa estabilidade dimensional. Segundo Souza (2016a), essa resina pode competir com outros polímeros de custo mais elevado, como polímeros de engenharia, para aplicações em eletrodomésticos e eletrônicos comuns.

O HIPS pode ser aplicado em inúmeros setores. Em artigos industriais é empregado como peças internas e externas de aparelhos eletrônicos, como mostrado na Figura 2.

**Figura 3 - Exemplos de aplicações do poliestireno de alto impacto**



Fonte: INNOVA, 2017.

Também é empregado em peças de máquinas e veículos, aparelhos de telecomunicações, gabinetes para geladeiras e grades de ar condicionado; também é utilizado nas indústrias de calçados e embalagens de proteção contra choques. É aproveitado também em brinquedos e artigos de utilidades domésticas (ROVERE *et al.*, 2008).

### **2.2.3 Poliestireno expandido (EPS)**

Conforme Santos *et al.* (2013), o poliestireno expandido é um plástico celular derivado do petróleo, que quando se encontra na forma compacta, aparenta um material rijo, acromático e transparente.

É obtido por meio da polimerização da resina PS, que se realiza injetando um agente de expansão na fase de reação da polimerização. O elemento químico normalmente utilizado é o pentano (TESSARI, 2006).



Após a expansão se torna a espuma termoplástica, rígida, de cor branca, inodora e reciclável. O EPS é mais conhecido no Brasil como Isopor®, sua marca registrada pela empresa Kanuf (SANTOS *et al.*, 2013).

As principais aplicações do Isopor® são na proteção de embalagens (Figura 3) e como isolantes térmicos (MONTENEGRO; SERFATY, 2002).

**Figura 4 - Exemplos de aplicações do poliestireno expandido**



Fonte: INNOVA, 2017.

### 3 ALVENARIA CONVENCIONAL

#### 3.1 DEFINIÇÃO

Alvenaria é o sistema construtivo de paredes e muros, executados com pedras naturais, tijolos ou blocos unidos em sua interface, por uma argamassa apropriada, formando um conjunto rígido e coeso (MARTINS, 2009), sendo destinado a suportar esforços ou simplesmente para vedação de um espaço (SILVA,2003a).

Esse conjunto de elementos deve apresentar resistência, durabilidade e impenetrabilidade (ARAÚJO, 1995). Deve impedir a entrada de vento e chuva no interior da edificação, isolar e proteger acusticamente o ambiente, resistir a impactos e dividir interna ou externamente o espaço, garantindo segurança e conforto (TAUIL; NESE, 2010).

Neste trabalho, o termo alvenaria convencional refere-se a edificações formadas pelo conjunto de lajes, vigas e pilares construídas de concreto armado, onde os vãos são preenchidos por tijolos cerâmicos, conforme mostrado na Figura 4. Nesse método, as paredes normalmente são executadas com blocos cerâmicos vazados de seis a oito furos e são denominadas “não-portantes” pois são destinadas somente para a vedação do ambiente e a carga da construção é distribuída nas vigas, pilares, lajes e fundações (SOUZA, 2012b).

No sistema de alvenaria convencional, ao final da construção das paredes, precedente as etapas finais como chapisco, emboço, reboco e pintura realiza-se aberturas nas paredes para as instalações hidráulicas e elétricas (VASQUES, 2014), o que acarreta uma baixa produtividade e grande desperdício de materiais.

**Figura 5 - Método construtivo de alvenaria convencional**



Fonte: FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, 2014.

## 3.2 ASPECTOS HISTÓRICOS

A alvenaria tem sua origem na pré-história e está entre as mais antigas formas de construção (CAVALHEIRO,1999), porém não há como definir com precisão o exato momento de sua criação. Desde a Antiguidade, os povos utilizavam a alvenaria para a construção de suas habitações, monumentos, estradas, pontes, fortificações e templos religiosos e os materiais predominantemente utilizados eram pedras, tijolos e madeira (SOUSA, 2002).

### 3.2.1 Histórico mundial

O tijolo é o material fabricado pelo homem mais antigo que existe. Registros revelam que suas primeiras utilizações ocorreram a 6000 A.C. e que o mesmo passou a ser utilizado pois tinha a vantagem de ser mais leve do que as pedras.

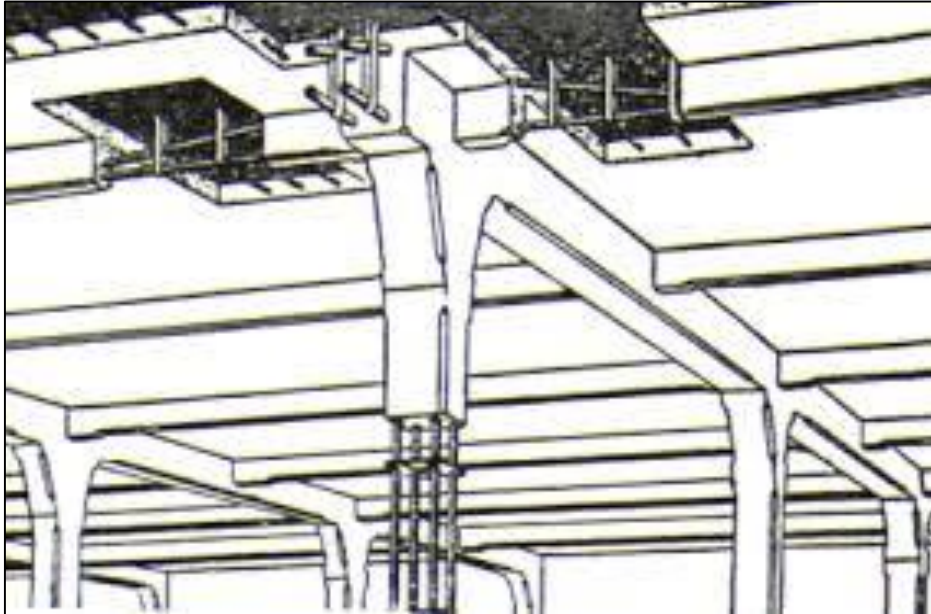
Inicialmente, a moldagem do tijolo era realizada à mão, secos ao sol e reforçados com diversos materiais como palha e areia, o que variava de acordo com a região de cada civilização. Posteriormente, por volta de 4000 A.C. através das técnicas usadas pelos Sumérios, começaram a utilizar os tijolos cozidos, fato que representou uma grande etapa do processo de desenvolvimento da humanidade, permitindo a realização de grandes obras (SOUSA, 2002). A simplicidade no processo de produção, resistência e durabilidade contribuíram para a permanência desse material até os dias atuais.

Os tijolos e rochas foram utilizados por mais de 4500 anos como materiais estruturais, porém no século XVIII, por ocasião da Revolução Industrial, houve a chegada do aço e das estruturas metálicas e posteriormente com a descoberta do cimento Portland, os tijolos que antes eram vistos como um elemento estrutural passaram a ser utilizados somente para vedação de ambientes (BATTAGIN *et al.*, 2010).

O emprego da alvenaria convencional iniciou-se no século XIX na Europa, com a descoberta e aprimoramento do cimento Portland e com o domínio do aço. A associação desses dois elementos deu origem ao concreto armado, que tem por finalidade aproveitar de forma vantajosa a resistência que cada um desses materiais oferece. Sendo assim, o concreto armado começou a ser utilizado para formar os elementos portantes da estrutura como as vigas e pilares, tornando-os mais resistentes à compressão e à tração (ARAÚJO; FREITAS; RODRIGUES, 2006), enquanto os tijolos cerâmicos já existentes na época, eram destinados somente para o fechamento de vãos.

Após diversas pesquisas e experimentos a respeito da utilização do concreto como material estrutural, o francês François Hennebique desenvolveu a primeira ponte em concreto armado na cidade de Châtellerault em 1899, utilizando um sistema denominado por ele de “*béton armé*” (Figura 5), e através desse sistema comprovou a resolução do problema de ligação e engastamento entre lajes, vigas e pilares, muito discutido na época (HELENE et al., 2010).

**Figura 6 - Sistema construtivo de acordo com a patente de François Hennebique**



Fonte: IBRACON, 2010.

A fim de comprovar a eficácia e segurança de seu método, o construtor francês projetou e construiu o primeiro prédio de concreto armado (Figura 6) demonstrando ser possível a substituição de paredes portantes por paredes de vedação.

**Figura 7 - Primeiro prédio em concreto armado, construído por François Hennebique**



Fonte: IBRACON, 2010.

O concreto armado em junção com os tijolos, atualmente substituídos por blocos cerâmicos, fez surgir um dos métodos construtivos mais conhecidos e mais utilizados em todo o mundo, união que, revolucionou e mudou o estilo das construções, tornando possível a execução de obras com durabilidade e resistência.

### **3.2.2 Histórico brasileiro**

No Brasil, a alvenaria teve início ainda no período colonial, onde eram utilizadas estruturas de taipa para a construção dos prédios, porém, devido às grandes espessuras das paredes para garantir a rigidez necessária, logo esse método foi substituído pelas estruturas de pau a pique que não demandavam uma estrutura tão espessa (ABCI, 1990).

Com a modernização das grandes cidades, especialmente na cidade de São Paulo, surgiu-se a necessidade de incorporar novos elementos às estruturas para que os edifícios acompanhassem esse processo. Nesse contexto, a partir de 1870 começaram mudanças como a utilização do tijolo cozido que possibilitava a construção de estruturas com grandes vãos e mais resistentes à ação de intempéries como sol e chuva (BASTOS, 2006).

No início do século XX com o desenvolvimento acelerado das estruturas de aço na Europa e com a facilidade de importação desse material, juntamente com a introdução do cimento no país pelas filiais de firmas estrangeiras (VASCONCELOS, 1985), a cultura do concreto armado passou a ser difundida no Brasil. Apesar de não se ter uma data precisa quanto

a utilização do concreto armado no país, as primeiras obras que se tem conhecimento ocorreram no ano de 1904 no estado do Rio de Janeiro, onde houve a construção de seis prédios projetados e executados pelo engenheiro Carlos Loma (VASCONCELOS, 2006).

Em 1920, com a instalação das cimenteiras, iniciou-se a produção do cimento Portland no país, porém por quase duas décadas o segmento passou por um momento crítico, onde várias indústrias foram fechadas pelo baixo rendimento e qualidade do material (HELENE *et al.*, 2010). Somente em 1940, que a produção do concreto se estabilizou e seu uso passou a ser normalizado pela Associação Brasileira de Normas Técnicas e regulado pelas atribuições profissionais do sistema CONFEA-CREAs, tornando sua utilização que antes era destinada a viadutos e pontes mais segura e confortável para a construção de edifícios que posteriormente foram associados com os blocos, utilizados até os dias atuais.

Segundo Telles (1994), a alvenaria convencional e o concreto armado cresceram tanto no Brasil pelo fato de ser uma alternativa fácil e econômica e também por dispensar mão de obra especializada para a execução da obra. Outro fator importante, é a facilidade de transporte dos materiais, que apesar da estrutura de concreto armado ser mais pesada que uma estrutura metálica, por exemplo, transportar cimento, areia e brita é mais fácil do que colunas e vigas de aço.

### 3.3 VANTAGENS E DESVANTAGENS

No Brasil, o sistema construtivo convencional em concreto armado é amplamente utilizado na construção de edificações e residências, sendo um dos métodos mais aceitos pela sociedade brasileira e um dos mais utilizados pelas construtoras. Apesar de ser uma técnica construtiva desenvolvida a muitos anos, essa alvenaria apresenta pontos positivos que fazem com que esse sistema seja utilizado até os dias atuais. Em contrapartida, a mesma apresenta alguns pontos negativos que fazem com que, mesmo com resistência de mercado, novos sistemas sejam introduzidos no país.

#### 3.3.1 Vantagens

Segundo Fernandes e Filho (2010) dentre as principais vantagens de uma edificação em concreto armado em relação a de outro sistema construtivo, pode-se destacar a durabilidade elevada, a boa resistência a choques e vibrações, além da facilidade de obtenção de materiais nas proximidades das obras.

Santos (2013) e Ferreira (2016) citam outras vantagens, como:

- a) Conforto térmico devido a sua inércia térmica, sendo o calor e frio mais amenizados pelas paredes de blocos cerâmicos;
- b) Isolamento acústico;
- c) Boa estanqueidade à água;
- d) Resistência ao fogo, quando a armadura é protegida pelo cobrimento mínimo adequado de concreto;
- e) Flexibilidade e possibilidade de reforma;
- f) Durabilidade superior a cem anos mesmo se reformas;
- g) Aberturas de vãos e portas podem ser realizadas sem causar danos à estrutura;
- h) Técnica executiva simplificada, facilitando o treinamento da mão de obra;
- i) Facilidade no transporte dos materiais.

### 3.3.2 Desvantagens

Por se tratar de um método completamente artesanal, com etapas construtivas executadas *in loco*, a estrutura do concreto armado associada à alvenaria de blocos cerâmicos é caracterizada pela baixa produtividade e por gerar uma grande parcela de desperdícios (PRUDÊNCIO, 2013). Contudo, de forma geral, a estrutura de concreto armado executada *in loco*, ainda é a técnica construtiva mais econômica do país. Segundo Hass e Martins (2011), tal desperdício advém da natureza artesanal do sistema e pela falta de preparação dos operários.

Outro fator importante, está relacionado com as questões ambientais, onde se há necessidade de buscar alternativas mais sustentáveis de forma a tornar os processos construtivos mais racionais e eficientes. Porém, esse sistema apresenta muitas limitações quanto à sustentabilidade, pois os retrabalhos ocasionados pelos recortes nas paredes para a passagem das instalações elétricas e hidráulicas geram desperdícios de materiais como cimento e bloco cerâmicos que dificilmente são reaproveitados e que são extremamente nocivos ao meio ambiente (TELLES, 1994).

Segundo Alves (2015a) e Santos (2014), o sistema ainda possui outras desvantagens, como:

- a) Maior consumo de material para execução de chapisco e emboço;
- b) Canteiro de obra sujo;
- c) Improvisos durante a execução;
- d) Demanda excessiva de água em algumas etapas da obra;

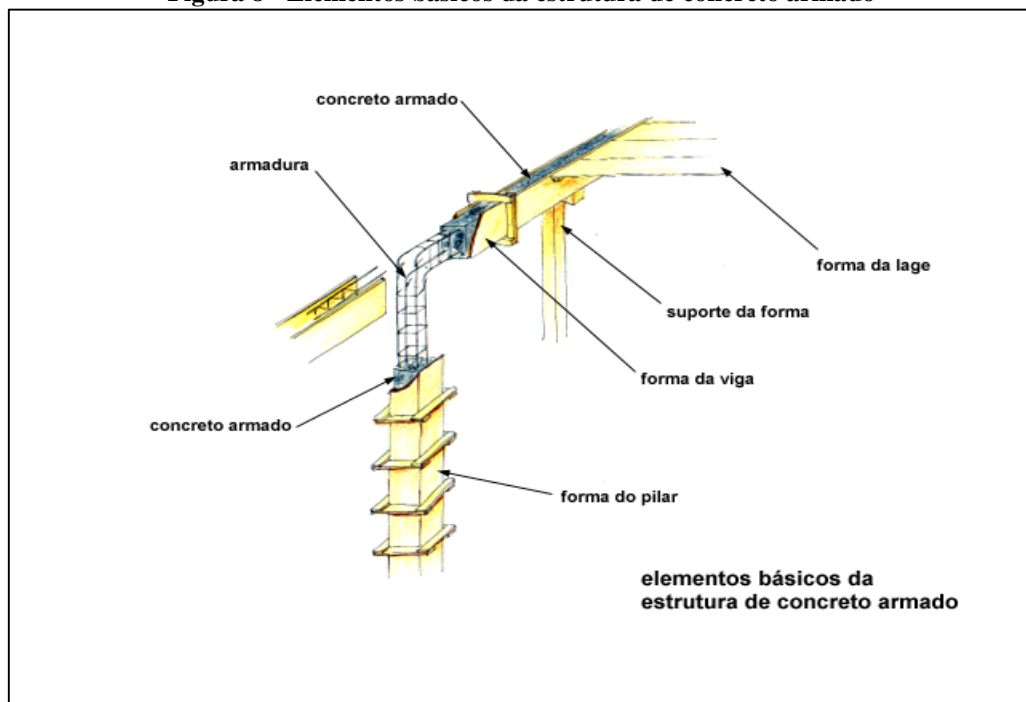
- e) Necessidade de revestimentos adicionais para se obter um melhor acabamento;
- f) Utilização de fôrmas de madeira para a sustentação e moldagem do concreto;
- g) Processo de construção lento;
- h) Utilização de matérias primas de origem não renovável.

Apesar de suas vantagens, o método construtivo convencional possui inúmeras desvantagens, tais que, deram início a buscas tecnológicas por novos métodos de construção visando um sistema com alto nível de industrialização e mais racional.

### 3.4 COMPONENTES DA ALVENARIA CONVENCIONAL

Conforme dito anteriormente, a alvenaria convencional é constituída por lajes, vigas e pilares construídos de concreto armado e a vedação dos ambientes é feito com alvenaria de blocos cerâmicos. No entanto, a estrutura necessita de outros elementos básicos, como fôrmas e suportes, que podem ser identificados na Figura 7.

**Figura 8 - Elementos básicos da estrutura de concreto armado**



Fonte: EDIFIQUE ARQUITETURA, 2015.



### 3.4.1 Concreto

Segundo Bastos (2006), o concreto é um material composto, constituído de cimento, água, agregado graúdo (brita ou pedra), agregado miúdo (areia) e ar, podendo conter também a adição de determinados elementos como pozolana, e aditivos químicos com o intuito de melhorar e/ou modificar suas qualidades básicas. Sua forma de preparo varia de acordo com a sua finalidade no canteiro de obras, podendo ser em forma de pasta, argamassa, concreto simples ou concreto armado.

A respeito dos elementos de concreto armado utilizados na alvenaria convencional, a NBR 6118 (ABNT, 2014, p. 4) define como: Aqueles cujo comportamento estrutural depende da aderência entre concreto e armadura, e nos quais não se aplicam alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência.

As Figuras 8 a 11 mostram fotografias do cimento em suas formas mais utilizadas na construção civil, assim como o concreto simples e concreto armado que é a união do concreto simples com as armaduras.

**Figura 9 - Pasta de cimento**



Fonte: BASTOS, 2006.

**Figura 10 - Argamassa de cimento**



Fonte: BASTOS, 2006.

**Figura 11 - Concreto simples**



Fonte: BASTOS, 2006.

**Figura 12 - Concreto armado**



Fonte: PREFOR ENGENHARIA, 2014.

A produção do concreto pode ocorrer tanto no canteiro de obras, quanto nas usinas. Segundo Barros e Melhado (1998), o local onde o mesmo será produzido irá variar de acordo com o tamanho da obra e a quantidade de concreto necessária para sua execução, pois em casos onde o volume será maior é necessário que o concreto seja produzido nas usinas para garantir maior precisão quanto à sua dosagem.

### **3.4.2 Armaduras**

A principal função das armaduras é resistir aos esforços de tração e cisalhamento, tornando as peças comprimidas mais resistentes (ARAÚJO; FREITAS; RODRIGUES, 2006).

Segundo Bastos (2006), a armadura do concreto armado é considerada uma “armadura passiva”, pois as tensões e deformações nela aplicadas são decorrentes somente dos

carregamentos aplicados na peça onde a mesma está inserida e que sua associação com o concreto só é possível pelo fato dos dois componentes possuírem coeficientes de dilatação praticamente iguais.

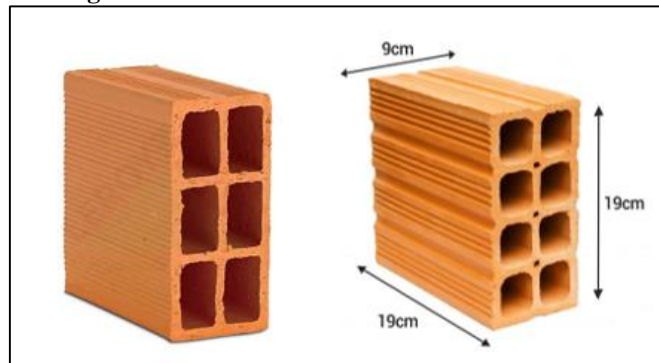
De acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2014), quando o cobrimento mínimo é dimensionado de maneira correta, obedecendo a classe de agressividade da obra, o concreto protege o aço da oxidação, garantindo a durabilidade do conjunto.

### 3.4.3 Blocos cerâmicos

Os blocos cerâmicos são definidos como um componente da alvenaria em formato de um prisma reto que contém furos prismáticos ou cilíndricos perpendiculares às faces que os contém. Sua qualidade está relacionada diretamente com seu processo de fabricação, pois depende da qualidade da argila empregada e principalmente da temperatura de queima do bloco, pois é nesse momento que as propriedades físicas da argila são obtidas (NBR 15270-1, 2005).

Comercialmente, os blocos cerâmicos podem ser encontrados de diversos tamanhos, sendo mais comumente utilizado os blocos com dimensão de 9x19x19cm com seis ou oito furos, que podem ser observados na Figura 12.

**Figura 13 - Bloco cerâmico com 6 furos e 8 furos**



Fonte: CERÂMICA LIDERAL, 2014 (Modificado).

### 3.4.4 Fôrmas

Para a construção de vigas e pilares na alvenaria convencional é utilizado fôrmas (Figura 13), um material necessário no processo de execução, pois garante a sustentação do elemento estrutural até que o mesmo adquira resistência. Comumente o material mais utilizado para a fabricação dessas fôrmas é a madeira.

De acordo com Barros e Melhado (1998), as principais funções do sistema de fôrmas são:

- a) Garantir ao concreto a textura requerida;
- b) Moldar o concreto;
- c) Fornecer ao concreto a sustentação necessária até que o mesmo adquira resistência suficiente para auto sustentar.

**Figura 14 - Fôrmas de vigas e pilares**



Fonte: CONSTRUTORA LIGA, 2016.

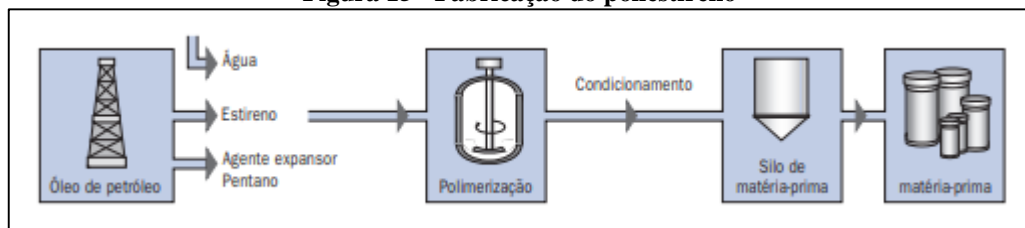
#### 4 POLIESTIRENO EXPANDIDO

O EPS é resultado da transformação de pérolas de plástico, originalmente com três milímetros de diâmetro, que são expandidas em até 50 vezes em relação à sua dimensão primária. Após isso são condicionadas por meio de vapor, logo então são fundidas e moldadas na forma desejada (FERREIRA, 2016b).

De acordo com a norma ISO-1043/78, mencionada por Grote e Silveira (2002), o poliestireno expandido é assinalado como material celular rígido, obtido pela polimerização do estireno (produto derivado do petróleo) em água, pertencendo ao grupo dos termoplásticos.

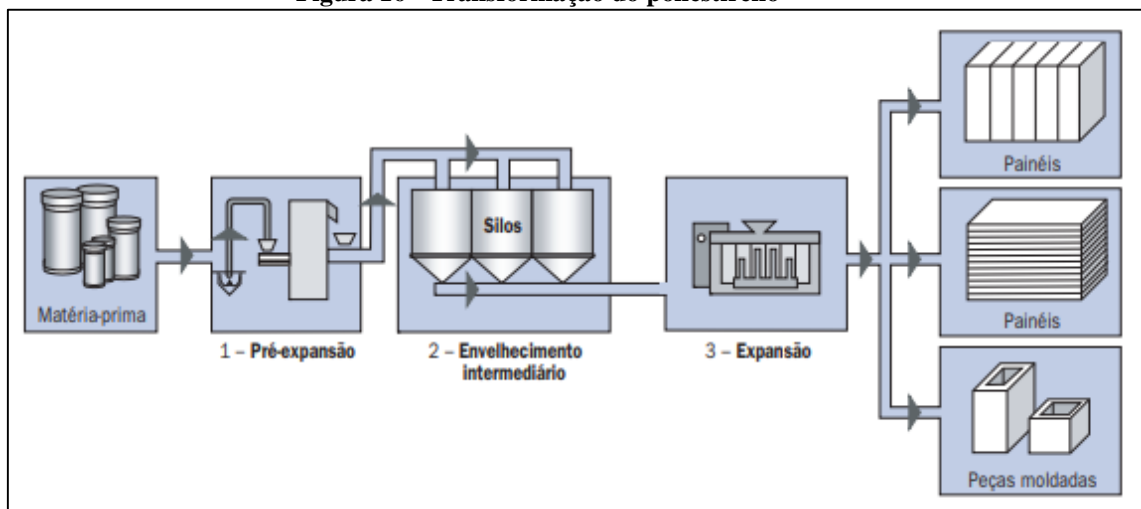
A fabricação do poliestireno consiste na polimerização de seus insumos que posteriormente são condicionados e transformados em matéria prima. A sua transformação ocorre através de uma pré-expansão e posteriormente é armazenados em silo para ser realizado uma nova expansão e moldagem do poliestireno expandido conforme desejado. O processo de fabricação e transformação pode ser visualizado nas Figuras 14 e 15.

**Figura 15 - Fabricação do poliestireno**



Fonte: GROTE & SILVEIRA, 2002.

**Figura 16 - Transformação do poliestireno**



Fonte: GROTE & SILVEIRA, 2002.

Foi descoberto em 1964, enquanto os químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz trabalhavam nos laboratórios de Basf, na Alemanha. No princípio sua popularidade esteve estagnada devido ao alto preço da matéria-prima, quando as pérolas pré-expandidas eram rotuladas como item de luxo. Apesar disso sua evolução no mercado não foi interrompida. Em 1968, foi quando atraiu notoriedade pela previsão do concreto leve ocupar uma posição importante na construção civil em longo prazo (OLIVEIRA, 2013).

É descrito por Abrapex (2000) como um material plástico em forma de espuma e possuindo micro células fechadas, o EPS é composto por 2% de matéria-prima (poliestireno) e 98% de vazios contendo ar (Figura 16). Possui cor branca, é inodoro, reciclável e não poluente, excelente material isolante térmico, tendo melhor desempenho entre temperaturas de  $-70^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$ . Possui peso entre 13 a  $35\text{ kg/cm}^3$  e resistência à compressão de 1 a  $2\text{ kg/cm}^3$ , esse produto traz economia no corte, equipamentos e principalmente no tempo de execução. Resultados que se comprovam há anos com seu desempenho e a evolução de países industrializados.

**Figura 17 - Pérola de poliestireno (antes da expansão) e Granulado de EPS (após a expansão)**



Fonte: SIQUEIRA, 2017.

A evolução na indústria da construção civil exige cada dia mais eficiência e conforto em suas obras, e como grande consumidora de matérias-primas, isso se espelha nos requisitos impostos as características dos materiais utilizados. É notável o alto consumo de energia gasto para melhorar o conforto nos lares, principalmente conforto térmico, com isso pode-se comprovar o potencial do poliestireno expandido como material isolante, visando economia de eletricidade (TESSARI, 2006).

Essa espuma rígida ganhou notoriedade na construção de edifícios e residências, isso em virtude de características isolantes, sua leveza, baixo custo e boa trabalhabilidade. É apontado como um dos melhores materiais para preenchimento de rebaxos ou vazios em vários

procedimentos construtivos, essencialmente em lajes e painéis pré-moldados, também pode ser a solução para aterros estáveis em solos frágeis (ABRAPEX, 2000).

Para a geração de resíduos, buscam-se possíveis aplicações para esses detritos em concretos e argamassas, com possibilidade de utilização em concreto para contra piso e blocos de argamassa com ou sem função estrutural (OLIVEIRA, 2013).

Desde a sua criação o EPS tem sido aplicado em diversos setores, como: embalagens industriais, conservação de alimentos, proteção para equipamentos, na indústria automobilística, entre outros. Grote e Silveira (2002), apontam as seguintes aplicações na construção civil:

- a) Formas para concreto;
- b) Isolante térmico de lajes e paredes;
- c) Concreto leve;
- d) Drenagem em muro de arrimo;
- e) Forros isolantes e decorativos.

Segundo as características exigíveis para o EPS – NBR 11752, mencionada por Abrapex (2000), é produzido em duas versões: Classe P (não retardante à chamas) e Classe F (retardante à chamas). Também em três segmentos de massa específica aparente, como demonstrado na Tabela 1.

**Tabela 1 – Características exigíveis para o EPS – NBR 11752**

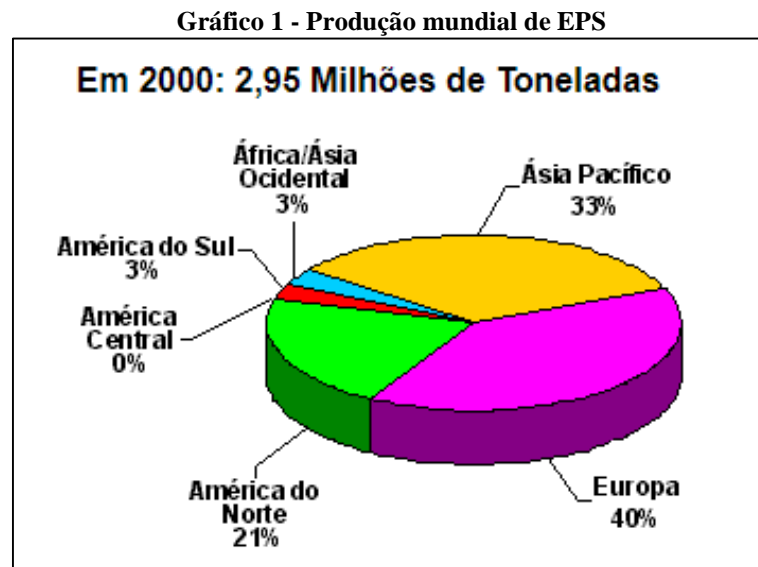
Propriedades	Método de Ensaio	Unidade	Classe P			Classe F		
			I	II	III	I	II	III
Tipo de Material								
Massa específica aparente	NBR 11949	Kgm <sup>3</sup>	13-16	16-20	20-25	13-16	16-20	20-25
Resistência à compressão com 10% de deformação	NBR 8082	Kpa	≥ 60	≥ 70	≥ 100	≥ 60	≥ 70	≥ 100
Resistência à flexão	ASTM C-203	Kpa	≥ 150	≥ 190	≥ 240	≥ 150	≥ 190	≥ 240
Absorção de água Imersão de água	NBR 973	g/cm <sup>2</sup> x100	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Permeabilidade ao vapor d'água	NBR 8081	ng/Pa.s.m	≤ 7	≤ 5	≤ 5	≤ 7	≤ 5	≤ 5
Coefficiente de condutividade térmica a 23°C	NBR 12904	X/(m.k)	0,042	0,039	0,037	0,042	0,039	0,037
Flamabilidade	NBR 1948		Material não retardante à chama			Material retardante à chama		

Fonte: ABRAPEX, 2000 (Modificado).

#### 4.1 MERCADO MUNDIAL

Em relação ao produto final PS, a divisão mundial de oferta e demanda encontra-se em desequilíbrio, registrando em 2001, uma capacidade de produção de 12,2 milhões de toneladas, enquanto sua procura era de 10, 5 milhões de toneladas. Dispondo de um consumo que atingiu cerca de 86% da capacidade produzida (MONTENEGRO; SERFATY, 2002).

No ano 2000, foram produzidos 2,95 milhões de toneladas de EPS, onde conforme dito por Abrapex (2000), a Europa foi responsável pela maior parte como apresentado no Gráfico 1.

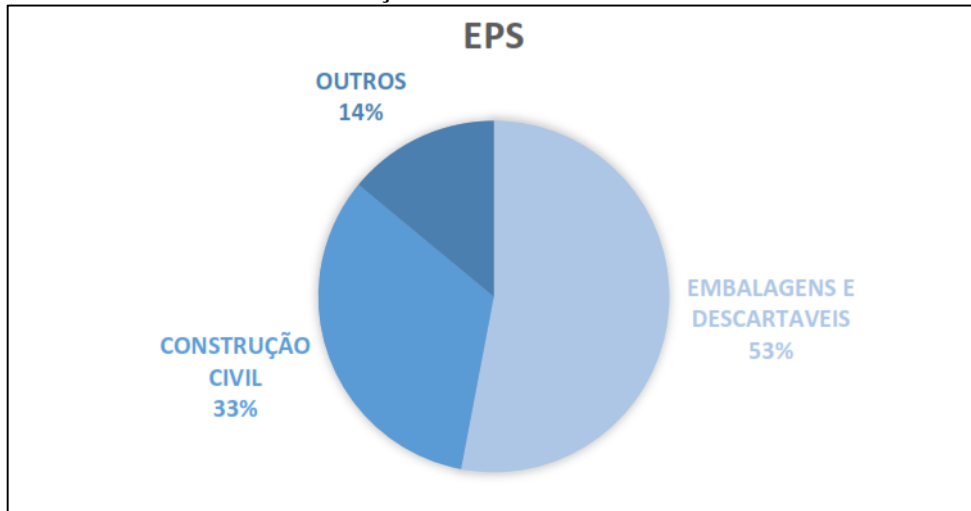


Fonte: ABRAPEX, 2000.

Segundo dados apontados por BNDES (1997), o poliestireno expandido ocupa cerca de 18% do consumo mundial de PS, enquanto os 82% restantes são representados pelo poliestireno cristal e o HIPS. O Gráfico 2 ilustra a segmentação do consumo de EPS no mercado americano, que foi o maior consumidor em 1996.



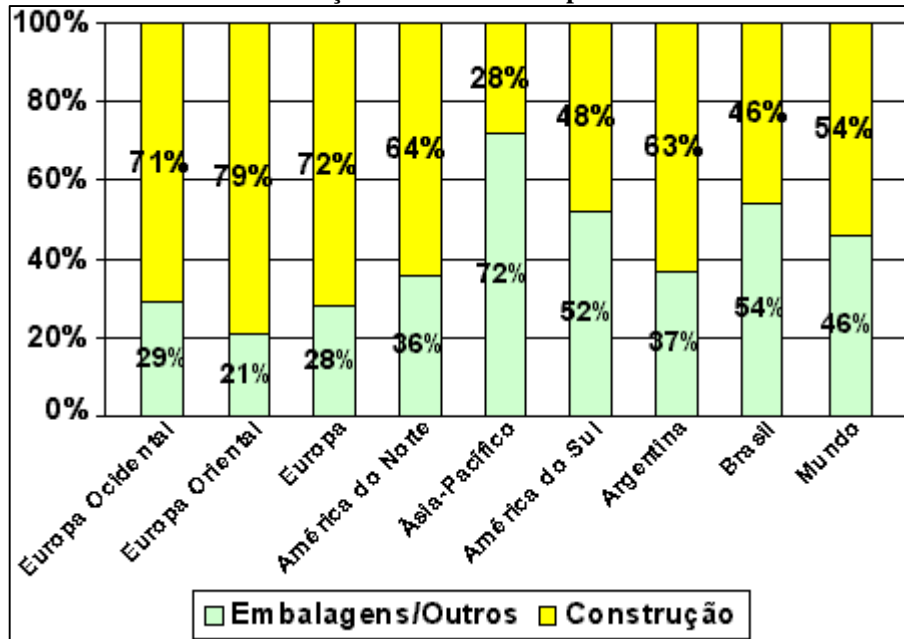
**Gráfico 2 - Distribuição do consumo de EPS nos EUA – 1996**



Fonte: BNDES, 1997.

Foi elaborado também um levantamento da distribuição por segmento de poliestireno expandido no mundo, mostrando qual área de maior consumo em 2000, conforme evidenciado no próximo gráfico.

**Gráfico 3 - Distribuição mundial de EPS por variedade em 2000**

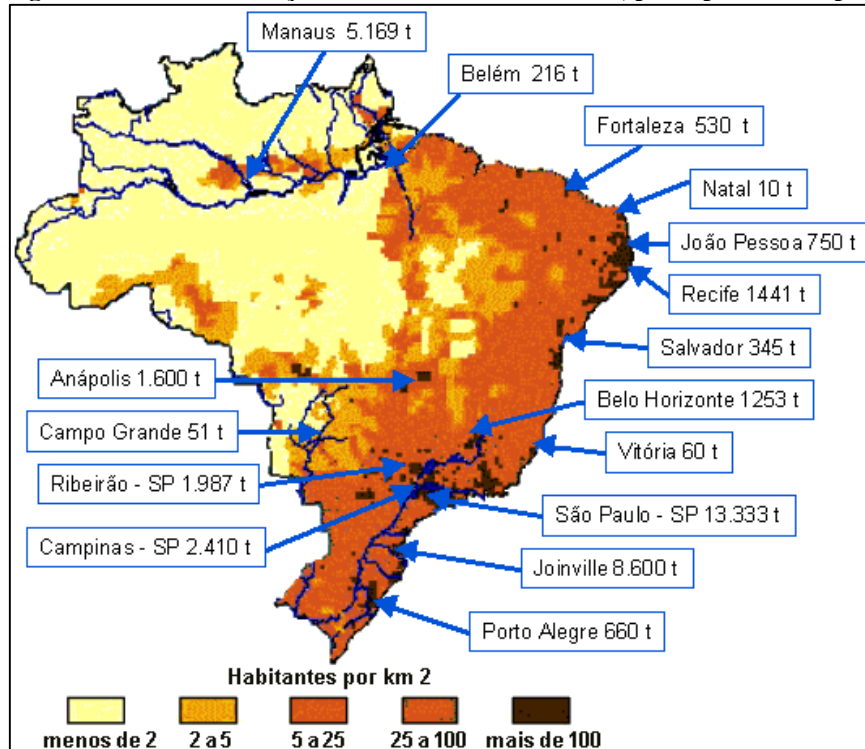


Fonte: ABRAPEX, 2000.

## 4.2 MERCADO NACIONAL

No ano de 2000, o mercado nacional foi responsável pela produção de 40 mil toneladas aproximadamente, partilhado em diversos municípios, com os principais sendo apresentados na Figura 17.

**Figura 18 - Industrialização de EPS no Brasil em 2000, principais municípios**

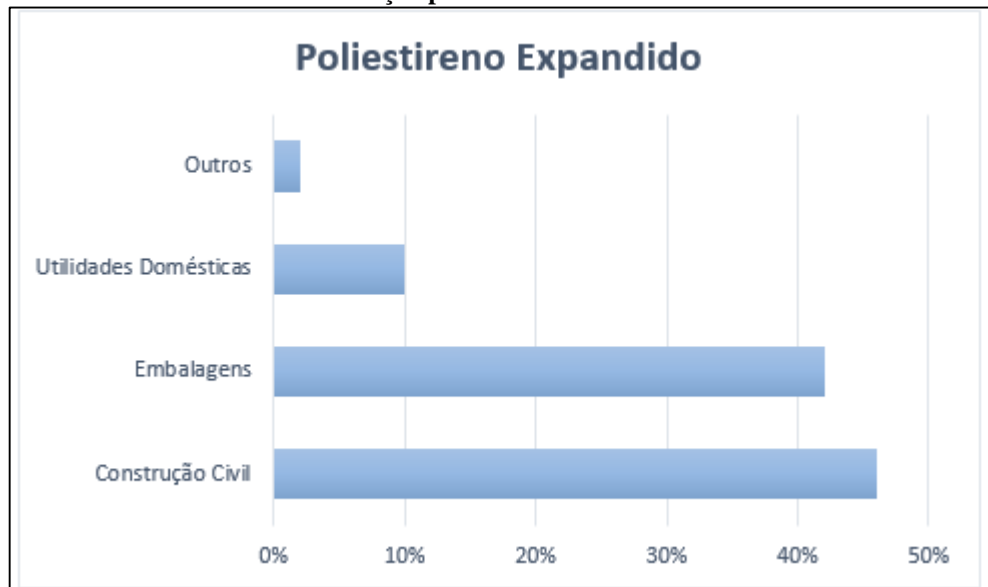


Fonte: ABRAPEX, 2000.

É notável o aumento de consumo do EPS no setor da construção civil, pois de acordo com BNDES (1997), o consumo na Argentina, Chile e Brasil em 1995, era dividido entre 33% para embalagens e descartáveis, 31% na construção e 36% em outros setores.

Desde 1995, esse aumento significativo do consumo de EPS, principalmente na construção civil e nas indústrias de embalagens é consequência do desenvolvimento na construção junto com o crescimento populacional no escoar dos anos, que demanda soluções alternativas no conforto e maior padrão de aproveitamento de produtos, de acordo com Tessari (2006), isso contribuiu com a elevação do consumo nesses últimos anos. O Gráfico 4 representa como foi a divisão setorial do EPS no ano de 2001.

Gráfico 4 - Distribuição por setores do EPS no Brasil em 2001



Fonte: MONTENEGRO & SERFATY, 2002 (Modificado).

### 4.3 IMPACTOS AMBIENTAIS

É um material não tóxico e não nocivo. Avesani Neto (2008), menciona que os gases utilizados no seu processo de fabricação não são prejudiciais a natureza ou a camada de ozônio. A fonte de energia utilizada no seu processo de fabricação é o vapor de água, que classifica como tecnologia limpa. Além do consumo de água em sua fabricação ser mínimo, o fato de ser um produto limpo possibilita que essa água possa ser reutilizada.

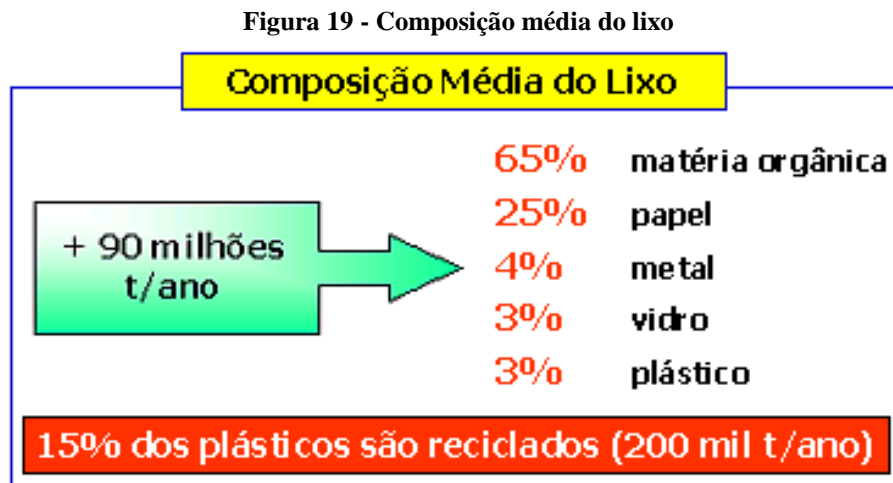
O EPS não destrói a camada de ozônio, pois não utiliza CFC's e HCFC's. Não polui o solo, ar ou água. Atende a todas legislações internacionais de saúde, pois não contamina alimentos. E seu uso como isolante térmico reflete valorosa economia de energia no resfriamento ou aquecimento de ambientes (ABRAPEX, 2000).

Durante o processo de manufatura, não são produzidos resíduos sólidos. Por ser totalmente reciclável e podendo ser inteiramente reutilizado, os desperdícios gerados são reintroduzidos no processo (AVESANI NETO, 2008).

#### 4.3.1 Reciclagem

Segundo dados apresentados pela Abrapex (2000), o Brasil perde em torno de 40 bilhões de dólares anuais em desperdícios, os quais são, 35% da produção de hortifrutigranjeiros, 33% de material na construção civil, 20% por armazenamento inadequado da produção de grãos e 6,6% da produção de leite. Por não aproveitar das possibilidades de

reciclagem de seu lixo, o país perde em torno de US\$ 3 bilhões por ano. Cerca de 35% do lixo despejado em aterros é composto por materiais que poderiam ser reciclados ou reutilizados conforme mostrado na Figura 18.



Fonte: ABRAPEX, 2000.

Os descartes de isopor advêm das sobras de embalagens, máquinas e construções. Além de causar poluição visual, quando jogado em locais inadequados, possui impacto negativo ao meio ambiente referente ao período de tempo para sua degradação, que leva em torno de 50 anos para se concretizar (TESSARI, 2006).

Outro motivo que o faz a falta de reciclagem desse material representar um problema ambiental é a decorrência da falta de coleta seletiva do lixo por não ser considerada viável economicamente. Com isso Oliveira (2013) relata que o destino do EPS se torna o aterro sanitário, onde ocupa muito espaço por um longo período de tempo até sua decomposição, enquanto poderia ser utilizado como matéria prima para fabricação de diversos produtos.

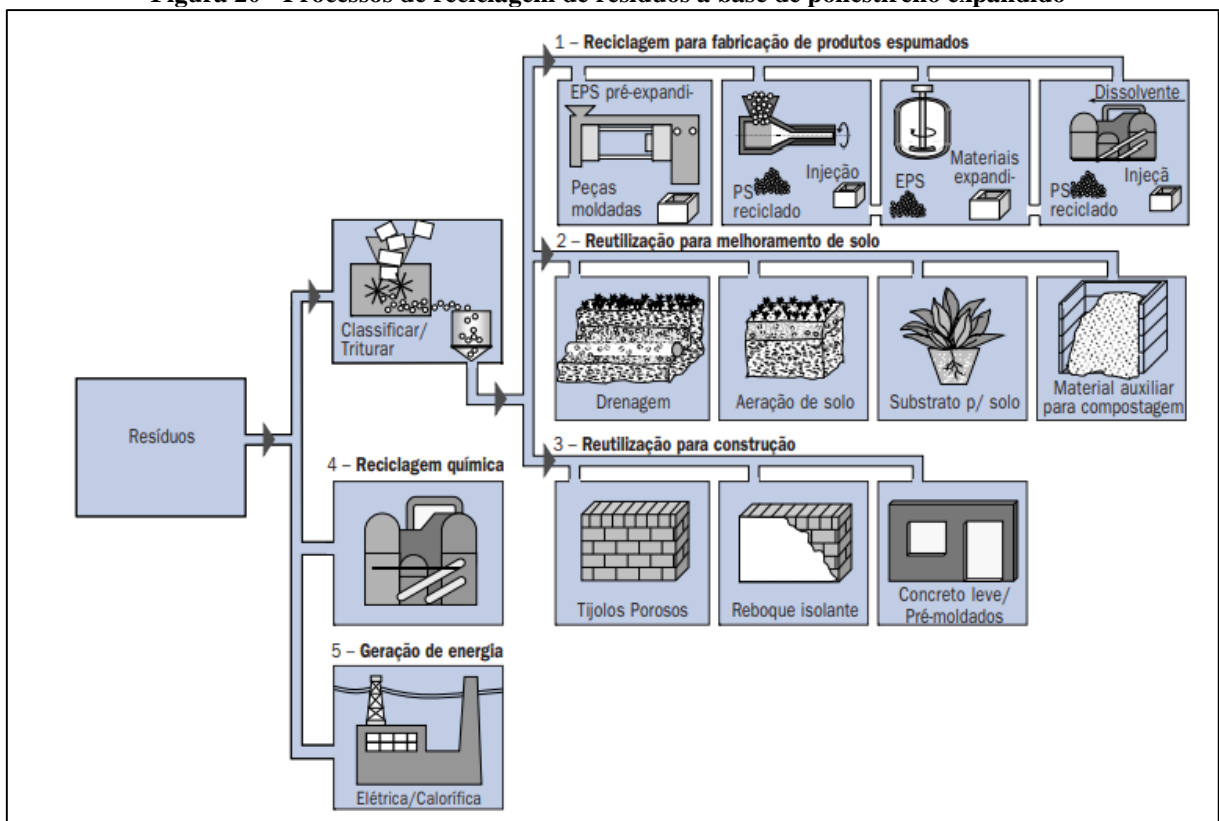
Como dito por Tessari (2006), esses resíduos que tem como destino final os aterros, dificultam na compactação do lixo e prejudicam na decomposição da matéria orgânica e materiais biologicamente degradáveis presente nos lixões. O poliestireno expandido cria camadas impermeáveis e estas afetam o fluxo de líquidos e a dispersão dos gases gerados no processo de biodegradação da matéria existente no aterro.

Outra consequência negativa da não reciclagem do termoplástico em questão é a energia gasta no processo de fabricação do isopor. Quando ocorre a reciclagem é possível reduzir eletricidade e combustível, já que ela permite pular várias etapas iniciais da fabricação da matéria prima-virgem (GROTE; SILVEIRA, 2002).

O EPS não é biodegradável, ou seja, o tempo necessário para ser decomposto por agentes orgânicos é elevado, então ele pode passar anos na natureza. Por outro lado, o poliestireno expandido pode ser inteiramente reciclado e se converter em outros produtos (ABRAPEX, 2000).

Existem alguns processos utilizados na reciclagem dos materiais a base de EPS, o meio empregado é definido conforme a utilidade final do produto. Podem ser processados e moldados em blocos novamente, injetados para se tornarem peças de embalagens, utilizados como substratos para melhoramento do solo na aeração ou drenagens, reutilizados na construção civil ou serem empregados na geração de energia elétrica ou calorífica. A Figura 19 ilustra os processos de reciclagem dos resíduos de acordo com sua utilização final (GROTE; SILVEIRA, 2002).

**Figura 20 - Processos de reciclagem de resíduos à base de poliestireno expandido**



Fonte: GROTE & SILVEIRA, 2002.

Em concordância com Grote e Silveira (2002), é evidente a vantagem da reutilização dos resíduos de EPS pelo aspecto energético. Reduz indiretamente os impactos ambientais, em termos de emissões de poluentes devido à queima de combustível para a produção de vapor, assim como na redução do uso de elementos energéticos como petróleo e eletricidade.

Diferentes pontos estão associados como vantagem sobre a transformação do poliestireno expandido.

#### 4.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS

Algumas aplicações do poliestireno expandido não são muito utilizadas e, em consequência disso, não muito conhecidas no país. Apesar disso, esse material vem ganhando notoriedade na área de construção, como já possuía em suas distintas aplicações. Isso se deve às suas numerosas qualidades que atingem pontos diferentes como trabalhabilidade e sua relação peso/resistência. A seguir foram pontuadas algumas das vantagens e desvantagens sobre o uso do EPS.

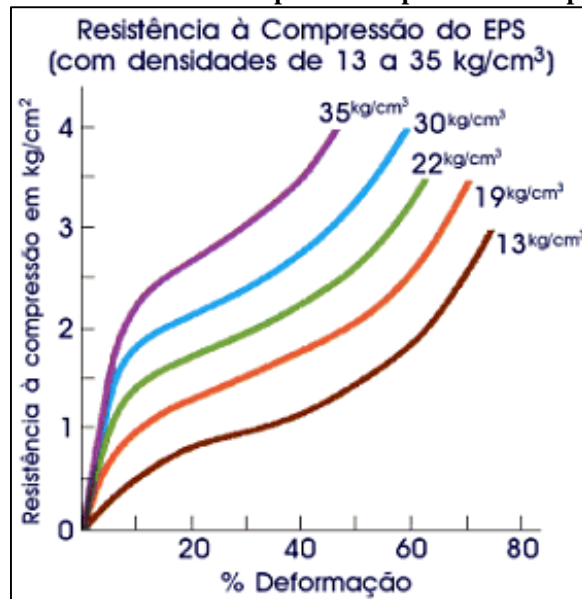
##### 4.4.1 Vantagens

Oliveira (2013), aponta as seguintes vantagens sobre o uso do EPS:

- a) Baixa condutividade térmica: Por suas células serem compostas por 98% de ar, isso dificulta a passagem do calor e isso torna o isopor um excelente isolante térmico.
- b) Baixo peso: As densidades do isopor variam entre os 10-30 kg/m<sup>3</sup>, o que diminui consideravelmente o peso próprio imposto sobre as estruturas das construções. Essa característica facilita seu manuseio em obras, encurtando o tempo de movimentação e colocação de material.
- c) Baixa absorção de água: Esse componente não é higroscópico. Mesmo quando imerso em água o EPS absorve pouca umidade. Essa propriedade garante que o mesmo mantenha suas características térmicas e mecânicas mesmo em locais com alto grau de umidade.
- d) Facilidade de manuseio: Esse material pode ser trabalhado com as ferramentas habitualmente disponíveis, não sendo estritamente necessário o uso de ferramentas não comumente utilizadas no canteiro de obras.
- e) Resistência ao envelhecimento: Todas as propriedades do EPS continuam inalteradas ao longo da sua vida útil.
- f) Versatilidade: Pode ser comercializado de diversos tamanhos e formas, se ajustando às necessidades específicas de quem o adquire.

- g) Resistência química: O isopor é compatível com a maioria dos materiais correntemente usados na construção civil, tais como cimento, gesso, cal, água, entre outros.
- h) Resistência mecânica e à compressão: Apesar de muito leve, o isopor tem resistência elevada e consegue absorver impactos, o que permite ser utilizado quando essas características são requisitadas. Sua resistência à compressão pode atingir 2 kg/cm<sup>2</sup> (Gráfico 5).

**Gráfico 5 - Resistência a compressão do poliestireno expandido**



Fonte: ABRAPEX, 2000.

#### 4.4.2 Desvantagens

- a) Baixa aderência: apesar do material apresentar baixa aderência entre ele e o reboco, blocos especiais de EPS para enchimento de lajes foram industrializados com a intenção de minimizar essa baixa aderência. Esses blocos possuem certa rugosidade em sua superfície inferior que são capazes de proporcionar maior aderência entre o EPS e o revestimento (TESSARI, 2006).
- b) Despejo em aterro sanitário: Representa uma dificuldade nos aterros sanitários, onde ocupa um volume muito grande e interfere na degradação de outras matérias presentes. Mesmo que seja totalmente reciclável, o ecossistema acaba sendo afetado pela carência da coleta seletiva desse material (OLIVEIRA, 2013).

#### 4.5 DURABILIDADE

Um critério importante na escolha dos materiais a serem utilizados na construção civil, apontado por Siqueira (2017), é a durabilidade do mesmo. Eles são sujeitos a diversas circunstâncias de uso e estão expostos a contato com outros materiais e à intempéries. Essas eventualidades podem danificar e comprometer o material utilizado, por isso a relevância de conhecer seu comportamento.

Por ser um polímero, não se conhece exatamente seu tempo de vida útil. No entanto, de acordo com Avesani Neto (2008), suas propriedades quando empregados corretamente são muito satisfatórias, apresentando bom comportamento ao longo de sua utilização.

Outro motivo pelo EPS ser favorável na construção é pelo fato de não servir como alimento para alguns seres vivos, como a madeira é devorada pelo cupim (SANTOS *et al.*, 2013). Não serve como nutriente para alimentar micro-organismos, não é atacada por fungos e bactérias, portanto, não apodrece (ABRAPEX, 2000).

Há relativamente poucas condições desfavoráveis ao poliestireno expandido. Uma dessas condições é a exposição a raios ultravioleta. Deve-se evitar sua exposição a radiação solar direta, como também de outros tipos de radiações ricas em energia que possam deteriorar o EPS. O processo de deterioração pode ser lento, pois depende da intensidade da radiação e o tempo de exposição. Quando combinada a outras intempéries esse processo pode ser acelerado e o EPS sofre um amarelamento (AVESANI NETO, 2008).

Como falado por Avesani Neto (2008), o EPS derreterá quando exposto à temperatura elevada, com valores de aproximadamente 150° C. Porém, como sua característica por ser auto extingüível, ao retirar a fonte de calor a chama se apaga.

Existem poucos líquidos capazes de dissolver o poliestireno expandido. Os solventes encontrados nas aplicações mais correntes do plástico são os solventes orgânicos, referindo-se, aos derivados petrolíferos, como óleos, gasolina e diesel (AVESANI NETO, 2008).

O Quadro 1 mostra a compatibilidade do EPS com alguns materiais utilizados na construção civil. Materiais com a indicação “+” são os quais o EPS possui alta resistência. Para os que o poliestireno expandido possui baixa resistência, são indicados com “-”, e os materiais que ocasionam média resistência, são assinalados como “+/-”.



**Quadro 1 - Compatibilidade do EPS com diferentes materiais**

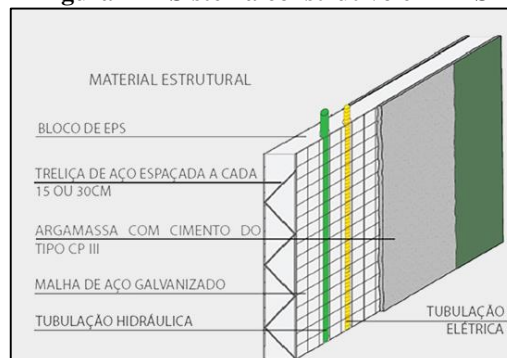
Material	Compatibilidade
Água, água do mar, solução de sais	+
Materiais de construção correntes (cal, cimento, gesso)	+
soluções alcalinas	+
Ácido clorídrico 35%	+
Ácido nítrico 50%	+
Ácido sulfúrico 95%	-
Sais, adubos	+
Betumes, produtos betuminosos diluídos com água	+
Produtos betuminosos com solventes	-
Produtos asfálticos	-
Gasolina	-
Álcool	+/-
Solventes orgânicos	-
Hidratos de carbono alifáticos	-

Fonte: AVESANI NETO, 2008

#### 4.6 POLIESTIRENO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O sistema de construção em EPS é constituído por um sistema integrado de painéis que possuem finalidade estrutural e de fechamento (Figura 20). Os projetos desse sistema permitem a construção de mais de um pavimento sem a necessidade de elementos estruturais como pilares e vigas. Sua composição é bastante leve, pesando aproximadamente 2,5 kg/m<sup>2</sup> a 4 kg/m<sup>2</sup>, enquanto as paredes de alvenaria convencional pesam 120 kg/m<sup>2</sup>. (ALVES, 2015b).

**Figura 21 - Sistema construtivo em EPS**



Fonte: LCP ENGENHARIA, 2015.

No Brasil, as principais normas que regulamentam o uso desse material na construção civil são:

- a) NBR 11752:2016 – Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e câmaras frigoríficas;
- b) NBR 8081 – Permeabilidade ao vapor d'água – Método de ensaio;
- c) NBR 10411 – Inspeção e amostragem de isolantes térmicos – Procedimento;
- d) NBR 11948 – Ensaio de flamabilidade – Método de ensaio;
- e) NBR 8082 – Resistência à compressão – Método de ensaio;
- f) NBR 11949 – Determinação de massa específica aparente – Método de ensaio;
- g) NBR 12094 – Determinação da condutividade térmica – Método de ensaio;
- h) NBR 7973 – Determinação de absorção d'água – Método de ensaio.

#### 4.6.1 Painéis

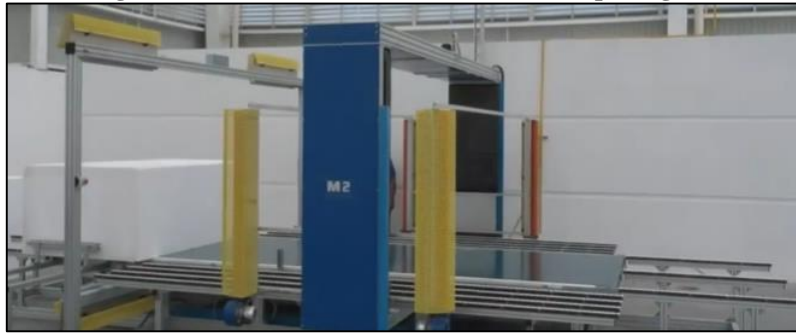
O processo de produção dos painéis inicia-se com a fabricação de seus elementos como o núcleo e as telas. O núcleo é produzido a partir das pérolas de EPS que são moldadas em blocos de poliestireno expandido que posteriormente são recortados de acordo com as especificações de cada projeto conforme mostrado nas Figuras 21 e 22. Os blocos devem possuir a densidade necessária e serem da Classe F que é o tipo de EPS que define que o material é retardante às chamas (NETO, 2008).

**Figura 22 - Processo de fabricação do bloco de EPS**



Fonte: M2 EMMEDUE, 2017.

**Figura 23 - Processo de recorte dos blocos no pantógrafo**



Fonte: M2 EMMEDUE, 2017.

As telas são eletrosoldadas, feitas de aço horizontais e verticais, podendo ser adotado diâmetros diferentes ou iguais. Tanto o espaçamento quanto à espessura varia de acordo com o padrão adotado por cada empresa. No processo de montagem, as telas revestem as placas de EPS formando um sanduíche da peça (Figura 23). Sua união às placas de EPS se dá através de conectores que além de proporcionar rigidez promove a união entre as telas através de solda (ALVES, 2015b).

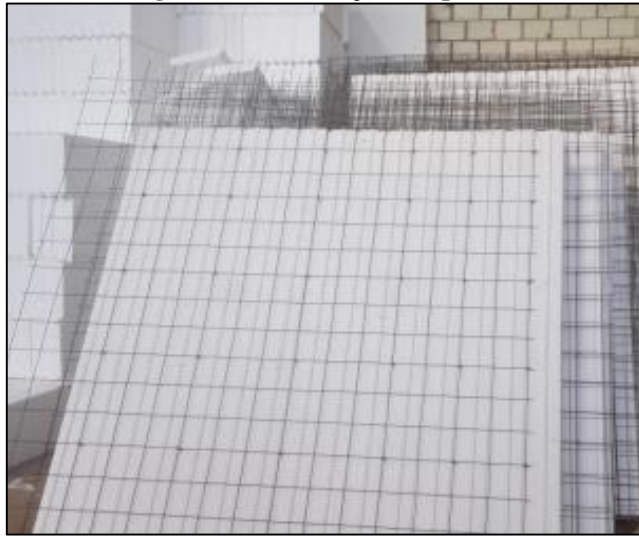
**Figura 24 - Processo de soldagem entre as telas**



Fonte: M2 EMMEDUE, 2017.

A superfície dos painéis pode ser lisa ou com baixo relevo. Suas dimensões são geralmente de 120 mm de largura com espessuras que variam de 50 mm à 120 mm e sua altura pode ser alterada de acordo com cada projeto (Figura 24). Após a sua fabricação os painéis são codificados conforme a planta de montagem da edificação, otimizando os trabalhos na obra (BERTOLDI, 2007).

**Figura 25 - Fabricação dos painéis**



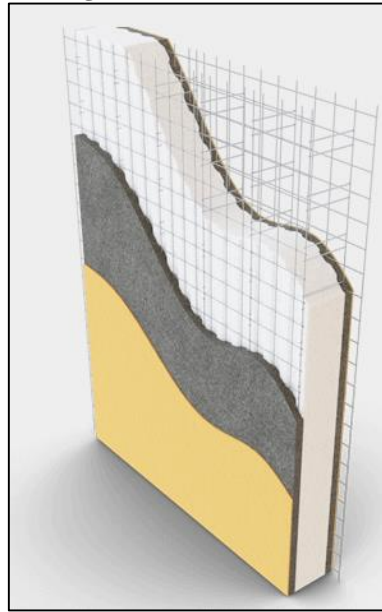
Fonte: PAREDES BETEL, 2015.

#### 4.6.1.1 Tipos de painéis

Os painéis de EPS possibilitam sua aplicação em formas variadas, pois além do modelo básico e plano existem também modelos curvos, duplos, em formato de lajes, pisos e escadas e o emprego de cada um se dará a partir da necessidade de se preencher as cavidades com argamassa a fim de se obter micro colunas que resistam aos esforços aplicados na peça.

##### 4.6.1.1.1 *Painéis simples*

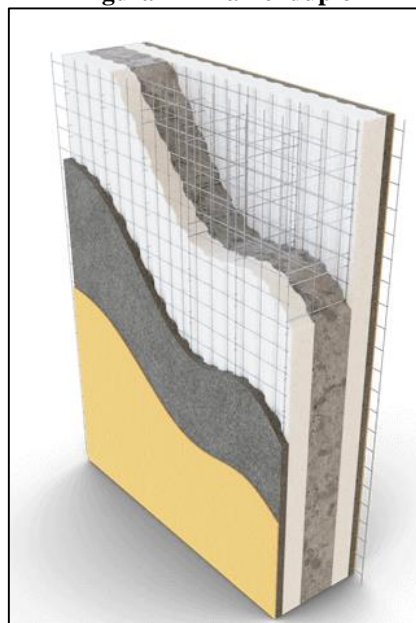
De acordo com Bertoldi (2007), esses painéis podem ser utilizados como vedações, divisórias, coberturas e com função estrutural em edificações de até quatro pavimentos (Figura 25).

**Figura 26 - Painel básico**

Fonte: M2 EMMEDUE, 2017.

#### 4.6.1.1.2 Painéis duplos

Os painéis duplos são destinados para obras de grandes alturas e consistem na união de dois painéis básicos unidos entre si por conectores transversais mantendo um espaço entre eles, conforme pode ser observado na Figura 26. Essa cavidade interna é destinada para colocação de armaduras estruturais que posteriormente será preenchida com concreto (BARRETO, 2017).

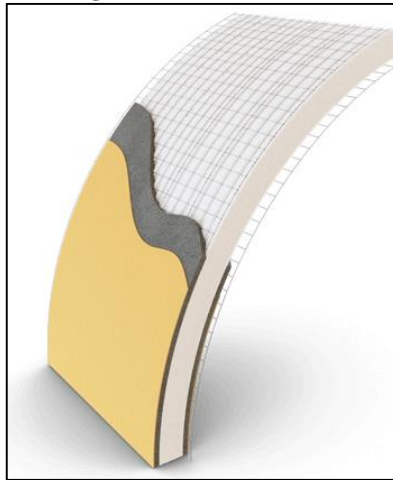
**Figura 27 - Painel duplo**

Fonte: M2 EMMEDUE, 2017.

#### 4.6.1.1.3 Painéis curvos

Os painéis curvos são fabricados de forma plana com cavidades que permitem que o painel seja maleável e possa ser facilmente transportado e dobrado no canteiro de obras (Figura 27). Esses painéis possuem grandes dimensões e espessuras e sua principal vantagem é a capacidade de cobrir grandes superfícies de forma rápida e eficiente.

**Figura 28 - Painel curvo**



Fonte: M2 EMMEDUE, 2017.

#### 4.6.1.1.4 Escadas

O painel de escada é composto por um bloco de EPS monolítico com cavidades internas destinadas para a passagem de treliças e concreto. Esse painel trata-se de um elemento leve, com resistência estrutural e instalação fácil e rápida (Figura 28).

**Figura 29 - Painel de escada**

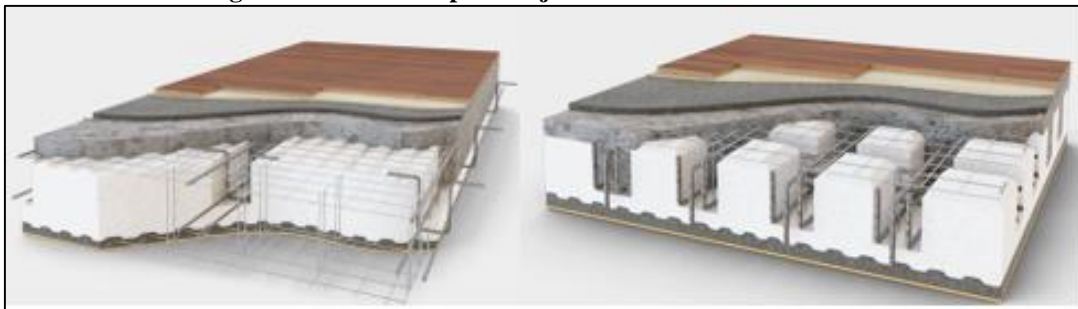


Fonte: M2 EMMEDUE, 2017.

#### 4.6.1.1.5 Painéis de piso e laje

Esses painéis são destinados para construção de pisos e lajes com a utilização de vigas de concreto armado conforme mostrado na Figura 29. As armaduras podem ser unidirecionais ou bidirecionais. Além da velocidade de montagem esses painéis também garantem leveza e maior isolamento.

**Figura 30 - Pannel de piso e laje unidirecional e bidirecional**



Fonte: M2 EMMEDUE, 2017.

#### 4.6.1.2 Transporte e armazenamento

O processo de transporte e armazenagem dos painéis de EPS é bem simples e pode ser realizado de forma manual. Os painéis podem ser posicionados em pilhas com até 20 unidades sobrepostas em pallets de armazenamento demonstrado na Figura 30 (SILVA, 2018c).

**Figura 31 - Armazenamento dos painéis**



Fonte: TERMOTÉCNICA, 2014.

#### 4.6.2 Telas soldadas

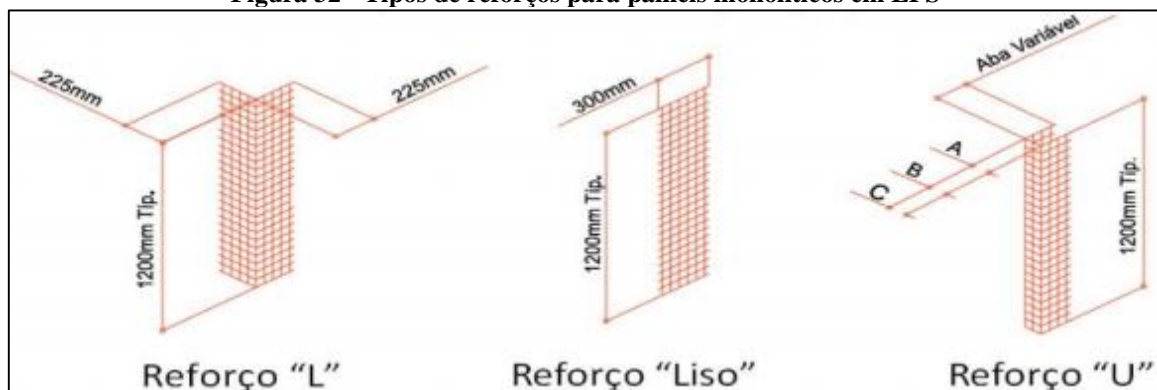
As malhas de aço utilizadas no sistema construtivo de EPS tem como objetivo garantir integridade e estabilidade à obra e são desenvolvidas com material de alta resistência, com a tensão última superando os 600 MPA, limite de escoamento,  $f_{vk} > 600 \text{ N/mm}^2$  e limite de ruptura,  $f_{tk} > 680 \text{ N/mm}^2$ . O material utilizado para a fabricação das malhas pode ser o aço convencional, galvanizado inoxidável, entre outros (SAN'T HELENA, 2009).

#### 4.6.3 Reforços

O sistema construtivo possui três tipos de reforços fabricados com malhas de aço semelhantes as malhas dos painéis: reforço liso, reforço em L e reforço em U, mostrados na Figura 31. O objetivo desses reforços é formar juntamente com o concreto uma estrutura única que interligue a montagem e fortaleça pontos críticos da estrutura.

O reforço em L é colocado em canto de paredes perpendiculares ou paredes em T. O reforço liso é colocado na abertura de portas e janelas devido ao acúmulo de tensões naquele local e o reforço em U possui o formato de vergas e contravergas e é posicionado em todo o perímetro interno das aberturas na edificação (TECHNE, 2012).

Figura 32 - Tipos de reforços para painéis monolíticos em EPS



Fonte: TERMOTÉCNICA, 2014.

#### 4.6.4 Processo construtivo

Para efetuar a montagem das paredes inicialmente realiza-se a locação da edificação que é feita de acordo com cada projeto, utilizando gabaritos posicionados a 50 cm do solo do terreno e a uma distância de 100 cm do início das paredes.



#### 4.6.4.1 Fundações

As fundações diretas, como as sapatas corridas são as mais indicadas para esse sistema construtivo (Figura 32) devido ao pequeno peso transmitido pelas paredes e por se tratar de uma fundação que distribui toda a carga da edificação de maneira uniforme com processo de execução rápido não necessitando de grande mão de obra.

Nesse sistema, após o término das instalações hidrossanitárias, de segurança e elétricas inicia-se o processo de fixação dos arranques de aço onde serão fixado os painéis de EPS (Figura 33). Esses arranques variam de 3,4 mm a 5 mm com 50 cm de comprimento, destes 30 cm devem estar acima do piso e dispostos a 20 cm de distancia entre si (LUEBLE, 2004).

**Figura 33 - Fundação**



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017.

**Figura 34 - Arranques de aço para fixação das paredes**



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

Em obras térreas é importante que antes da fixação dos painéis seja realizado o piso do pavimento tornando assim as próximas etapas da construção mais limpas e eficientes.

#### 4.6.4.2 Montagem dos painéis

O processo de montagem dos painéis é bem simples pois a introdução dos painéis sobre os arranques é realizado de forma manual e juntamente com um grampeador são fixados com grampos de aço CA-60. Nas aberturas de portas e janelas e também no encontro de paredes são colocados reforços estruturais que visam absorver as tensões e evitar trincas e para garantir o prumo e alinhamento dos painéis são utilizadas réguas e escoras de alumínio ou madeira, conforme mostrado na Figura 34.

**Figura 35 - Escoras utilizadas para montagem dos painéis**



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

#### 4.6.4.3 Instalações hidráulicas e elétricas

Para a aplicação dos sistemas hidráulicos e elétricos primeiro deve-se fazer marcações nos painéis como forma de prever onde será feita a colocação dos tubos. Para essa etapa utiliza-se pistolas de ar quente que derretem facilmente a espuma e abrem sulcos onde serão passadas as tubulações por trás das telas. Segundo Bertoldi (2007), essa etapa pode ser realizada de forma com que não sejam produzidos entulhos e não haja de necessidade de retrabalhos. Esse processo pode ser visualizado nas Figuras 35 a 37.

**Figura 36 - Processo de abertura para passagem de tubulações**



Fonte: PAREDES BETEL, 2018.

**Figura 37 - Instalação elétrica**



Fonte: PAREDES BETEL, 2018.

**Figura 38 - Instalação hidráulica**



Fonte: PAREDES BETEL, 2018.

#### 4.6.4.4 Revestimento

O revestimento com argamassa é feito com duas camadas e pode ser feito manualmente ou com utilização de um equipamento pneumático (Figura 38). A primeira camada tem a finalidade de preencher a superfície do EPS até facear com a tela de aço e é feita nas duas faces do painel. Após a cura da primeira camada é realizado a aplicação da segunda camada até que se atinga o cobrimento estabelecido em projeto. É nessa camada que serão realizados os procedimentos de acabamento da obra como gesso, massa corrida, azulejo, entre outros (MACHADO; PINTO, 2001).

**Figura 39 - Processo de revestimento com argamassa**



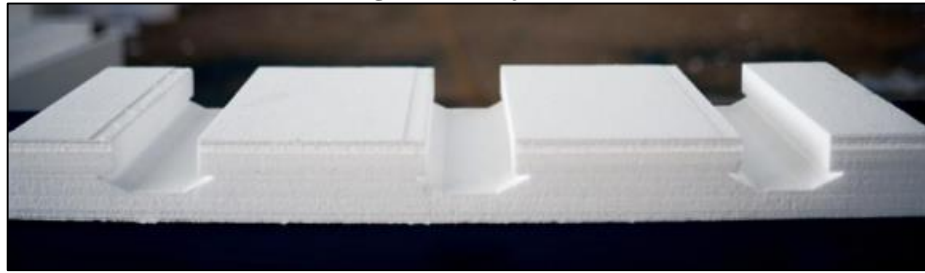
Fonte: ISOMAF, 2019.

#### 4.6.4.5 Laje

As lajes pré-fabricadas de EPS possuem um peso bem mais baixo do que as de alvenaria convencional, sendo um valor aproximado de 10 a 25 kg/m<sup>3</sup>. Por se tratar de um elemento leve, as lajes não geram tantas reações nos apoios horizontais e verticais da estrutura o que acarreta economia em aço e fôrmas para a estrutura, que reduz o risco de perdas e tempo de montagem nas obras (ALVES, 2015b).

Um exemplo é a laje fácil fabricada pela empresa Paredes Betel demonstrada na Figura 39.

**Figura 40 - Laje fácil**



Fonte: PAREDES BETEL, 2018.

#### 4.6.4.6 Acabamento

Após todas as etapas estruturais serem executadas inicia-se o processo de acabamento da obra, onde são colocadas as portas e janelas, pintura, piso e outras fases características dessa etapa. O acabamento realizado nas obras em poliestireno expandido não se difere em nada com relação ao da alvenaria convencional (MACHADO; PINTO, 2001).

A Figura 40 demonstra o resultado final do acabamento de uma obra em EPS.

**Figura 41 - Acabamento interno de uma obra em EPS**



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2017

#### 4.6.5 Comportamento ao fogo

O comportamento dos materiais ao fogo é de suma importância, pois é através desse conhecimento que se pode garantir a segurança das estruturas da edificação perante uma situação de incêndio, principalmente se tratando das construções em poliestireno expandido, pois o material perde massa e resistência quando exposto a altas temperaturas.

De acordo com Bertoldi (2007), o EPS não é inflamado por faíscas ou resíduos de brasa, somente em casos onde a chama é aplicada diretamente sobre o material. O autor ainda informa que o oxigênio presente na estrutura do material não é suficiente para dar continuidade a queima e como o EPS é protegido por camadas de argamassa a combustão não será possível pois não haverá ar suficiente.

## 5 LEVANTAMENTO DE CUSTOS E ORÇAMENTO

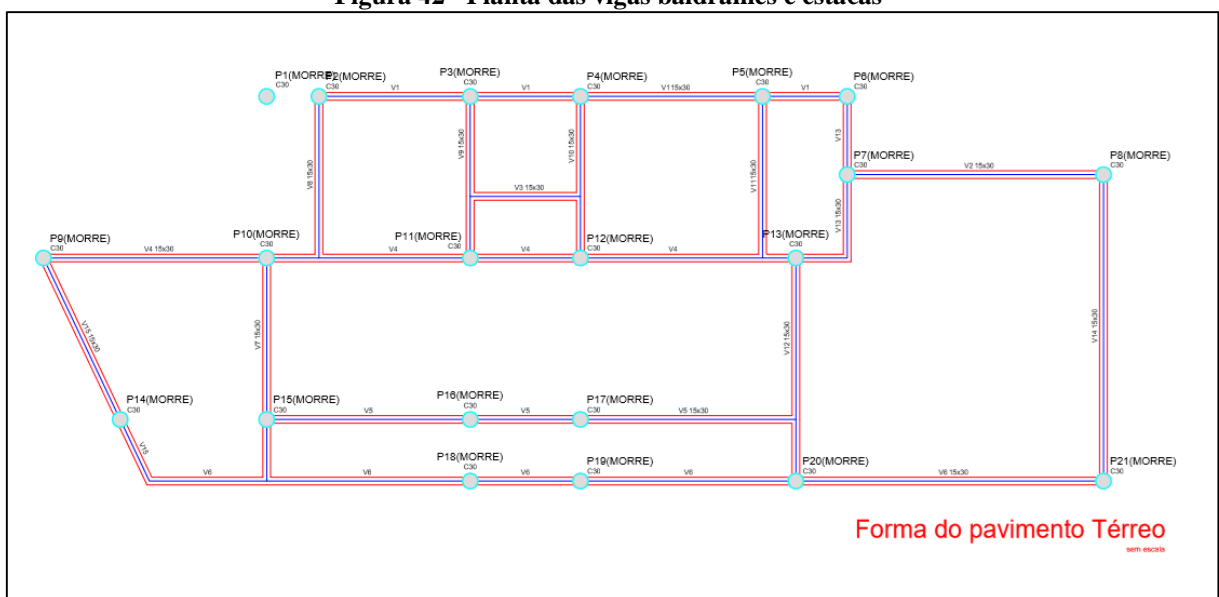
O primeiro passo do estudo, se dá na escolha de uma residência na qual seja possível a adaptação dos projetos para os dois sistemas construtivos estudados: alvenaria convencional e EPS. Para isso, foi definido o projeto arquitetônico de uma residência unifamiliar construída no ano de 2017 pela empresa HN ENGENHARIA, onde as etapas construtivas foram executadas com painéis de poliestireno expandido.

### 5.1 APRESENTAÇÃO DOS PROJETOS

#### 5.1.1 Projeto – Painéis de EPS

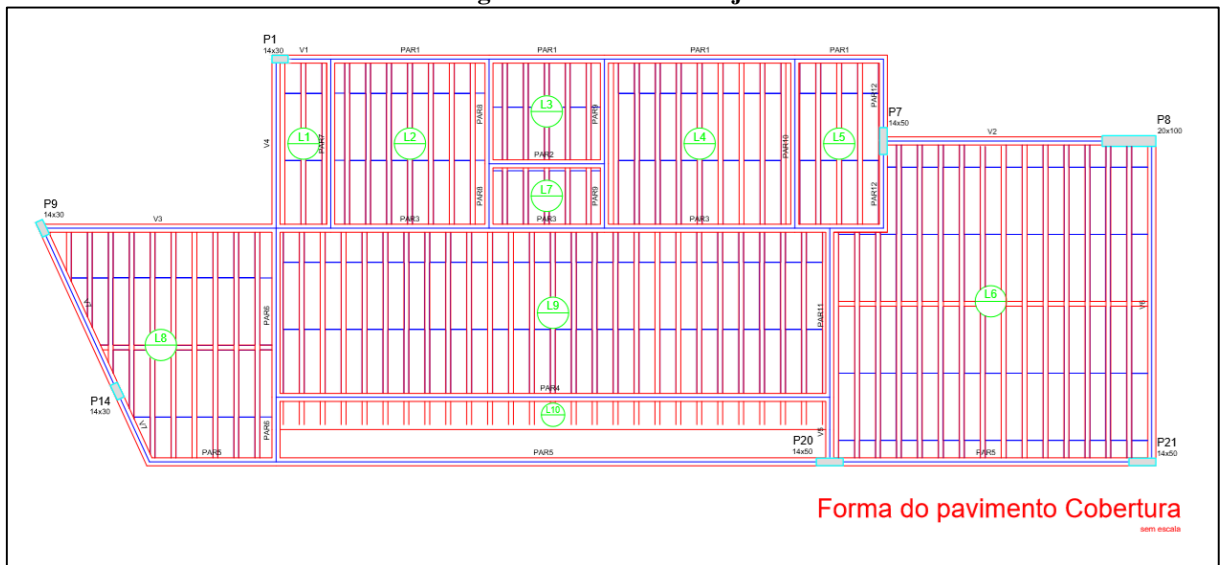
A planta baixa é composta por dois quartos, sendo um deles uma suíte, um banheiro social, cozinha americana conjugada com sala de estar, uma área de lazer, uma lavanderia e garagem para dois carros. São 120,68 m<sup>2</sup> de área construída e 110,74 m<sup>2</sup> de área útil. A planta baixa juntamente com seus detalhes pode ser analisada nos Anexos 2 a 8. Além da planta baixa, o projeto estrutural também é de suma importância, visto que, é na fundação e na superestrutura onde há a maior diferença entre os dois sistemas construtivos analisados. Nas Figuras 41 e 42 pode-se observar os projetos das vigas baldrame e laje.

**Figura 42 - Planta das vigas baldrame e estacas**



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

**Figura 43 - Planta das lajes**



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

Para a construção dessa obra optou-se pela fundação com estacas escavadas a trado. Esse tipo de fundação também foi utilizado para o sistema em alvenaria convencional, não havendo assim diferença entre custo e tempo de execução para a escavação e estacas, exceto para as vigas baldrames onde foram utilizadas formas de madeira serrada em substituição às fôrmas de EPS.

Da mesma forma, utilizou-se os projetos hidráulicos e elétricos do sistema em poliestireno expandido para o sistema em alvenaria convencional. Todos os projetos arquitetônicos da obra podem ser observados nos Anexos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 e 8 desse trabalho.

### 5.1.2 Projeto – Alvenaria convencional

A partir dos projetos da obra em EPS, foi realizado a projeção da colocação dos blocos cerâmicos para a alvenaria convencional. Nesse projeto, os blocos utilizados possuem dimensões de 9x19x19cm, dispensando assim a alteração na espessura das paredes, visto que após o acabamento as paredes terão a espessura de 15 cm assim como as paredes do projeto original.

Os projetos de fundação, instalação hidrossanitária e elétrica são os mesmos da obra em poliestireno expandido.



## 5.2 LEVANTAMENTO DE QUANTITATIVOS

### 5.2.1 Fundação

Para a realização do levantamento de quantitativos necessitou-se da identificação de cada etapa e serviço a ser executado. Primeiramente, definiu-se o método de marcação da obra para o sistema em alvenaria convencional, sendo o mesmo utilizado na obra em EPS que se trata de tábuas corridas com largura de 20 cm com pontaletes espaçados a cada 1,50 metros.

Na etapa da fundação os serviços executados foram: escavação a trado das estacas e escavação manual das valas das vigas baldrame. A residência utilizada para estudo de caso possui 97,46m lineares de viga baldrame e os valores coletados e apresentados aqui serão utilizados para o orçamento a ser apresentado.

Para o sistema em poliestireno expandido foram utilizadas canaletas em EPS em substituição às formas do sistema convencional, que não necessitam de impermeabilização, com as dimensões de 15x30cm e coluna popular com diâmetro de 8mm, as canaletas foram posicionadas e estavam prontas para concretagem em meio dia de serviço, sendo de aproximadamente 5 horas. A ferragem é vendida pela mesma fábrica fornecedora das canaletas e essa coluna também será utilizada para a fundação do sistema convencional pois ambas fundações tem as mesmas dimensões e assim não haverá divergências de preço para um mesmo produto. Para o sistema convencional serão utilizadas fôrmas em madeira serrada 1 utilizadas para substituir as canaletas em EPS do sistema construtivo mencionado anteriormente.

Para os cálculos foi utilizado a tabela SINAPI – Insumos Composições – GO – 08/2019 – Não Desonerado, essa tabela mostra valores para serviços específicos expondo cada custo e levando em consideração a unidade de cada item (comprimento, metro quadrado, hora, Kg e etc) e também fornece o valor de cada item multiplicados por um coeficiente e assim obtemos o valor em reais gasto por metro quadrado, no caso da montagem da forma para viga baldrame apresentada no quadro a seguir. Para os cálculos da montagem da viga baldrame foram utilizados os valores dados pela tabela que podem ser calculados por metro quadrado de viga independente da unidade de cada item. Só foi possível adotar esse método devido à tabela SINAPI ter disponível todos os itens necessários para essa determinada atividade, o que não foi possível para o sistema em EPS, já que não se encontra esta atividade em questão utilizando esse material específico. A área utilizada para obtenção do custo total em m<sup>2</sup> foi dada a partir do produto entre 97,46 metros lineares e 30 centímetros de altura da viga.

O orçamento para a montagem das vigas baldrames está demonstrado no Quadro 2.

**Quadro 2 - Orçamento da montagem das vigas baldrame em alvenaria convencional**  
**MONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO**

DESCRIÇÃO ITEM	UNID.	CUSTO TOTAL POR M2
DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,11
PONTALETE DE MADEIRA NAO APARELHADA *7,5 X 7,5* CM (3 X 3 ")	M	9,08
PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	3,05
SARRAFO DE MADEIRA NAO APARELHADA *2,5 X 7,5* CM (1 X 3 ")	M	3,05
PINUS, MISTA OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	3,05
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA 17 X 24 (2 1/4 X 11)	KG	1,18
TABUA DE MADEIRA NAO APARELHADA *2,5 X 30* CM, CEDRINHO OU EQUIVALENTE DA REGIAO	M	32,46
PREGO DE ACO POLIDO COM CABECA DUPLA 17 X 27 (2 1/2 X 11)	KG	0,51
AJUDANTE DE CARPINTEIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	9,49
CARPINTEIRO DE FORMAS COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	32,13
SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFA PARA DISCO 10" - CHP DIURNO	CHP	1,79
SERRA CIRCULAR DE BANCADA COM MOTOR ELÉTRICO POTÊNCIA DE 5HP, COM COIFA PARA DISCO 10" - CHI DIURNO	CHI	1,38
CUSTO TOTAL POR M2	M2	91,18
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>R\$2.665,92</b>

Fonte: SINAPI, 2019 (Modificado).

Para o cálculo referente a montagem da viga baldrame em EPS foram utilizados dados obtidos no orçamento fornecido pelo engenheiro responsável pela obra estudada devido a indisponibilidade de alguns materiais na tabela SINAPI. Para levantamento de custo da mão de obra, foram utilizados os valores disponíveis na tabela SINAPI multiplicados pela unidade especificada na mesma, não foi possível utilizar o valor total por metro quadrado como no sistema convencional, pois, como já mencionado, não está disponível no orçamento fornecido pelo Sistema Nacional de Índices da Construção Civil custos para esta atividade com estes materiais específicos.

A partir de dados coletados na obra, concluiu-se que foram necessárias 5 horas de mão de obra, referente a meio dia de serviço, para o posicionamento e montagem das canaletas de poliestireno expandido, esse valor foi utilizado para obtenção dos valores finais presentes no Quadro 3.

**Quadro 3 - Orçamento da montagem das vigas baldrame em EPS**

<b>MONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM EPS</b>		
DESCRIÇÃO ITEM	UNID.	CUSTO TOTAL
EPS BASE 15x30	M	18,40
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	20,69
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	14,19
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>R\$1.967,66</b>

Fonte: HN ENGENHARIA, 2017.

Pode-se notar que houve economia na etapa apresentada, os valores serão somados com as etapas subsequentes e será feito um levantamento total envolvendo todas as etapas mencionadas.

Podemos dizer também que houve uma diminuição no tempo de obra já que para montagem das canaletas em EPS foi necessário apenas 5 horas. Não será feito um cronograma para ser comparado, pois como se trata de valores reais (sistema em poliestireno expandido) e valores teóricos (sistema em alvenaria convencional) os resultados estariam propícios a erros.

Para a etapa de concretagem das vigas baldrame, de ambos sistemas, foram utilizados os mesmos dados de custos obtidos na tabela SINAPI já que não há necessidade de material ou serviço especial. A diferença entre ambos está no volume concretado devido a área útil no interior de cada viga. Os cálculos para a área da viga em madeira serrada serão realizados com as medidas apresentadas na sua montagem, sendo de 15x30 cm. Já para a área útil a ser concretada da viga em EPS foi descontado das dimensões da canaleta 3 cm para cada lateral e para o fundo, assim desconsiderando, para o cálculo do volume de concreto, o volume do EPS presente na viga. Seguindo esse passos, chegamos a 4,39m<sup>3</sup> de concreto necessários para a concretagem da viga convencional e 2,37m<sup>3</sup> de concreto necessários para o preenchimento das canaletas de poliestireno expandido. Segue abaixo o Quadro 4 apresentando o orçamento para concretagem de ambas.

**Quadro 4 - Concretagem das vigas baldrame em alvenaria convencional e em EPS**

<b>CONCRETAGEM DE VIGAS BALDRAME EM MADEIRA SERRADA, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO</b>		
DESCRIÇÃO ITEM	UNID.	CUSTO TOTAL POR M3
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	49,36
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	35,59
VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHP DIURNO	CHP	0,49
VIBRADOR DE IMERSÃO, DIÂMETRO DE PONTEIRA 45MM, MOTOR ELÉTRICO TRIFÁSICO POTÊNCIA DE 2 CV - CHI DIURNO	CHI	0,26
CONCRETO FCK = 30MPA, TRAÇO 1:2,1:2,5 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L	M3	370,94
<b>CUSTO TOTAL POR M3</b>	<b>M3</b>	<b>456,64</b>
VIGA BALDRAME EM MADEIRA SERRADA - 4,39 M3		R\$ 2.004,65
VIGA BALDRAME EM EPS - 2,37 M3		R\$ 1.082,24

Fonte: SINAPI, 2019 (Modificado).

As vigas do sistema convencional necessitam de impermeabilização. Como para as vigas em EPS não é necessário este passo, então será apresentado um orçamento de impermeabilização apenas para a viga baldrame referente ao sistema convencional. A área utilizada neste cálculo se dá pela soma das áreas das faces da viga, sendo duas laterais e uma superior, totalizando em 73,10m<sup>2</sup>. Segue abaixo o Quadro 5 contendo os cálculos do orçamento para impermeabilização das vigas.

**Quadro 5 - Orçamento impermeabilização das vigas baldrame em alvenaria convencional**

<b>IMPERMEABILIZAÇÃO DE BALDRAME EM CONTATO COM SOLO - UTILIZ. TINTA BETUMINOSA TIPO NEUTROLIN / 2DEMAOS</b>		
DESCRIÇÃO ITEM	UNID.	CUSTO TOTAL POR M2
TINTA ASFALTICA IMPERMEABILIZANTE DISPERSA EM AGUA, PARA MATERIAIS CIMENTICIOS	L	2,80
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	5,81
<b>CUSTO TOTAL POR M2</b>	<b>M2</b>	<b>8,61</b>
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>R\$ 629,39</b>

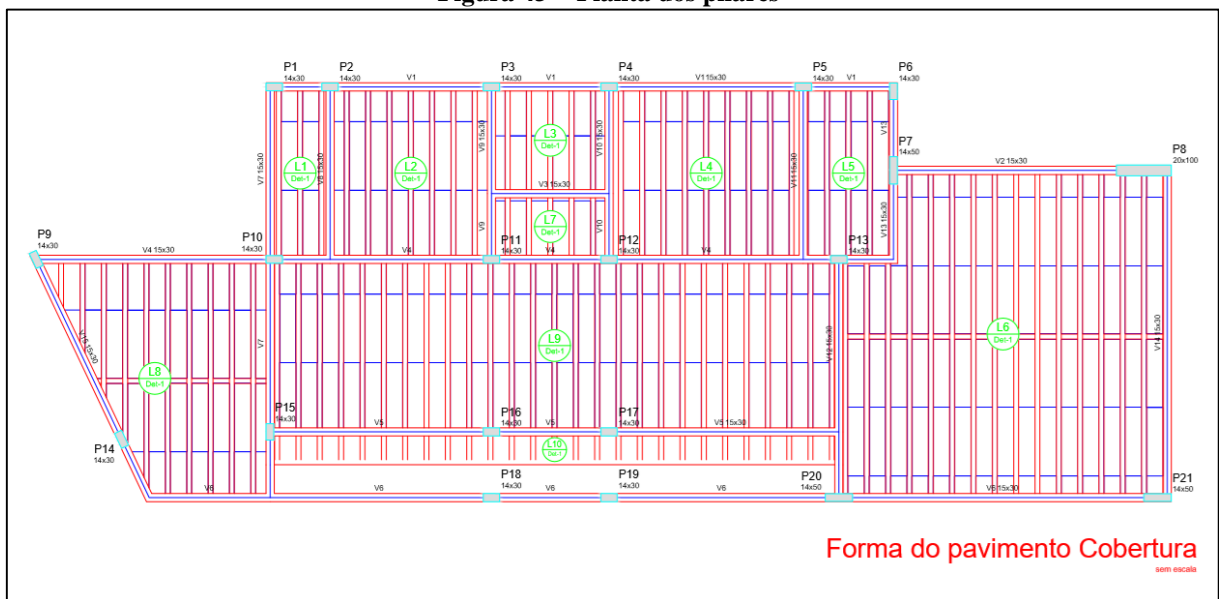
Fonte: SINAPI, 2019 (Modificado).

## 5.2.2 Paredes e platibandas

A próxima etapa se dá pelo levantamento de quantitativo das paredes e o orçamento das mesmas. Essa construção dispõe de 57,85 metros de parede corrida, como os painéis de EPS foram disponibilizadas tendo 2,80 metros de altura será considerada a mesma para as paredes em alvenaria. O sistema em poliestireno expandido só utilizou pilares em concreto armado nos locais onde não haviam paredes para apoio das lajes, é possível visualizar esses pilares na planta de lajes mostrada anteriormente. Apenas um pilar de dimensões 14x50 cm está entre as paredes, então descontando a medida do pilar temos 50,35 m de parede corrida em EPS, totalizando em 140,98 m<sup>2</sup> de paredes em EPS

Já para o sistema em alvenaria convencional foram considerados pilares nos pontos onde foram escavadas as estacas. Os pilares possuem medidas padronizadas de 14x30 centímetros, executados onde já existem pilares de dimensões definidas. Para o cálculo da área será utilizado a metragem de parede corrida, descontando as dimensões dos pilares mostrados na Figura 43.

**Figura 43 - Planta dos pilares**



Fonte: AUTORIA PRÓPRIA, 2019.

O número total de pilares presentes no decorrer do encaminhamento da parede são 14, sendo:

- 13 pilares de 14x30 cm;
- 1 pilar de 14x50 cm.

Descontando essas dimensões dos 57,85 metros lineares de parede, ficamos com 53,45 metros corridos a serem utilizados para área total de parede em alvenaria convencional.

Quando se utiliza os painéis monolíticos não excluimos a área de portas e janelas no cálculo da área de paredes pois os painéis vêm sem vãos e as aberturas são cortadas in loco. Para o levantamento das paredes de tijolo cerâmico é necessário desconsiderar as aberturas para que o quantitativo de blocos não ultrapasse o necessário. As aberturas existentes podem ser identificadas no anexo 2, sendo elas:

- 4 portas – 90x210 cm;
- 1 porta – 150x210 cm;
- 1 porta – 200x210 cm;
- 4 janelas – 150x210 cm;
- 2 janelas – 60x40 cm.

A área líquida a ser utilizada no orçamento pode ser obtida pelo produto entre 53,45 metros lineares de parede e 2,80 metros de altura, em seguida deve-se excluir as áreas de aberturas existentes, sobrando então 128,27 metros quadrados de parede em alvenaria de vedação.

Existem também trechos de platibanda em 5 alturas diferentes, sendo eles:

- 19,41 metros lineares com 1,71 metros de altura;
- 16,05 metros lineares com 1,25 metros de altura;
- 8,80 metros lineares com 2,60 metros de altura;
- 17,90 metros lineares com 0,70 metros de altura;
- 11,05 metros lineares com 0,90 metros de altura.

Tendo em vista esses valores temos então 98,61 metros quadrados de platibanda, valor que será levado em consideração para ambos sistemas construtivos. Será apresentado a seguir o orçamento para as paredes e platibandas em alvenaria convencional e em seguida os valores para o sistema composto por painéis monolíticos em EPS fornecidos pelo responsável técnico da obra, pois os valores para montagem das paredes e platibandas foram orçados juntos. Outro ponto a se considerar é a falta de necessidade da execução de vergas e contra-vergas para os painéis monolíticos, pois junto com os painéis também são vendidas as colunas em “L” e reforços para janelas/portas e vergas/contra-vergas, todos feitos em tela Gerdau. Por esse fato também será apresentado o orçamento para as vergas e contravergas necessárias no sistema em

alvenaria convencional. No Quadro 6 é possível conferir o orçamento das paredes em alvenaria convencional.

**Quadro 6 - Orçamento da alvenaria de vedação com vãos**

<b>ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS DE 9X19X19CM - PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR A 6M<sup>2</sup> COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA</b>		
DESCRIÇÃO ITEM	UNID.	CUSTO TOTAL POR M2
BLOCO CERAMICO (ALVENARIA DE VEDACAO), DE 9 X 19 X 19 CM	MIL	15,1
TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 A 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 7,5* CM	M	0,58
PINO DE ACO COM FURO, HASTE = 27 MM (ACAO DIRETA)	CENT O	0,13
ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA MASSA ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L	M3	3,9
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	32,06
SERVEANTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	11,26
CUSTO TOTAL POR M2	M2	63,03
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>R\$ 8.084,86</b>

Fonte: SINAPI, 2019 (Modificado).

No Quadro 7 consta o orçamento de vergas para as janelas com até 1,5 metros necessárias para o sistema construtivo em alvenaria convencional. Em seguida será apresentado o orçamento de vergas para diferentes aberturas, como portas e janelas e de acordo com o vão livre de cada um.

Quadro 7 - Orçamento de vergas pré-moldadas para janelas com até 1,5 m de vão

<b>VERGA PRÉ-MOLDADA PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO</b>		
DESCRIÇÃO ITEM	UNID.	CUSTO TOTAL POR M
DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,03
ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,84
ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L	M3	0,71
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,73
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,48
FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM	M2	8,74
CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES	KG	2,85
CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L	M3	5,38
CUSTO TOTAL POR M	M	21,76
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>R\$ 156,67</b>

Fonte: SINAPI, 2019 (Modificado).

O orçamento para execução de vergas pré-moldadas para portas com até 1,5 metros de vão livre está presente no Quadro 8, com os preços em função do metro linear de vergas.

E no Quadro 9 encontra-se o orçamento para vergas pré-moldadas presentes em portas com mais de 1,5 metros.



**Quadro 8 - Orçamento de vergas pré-moldadas para portas com até 1,5m de vão**

<b>VERGA PRÉ-MOLDADA PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO</b>		
DESCRIÇÃO ITEM	UNID.	CUSTO TOTAL POR M
DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,03
ESPAÇADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLÁSTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,84
ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L	M3	0,71
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,94
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,55
FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM	M2	6,27
CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES	KG	1,95
CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L	M3	3,59
<b>CUSTO TOTAL POR M</b>	<b>M</b>	<b>16,88</b>
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>R\$ 86,09</b>

Fonte: SINAPI, 2019 (Modificado).

**Quadro 9 - Orçamento de vergas pré-moldadas com mais de 1,5m de vão**

<b>VERGA PRÉ-MOLDADA PARA PORTAS COM MAIS DE 1,5 M DE VÃO</b>		
DESCRIÇÃO ITEM	UNID.	CUSTO TOTAL POR M
DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,04
ESPAÇADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLÁSTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,84
ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L	M3	0,71
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,20
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,24
FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM	M2	11,00
CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES	KG	4,89
CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L	M3	7,18
<b>CUSTO TOTAL POR M</b>	<b>M</b>	<b>27,10</b>
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>R\$ 54,20</b>

Fonte: SINAPI, 2019 (Modificado).

Para as contravergas também foi necessário um orçamento, este segue presente no Quadro 10 logo abaixo.

**Quadro 10 - Orçamento de contraverga pré-moldadas com vão de até 1,5m**

<b>CONTRAVERGA PRÉ-MOLDADA PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO</b>		
DESCRIÇÃO ITEM	UNID.	CUSTO TOTAL POR M
DESMOLDANTE PROTETOR PARA FORMAS DE MADEIRA, DE BASE OLEOSA EMULSIONADA EM AGUA	L	0,03
ESPACADOR / DISTANCIADOR CIRCULAR COM ENTRADA LATERAL, EM PLASTICO, PARA VERGALHAO *4,2 A 12,5* MM, COBRIMENTO 20 MM	UN	0,84
ARGAMASSA TRAÇO 1:2:9 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L	M3	0,71
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,73
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	1,48
FABRICAÇÃO DE FÔRMA PARA VIGAS, COM MADEIRA SERRADA, E = 25 MM	M2	8,43
CORTE E DOBRA DE AÇO CA-50, DIÂMETRO DE 6,3 MM, UTILIZADO EM ESTRUTURAS DIVERSAS, EXCETO LAJES	KG	2,85
CONCRETO FCK = 20MPA, TRAÇO 1:2,7:3 (CIMENTO/ AREIA MÉDIA/ BRITA 1) - PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 600 L	M3	5,38
CUSTO TOTAL POR M	M	21,45
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>R\$ 154,44</b>

Fonte: SINAPI, 2019 (Modificado).

Segue abaixo, no Quadro 11, o orçamento apontando os gastos envolvidos na construção das paredes em alvenaria convencional para esta obra. Foram utilizadas as medidas mencionadas anteriormente.

**Quadro 11 - Orçamento alvenaria de vedação sem vãos**

<b>ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS DE 9X19X19CM - PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR A 6M² SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA - PLATIBANDA</b>		
DESCRIÇÃO ITEM	UNID.	CUSTO TOTAL POR M2
BLOCO CERAMICO (ALVENARIA DE VEDACAO), DE 9 X 19 X 19 CM	MIL	14,90
TELA DE ACO SOLDADA GALVANIZADA/ZINCADA PARA ALVENARIA, FIO D = *1,20 A 1,70* MM, MALHA 15 X 15 MM, (C X L) *50 X 7,5* CM	M	0,58
PINO DE ACO COM FURO, HASTE = 27 MM (ACAO DIRETA)	CENT	0,13
ARGAMASSA TRAÇO 1:2:8 (EM VOLUME DE CIMENTO, CAL E AREIA MÉDIA ÚMIDA) PARA EMBOÇO/MASSA ÚNICA/ASSENTAMENTO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO, PREPARO MECÂNICO COM BETONEIRA 400 L. AF_08/2019	M3	3,90
PEDREIRO COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	28,34
SERVENTE COM ENCARGOS COMPLEMENTARES	H	9,95
CUSTO TOTAL POR M2	M2	57,80
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>R\$ 5.699,66</b>

Fonte: SINAPI, 2019 (Modificado).

Agora que já foram apresentadas todas as etapas necessárias para a construção de uma parede em alvenaria, será apresentado o orçamento para a montagem dos painéis de EPS. As paredes em EPS devem ser entregues com uma camada de chapisco projetado por máquina. A mão de obra inclusa no orçamento a ser apresentado entregou as paredes montadas e chapiscadas. Foram necessários dois dias de serviço para a montagem dos painéis e mais um dia para a projeção do chapisco, porém o tempo de serviço não será levado em consideração pois foram pagos por serviço prestado e não por horas trabalhadas. A área total utilizada para os cálculos se dá por 140,98 metros quadrados de parede somados a 98,51 metros quadrados de platibanda, resultando em 239,49 metros quadrados. Para o chapisco é considerado o dobro dessa área, pois o serviço é feito em ambos os lados de cada parede. Segue o Quadro 12 com o orçamento completo para montagem e chapiscagem, disponibilizado pelo responsável técnico da obra.

**Quadro 12 - Montagem e chapisco dos painéis monolíticos**

<b>MONTAGEM E CHAPISCO - PAINÉIS DE EPS</b>		
DESCRIÇÃO ITEM	UNID.	CUSTO TOTAL POR UNID.
Painéis de EPS Expandido P/ Cosntrução Civil - Tipo 3F Material Sem Retalho, Pantografado, Auto extingüível à chama (Classe F). Painéis com 10 cm de Espessura, revestido na tela Gerdau 15x15 3.4 (EPS 2.80 + Trnsp/0.20)	M2	75,00
Mão de Obra (Montagem)	M2	15,00
Mão de Obra (Chapisco)	M2	4,00
Aditivo para chapisco	LT	6,00
COLUMNAS EM L 0,45 X 0,45 X 3	PÇ	21,00
Reforço de janela e portas 0,45X0,60 m	PÇ	5,00
Verga e <i>Contraverga</i> 0,30X1,00 m	M	7,00
Pinos	KG	10,00
Kit Escoras (Aluguel)	KITS	15,00
<b>CUSTO TOTAL</b>		<b>R\$ 25.190,06</b>

Fonte: HN ENGENHARIA, 2017.

Não será incluso um orçamento para chapisco, emboço, reboco e revestimentos pois ambos sistemas chegaram a mesma etapa e a partir desse ponto não terá mais divergências nos serviços.

## 6 RESULTADOS

O Quadro 13 mostra orçamento final para o sistema em alvenaria convencional, obtido pela junção dos dados presentes nos quadros apresentados no capítulo anterior.

**Quadro 13 - Orçamento final do sistema em alvenaria convencional**

<b>ORÇAMENTO FINAL - SISTEMA EM ALVENARIA CONVENCIONAL</b>	
MONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM MADEIRA SERRADA, 1 UTILIZAÇÃO	R\$ 2.665,92
CONCRETAGEM DE VIGAS BALDRAME EM MADEIRA SERRADA, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA-, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	R\$ 1.082,24
IMPERMEABILIZAÇÃO DE BALDRAME EM CONTATO COM SOLO - UTILIZ. TINTA BETUMINOSA TIPO NEUTROLIN / 2DEMAOS	R\$ 629,39
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS DE 9X19X19CM - PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR A 6M <sup>2</sup> COM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA	R\$ 8.084,86
VERGA PRÉ-MOLDADA PARA JANELAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO	R\$ 156,67
VERGA PRÉ-MOLDADA PARA PORTAS COM ATÉ 1,5 M DE VÃO	R\$ 86,09
VERGA PRÉ-MOLDADA PARA PORTAS COM MAIS DE 1,5 M DE VÃO	R\$ 54,20
CONTRAVERGA PRÉ-MOLDADA PARA VÃOS DE ATÉ 1,5 M DE COMPRIMENTO	R\$ 154,44
ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCOS DE 9X19X19CM - PAREDES COM ÁREA LÍQUIDA MAIOR A 6M <sup>2</sup> SEM VÃOS E ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO COM PREPARO EM BETONEIRA - PLATIBANDA	R\$ 5.699,66
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 18.613,46</b>

Fonte: SINAPI, 2019 (Modificado).

Segue também os resultados finais do orçamento levantado para o método construtivo em EPS (Quadro 14).

**Quadro 14 - Orçamento final do sistema em poliestireno expandido**

<b>ORÇAMENTO FINAL - SISTEMA EM EPS</b>	
MONTAGEM DE FÔRMA PARA VIGA BALDRAME, EM EPS	R\$ 1.967,66
CONCRETAGEM DE VIGAS BALDRAME EM MADEIRA SERRADA, FCK 30 MPA, COM USO DE JERICA-, LANÇAMENTO, ADENSAMENTO E ACABAMENTO	R\$ 2.004,65
MONTAGEM E CHAPISCO - PAINÉIS DE EPS	R\$ 25.190,06
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 29.162,37</b>

Fonte: HN ENGENHARIA, 2017.

Como notado, mesmo com o sistema em EPS permitindo a exclusão de algumas etapas da obra, como a impermeabilização da viga baldrame, no final deste levantamento ele saiu

consideravelmente mais caro que o sistema convencional. É possível visualizar qual etapa da obra é responsável por aumentar o valor gasto na obra.

Os materiais em EPS, mais especificamente as paredes, são responsáveis pela elevação no orçamento desse sistema, isso se dá por ser um material novo no mercado e não possuir muitos concorrentes. Sua popularização nos mercados levaria a queda do seu preço, pois com o aumento da demanda os comerciantes abaixam os preços para que seus produtos se sobressaiam entre os produtos da concorrência.

## 7 CONCLUSÃO

Por se tratar de um sistema relativamente novo e com pouca concorrência para os fornecedores o material ainda tem alto custo.

Detalhando o orçamento por partes da obra pode-se notar que em relação a serviços o custo do sistema em EPS sairia visivelmente mais barato que o sistema convencional, mas a comparação virou drasticamente quando calculado o valor dos painéis, que ainda são relativamente mais caros.

Visando apenas etapas de serviços o sistema alternativo (em EPS) seria o mais vantajoso, isso devido a possibilidade de pular etapas da obra, como montagem de fôrmas para baldrame ou execução de vergas em concreto armado, e assim economizaria em mão de obra. Outra vantagem seria o tempo gasto em cada etapa, uma obra mais rápida também reduz custos em aluguéis de materiais e containers para armazenamento dos mesmos, porém como não foi realizado um estudo detalhado de cada ponto não serão apresentados resultados em relação a isso. Outra vantagem é a limpeza do canteiro, como foi possível notar nas fotos no decorrer do andamento da obra. Por gerar menos descarte o controle da organização e limpeza no local de serviço é mais prática e simples, além de lixo em menores quantidades esses materiais são mais leves e fáceis de deslocar até a caçamba de entulhos.

O método escolhido depende do que o proprietário prioriza, se quer uma obra rápida e prefere gastar mais em material, podendo economizar em outros pontos, a melhor escolha é o sistema em polistireno expandido. Deve-se ponderar também outras vantagens pensando no conforto do ambiente, segundo a proprietária do imóvel estudado é notável a temperatura mais amena no interior da sua casa em relação às residências vizinhas, isso pelo isopor ser um ótimo isolante térmico como já mencionado nesse trabalho.

Se o cliente preferir investir na obra mais lentamente, devido a cada etapa da obra demandar certo tempo então a melhor escolha é o sistema em alvenaria convencional. Esse sistema poderá sair mais caro com o tempo de obra, gastando mais para manter o canteiro organizado e mantendo funcionários trabalhando por mais tempo. Porém é um gasto controlado, podendo tocar a obra na velocidade desejada de acordo com os gastos planejados para cada período.

## REFERÊNCIAS

- ABCI - Associação Brasileira de Construção Industrializada. **Manual Técnico de Alvenaria**. Tedição. São Paulo: ed. Projeto Editores Associados Ltda., 1998. 275p.
- ABRAPEX. Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **O EPS na Construção Civil: Características do poliestireno expandido para utilização em edificações**. São Paulo, set. 2000
- AKCELRUD, Leni. **Fundamentos da ciência dos polímeros**. Barueri: Manole, 2007. Disponível em: <[https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3wJHvsGcjl4C&oi=fnd&pg=PR17&dq=polimeros&ots=q3Z\\_7YDW36&sig=fdAlJq9O4dvRmTcPKxPiBfGJYtM#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=3wJHvsGcjl4C&oi=fnd&pg=PR17&dq=polimeros&ots=q3Z_7YDW36&sig=fdAlJq9O4dvRmTcPKxPiBfGJYtM#v=onepage&q&f=false)>. Acesso em: 08 abr. 2019.
- ALVES, João Paulo de Oliveira. **Sistema Construtivo em Painéis de EPS**. 2015b. 221f. Artigo (Graduação) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade católica de Brasília, Brasília.
- ALVES, Letícia Pereira. **Comparativo do custo benefício entre o sistema construtivo em alvenaria e os sistemas Steel Frame e Wood Frame**. Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - Edição nº 10 Vol. 01/ 2015 dezembro/2015a.
- ARAÚJO, H. N. **Intervenção em obra para implantação do processo construtivo em alvenaria estrutural: Um estudo de caso**. Florianópolis, UFSC, 1995. 117p. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Universidade Federal de Santa Catarina, 1995.
- ARAÚJO, Rodrigues & Freitas. **Apostila de Concreto Armado**. UFFRJ, 2006.
- BARROS, Mercia M. S. B. de; MELHADO Silvio B. **Recomendações para a produção de estruturas de concreto armado em edifícios**. São Paulo: EPUSP, 1998. Departamento de engenharia civil. Disponível em: <[http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT\\_00004.pdf](http://www.pcc.usp.br/files/text/publications/TT_00004.pdf)> Acesso em: 28 Mai. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. 1 ed. Rio de Janeiro: Moderna, 2003. 221 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1**: Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos. 1 ed. Rio de Janeiro: 2005. 11 p.
- AVESANI NETO, José Orlando. **Caracterização do comportamento geotécnico do EPS através de ensaios mecânicos e hidráulicos**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2008. doi:10.11606/D.18.2008.tde-24062008-101540. Acesso em: 2019-05-27.
- BARRETO, Monalisa Nogueira. **Casa EPS: edifício residencial em painéis monolíticos de poliestireno expandido**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.



BASTOS, Paulo S. dos S. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru: UNESP, 2006. Faculdade de Engenharia, departamento de engenharia civil.

BATTAGIN, Arnaldo Forti et al. **Materiais de Construção Civil: e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2010. 862 p.

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

BNDES. Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social. Setorial do Complexo Químico. **Poliestireno - Área de Operações Industriais**. 1997. Disponível em: <<https://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 25 de maio 2005.

BROCK, L. **The contemporary brick wall**. In: PROCEEDING OF INTERNATIONAL BRICK AND BLOCAK MANSORY CONFERENCE, 10. 1994, Calgary - Canadá. Anais... Calgary: 1994, Vol 2, p. 857-865.

BORROELLY, Daniel Fernandes. **Estudo comparativo da degradação de poliestireno e de poliestireno de alto impacto por envelhecimentos natural e artificial**. 2002. 108 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Química, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

CAVALHEIRO, O. P. **Alvenaria estrutural: tão antiga e tão atual**. Jornal da ANICER - Edição Especial, Salvador, p. 4, 30 ago. 1999.

COUTINHO, Fernanda M. B. et al. Estudo Comparativo de Diferentes Tipos de Polibutadieno na Tenacificação de Poliestireno. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 17, n. 4, p.318-324, 2007. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47017410>>. Acesso em: 09 abr. 2019.

DESENVOLVIMENTO, Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e. **Nosso Futuro Comum**. 1987.

EMMEDUE, **Advanced Building System**, Italy, 2018. Disponível em: <<https://www.mdue.it/en/emmedue-panels>> Acesso em: 25 ago 2019.

FERNANDES, Marcos J. G.; FILHO, Antonio F. S. **Estudo comparativo do uso da alvenaria estrutural com bloco de concreto simples em relação ao sistema estrutural em concreto armado**. Salvador, 2010. Disponível em: <[http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Art3\\_0075.pdf](http://info.ucsal.br/banmon/Arquivos/Art3_0075.pdf)> Acesso em: 27 Mai. 2019.

FERREIRA, Vinícius Soares. **A sustentabilidade como diferencial competitivo na construção civil: um estudo sobre o produto de alvenaria em poliestireno expansivo**. 2016. 70 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016b.

FERREIRA, Vitor Pinheiro. **Estudo comparativo entre sistemas construtivos: Alvenaria Convencional e Light Steel Frame**. 2016a.

GROTE, Zimara V.; SILVEIRA, José L.. **Análise Energética e Exergética de um Processo de Reciclagem de Poliestireno Expandido (Isopor)**. Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, São Paulo, v. 3, n. 3, p.9-27, 2002. Disponível em: <<http://editorarevistas.mackenzie.br>>. Acesso em: 25 maio 2019.

HAGE JR., Elias. **Aspectos históricos sobre o desenvolvimento da ciência e da tecnologia de polímeros. Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 8, n. 2, p. 6-9, June 1998. Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0104-14281998000200003&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14281998000200003&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 11 Mai. 2019.

HELENE, Paulo et al. **Materiais de Construção Civil: e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. 2. ed. São Paulo: Ibracon, 2010. 945 p.

ISOMAF. **Parede de EPS recoberta por argamassa**. Sapucaia do Sul, 2019. Disponível em: <https://www.isomaf.com.br/blog/5/Parede-de-EPS-recoberta-por-argamassa-armada>> Acesso em: 24 ago 2019.

INNOVA (Brasil). **Produtos**. 2017. Disponível em: <<http://www.innova.com.br/produtos>>. Acesso em: 11 maio 2019.

LPC Engenharia e Construções. Conheça o EcoGrid. Disponível em: <<http://www.lpcconstrucoes.com.br/tecnologia.html>>. Acesso em: 13 ago. 2019.

LUEBLE, Ana Regina Ceratti Pinto. **Construção de habitações com painéis de EPS e argamassa armada**. In: I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, SP. 2004.

MACHADO, Rosane M. A; PINTO, Taisa S. **Inovação tecnológica na construção civil: o caso dos painéis de EPS**. 27 pg. Monografia (Especialização) – CEFET – PR. Curso de Pós Graduação em Gerenciamento de Obras, VI. Curitiba, 2001.

MARTINS, João Guerra. **Alvenarias – Condições Técnicas de execução**. 2009. Pág. 03. <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAA78EAF/madeira-lei>. Acesso em: 01 de maio 2019.

MONTENEGRO, Ricardo Sá Peixoto; SERFATY, Moysés Elias. **Aspectos gerais do poliestireno**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 123-136, set. 2002.

NETO, José O. A. **Caracterização do comportamento geotécnico do EPS através de ensaios mecânicos e hidráulicos**. 227 p. Dissertação. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, 2008.

OLIVEIRA, Livia Souza de. **Reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido (Isopor) em Compósitos cimentícios**. 2013. 75 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de São João Del-rei, São João del Rei, 2013.

PAREDES BETEL. **Obras em EPS.** Disponível em: <[http://paredesbetel.com.br/obras.php?obra=paranoa&nome\\_obra=parano%C3%A1](http://paredesbetel.com.br/obras.php?obra=paranoa&nome_obra=parano%C3%A1)>. Acesso em 20 ago. 2019.

ROVERE, Juliana et al. Caracterização Morfológica do Poliestireno de Alto Impacto (HIPS). **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Paulo, v. 18, n. 1, p.12-19, 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47015843007>>. Acesso em: 11 maio 2019.

SANT'HELENA, Maiko. **Estudo para aplicação de poliestireno expandido (EPS) em concretos e argamassas.** 87f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso)- Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina, 2009.

SANTOS, Claudio Gouvêa dos et al. **Poliestireno Expandido na Construção Civil.** Pós em Revista, Belo Horizonte, v. 8, p.114-118, jun. 2013.

SILVA, Fernando Henrique da. **Demonstração do sistema construtivo em painéis monolíticos De eps.** 2018c.

SILVA, M. M. A. **Diretrizes para o projeto de alvenarias de vedação.** Dissertação (Mestrado) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo: 2003a.

SILVA, Vanessa Gomes da. **Avaliação da sustentabilidade de edifícios de escritórios brasileiros: diretrizes e base metodológica.** 2003. 210 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003b.

SINAPI – **Índices da Construção Civil.** Disponível em: <<http://goo.gl/ttgltv>>. Acesso em 20 out. 2019.

SIQUEIRA, Thais Elenize de. **Análise de desempenho e custos de sistema de vedação em EPS.** 2017. 116 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017.

SOUSA. Hipólito. **Construções em alvenaria.** FEUP, 2002.

SOUZA, Dayanne Diniz de. **Desenvolvimento de Blendas de Poliestireno/Poli(εCaprolactona).** 2016. 118 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, Campina Grande, 2016a.

SOUZA, L. G. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame.** Revista Online Especialize Ipog, Florianópolis, SC, 26-04-2012b.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural.** São Paulo: Pini, 2010.

TÉCHNE. **Tecnologia: Paredes de painéis monolíticos de EPS.** Disponível em: <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/129/artigo285706-2.aspx>>. Acesso em 15 ago. 2019.

TELLES, Pedro Carlos Silva. **História da Engenharia no Brasil. Século XX.** Rio de Janeiro: Clavero, 1994.

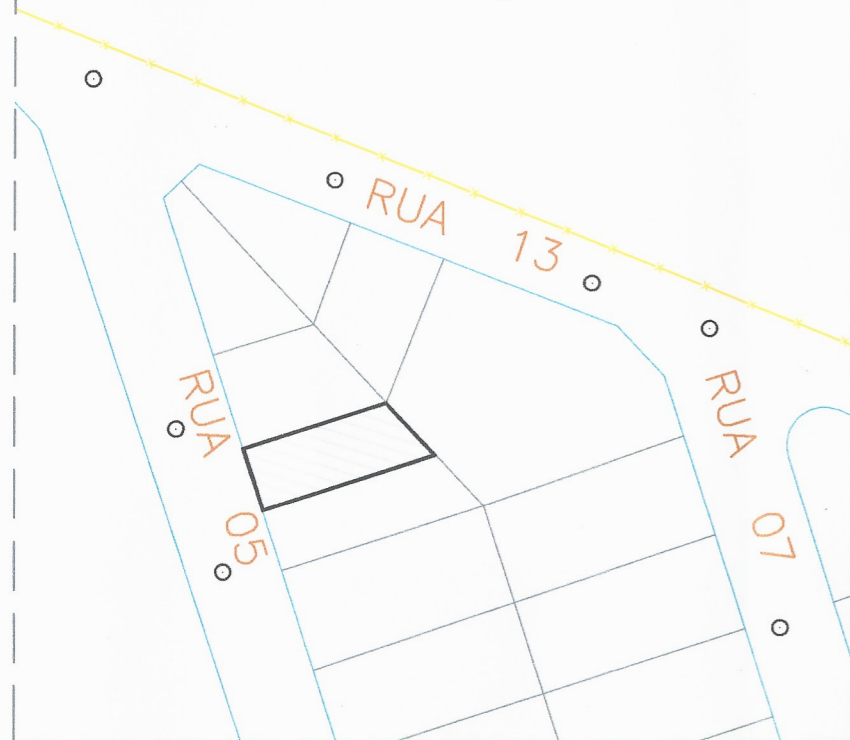
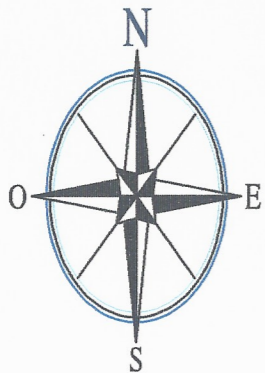
TERMOTÉCNICA. **Método construtivo inovador e sustentável recebe certificação.** Disponível em: <<http://www.termotecnica.ind.br/metodo-construtivo-inovador-esustentavel-recebe-certificacao/>>. Acesso em: 15 ago. 2019.

TESSARI, Janaina. **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil.** 2006. 102 f. Dissertação (Pós-Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

VASCONCELOS, Augusto C. e CARRIERI JUNIOR, Renato. **A Escola Brasileira do Concreto.** São Paulo, Axis Mundi, 2006.

VASCONCELOS, Augusto C. **O Concreto no Brasil: Recordes - Realizações - História.** São Paulo, Copiare, 1985.

VASQUES, Caio Camargo Penteado Correa Fernandes. **Comparativo de sistemas construtivos, convencional e Wood Frame em residências unifamiliares.** 2014. Disponível em: <<http://revista.unilins.edu.br/index.php/cognitio/article/view/193/188>>. Acesso em 01 de maio de 2019.



PLANTA DE SITUAÇÃO  
esc 1:1000



GOOGLE EARTH  
esc 1:1000

# PROJETO ARQUITETÔNICO

## RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Rua 05 Quadra 02 Lote 21 - Jaraguá - GO

ÁREA TOTAL TERRENO:

191,35 m<sup>2</sup>

ÁREA PERMEÁVEL:

44,00 m<sup>2</sup>

ESCALA:

INDICADA

DESENHO:

Liz Silva

ÁREA A CONSTRUIR:

120,68 m<sup>2</sup>

TAXA DE OCUPAÇÃO:

63,07 %

UNIDADE:

METRO

DATA:

JANEIRO / 2017

PROPRIETÁRIO:

*Adenisia Coelho de Carvalho*

Proprietário: Adenisia Coelho de Carvalho - CPF.: 010.946.641-11

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

*Henrique Nunes de Bastos*

Eng. Civil: Henrique Nunes de Bastos - CREA 25068/D-GO

Henrique Nunes de Bastos  
Engenheiro Civil  
CREA-25068/D-GO

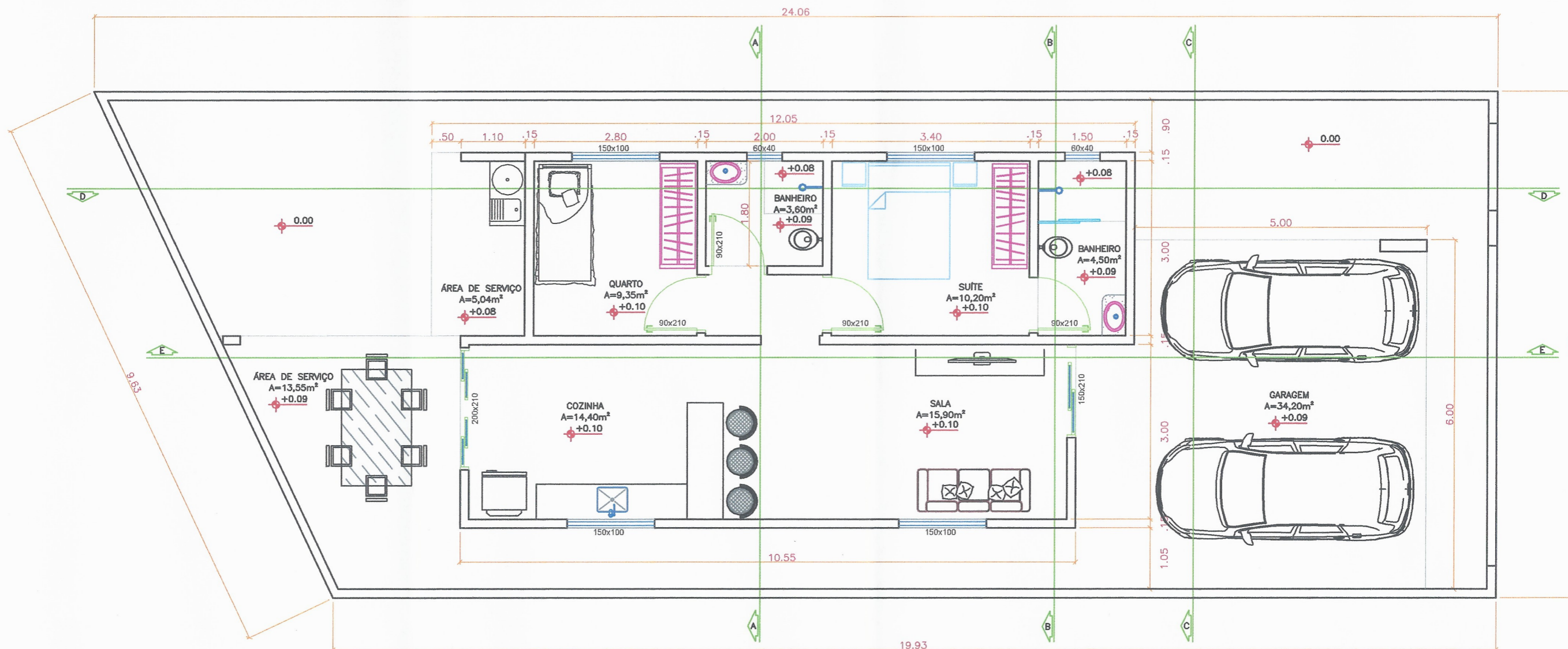
CONTEÚDO:

ANEXO 1  
PLANTA DE SITUAÇÃO

FOLHA:

01 / 08





PLANTA BAIXA E LOCAÇÃO  
 esc 1:75  
 ÁREA TOTAL 120,68 m<sup>2</sup>

# PROJETO ARQUITETÔNICO

## RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Rua 05 Quadra 02 Lote 21 - Jaraguá - GO

ÁREA TOTAL TERRENO:  
191,35 m<sup>2</sup>

ÁREA PERMEÁVEL:  
44,00 m<sup>2</sup>

ESCALA:  
INDICADA

DESENHO:  
Liz Silva

ÁREA A CONSTRUIR:  
120,68 m<sup>2</sup>

TAXA DE OCUPAÇÃO:  
63,07 %

UNIDADE:  
METRO

DATA:  
JANEIRO / 2017

PROPRIETÁRIO:

*Adenisia Coelho de Carvalho*

Proprietário: Adenisia Coelho de Carvalho - CPF.: 010.946.641-11

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

*Henrique Nunes de Bastos*

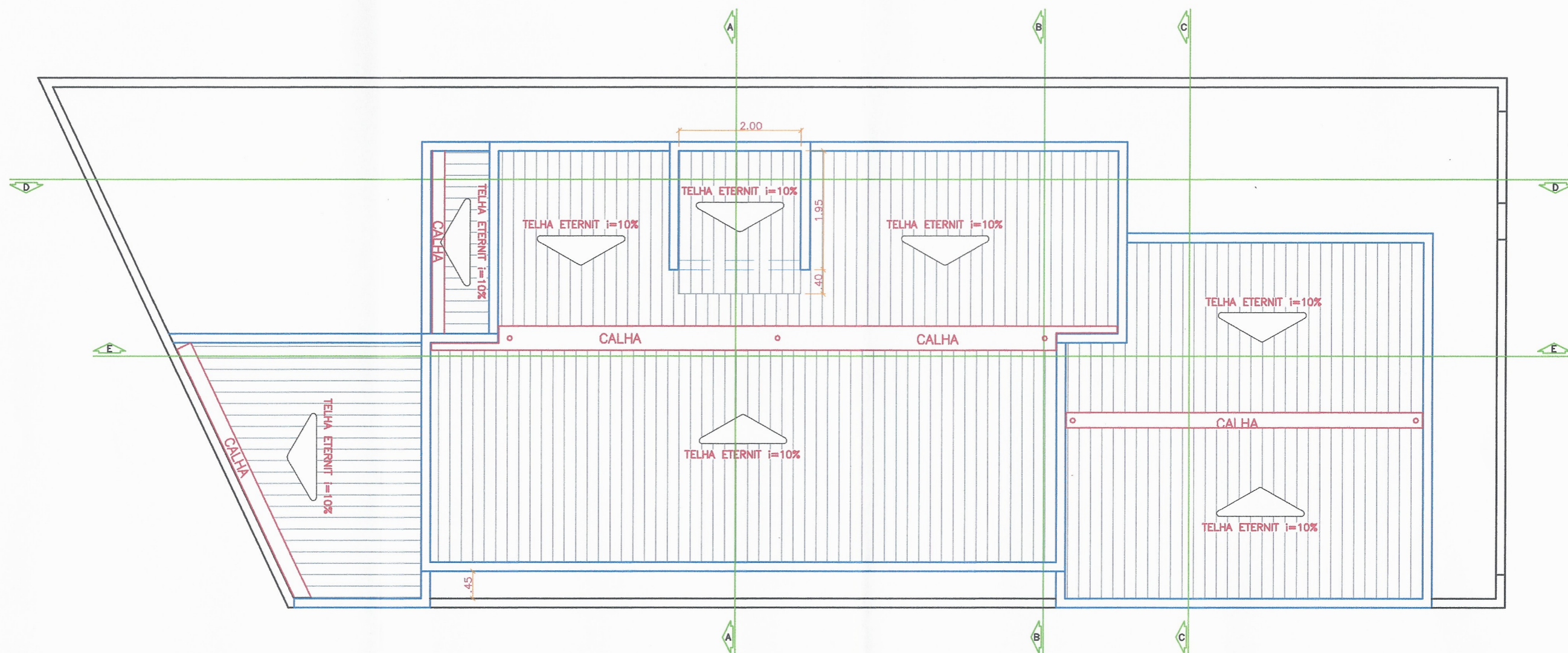
Henrique Nunes de Bastos  
Engenheiro Civil  
CREA-25068/D-GO

Eng. Civil Henrique Nunes de Bastos - CREA 25068/D-GO

CONTEÚDO:  
ANEXO 2  
PLANTA BAIXA E LOCAÇÃO

FOLHA:  
02 / 08

**HN ENGENHARIA**  
 PROJETOS E EXECUÇÃO  
 AV. Moacir Rios, Qd. 45, Lt. 17, n° 148, Jardim Ana Edith  
 Jaraguá - GO - Fone : (62) 98494-8818  
 E-mail: henriquenuneseng@gmail.com



PLANTA DE COBERTURA  
esc 1:75

# PROJETO ARQUITETÔNICO

## RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Rua 05 Quadra 02 Lote 21 - Jaraguá - GO

ÁREA TOTAL TERRENO:

191,35 m<sup>2</sup>

ÁREA PERMEÁVEL:

44,00 m<sup>2</sup>

ESCALA:

INDICADA

DESENHO:

Liz Silva

ÁREA A CONSTRUIR:

120,68 m<sup>2</sup>

TAXA DE OCUPAÇÃO:

63,07 %

UNIDADE:

METRO

DATA:

JANEIRO / 2017

PROPIETÁRIO:

*Adenisia Coelho de Carvalho*

Proprietário: Adenisia Coelho de Carvalho - CPF.: 010.946.641-11

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

*Henrique Nunes de Bastos*

Henrique Nunes de Bastos  
Engenheiro Civil  
CREA-25068/D-GO

Eng. Civil: Henrique Nunes de Bastos - CREA 25068/D-GO

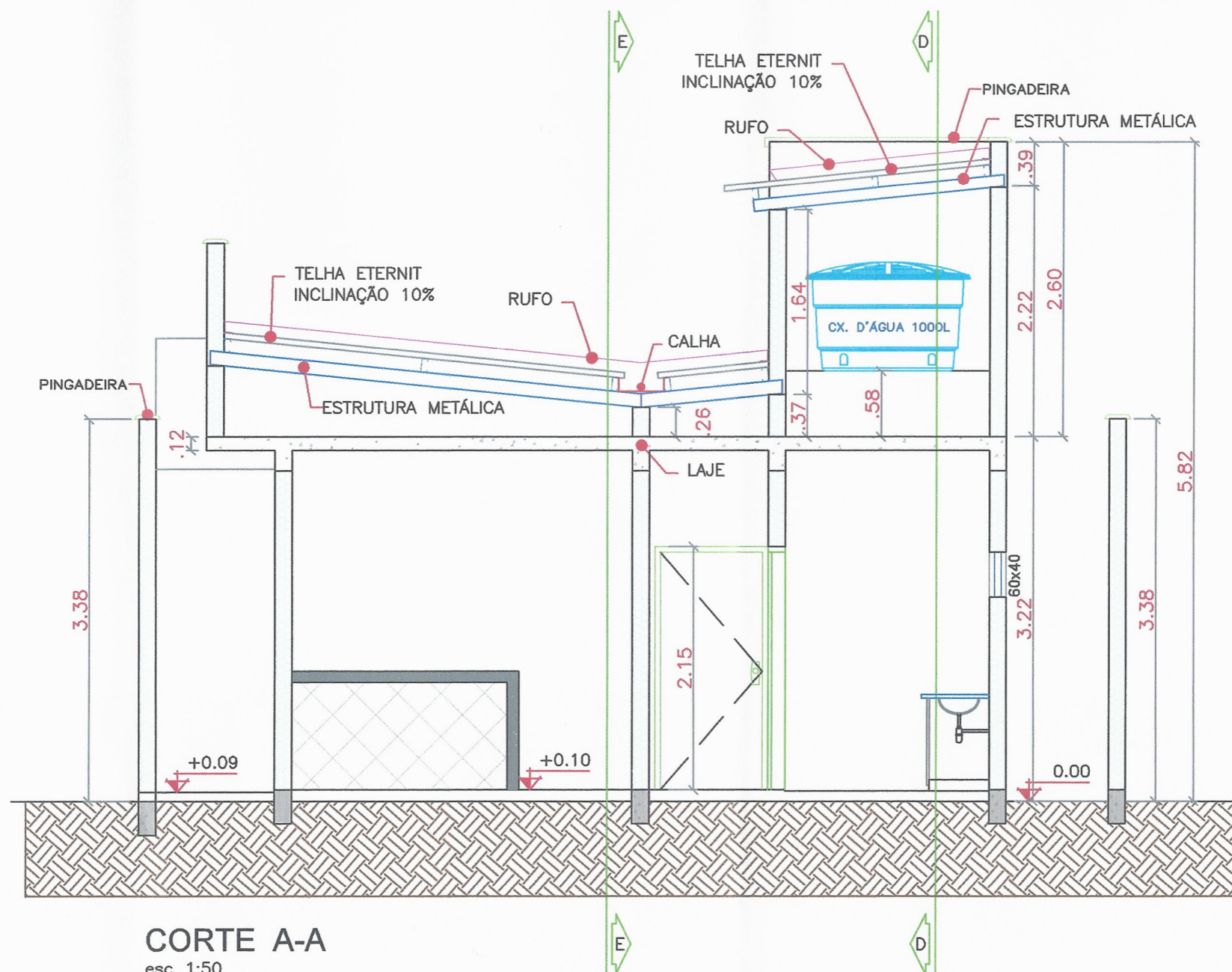
CONTEÚDO:

ANEXO 3  
PLANTA DE COBERTURA

FOLHA:

03 / 08





**CORTE A-A**  
esc 1:50

# PROJETO ARQUITETÔNICO

## RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Rua 05 Quadra 02 Lote 21 - Jaraguá - GO

ÁREA TOTAL TERRENO:

191,35 m<sup>2</sup>

ÁREA PERMEÁVEL:

44,00 m<sup>2</sup>

ESCALA:

INDICADA

DESENHO:

Liz Silva

ÁREA A CONSTRUIR:

120,68 m<sup>2</sup>

TAXA DE OCUPAÇÃO:

63,07 %

UNIDADE:

METRO

DATA:

JANEIRO / 2017

PROPRIETÁRIO:

*Adenisia Coelho de Carvalho*

Proprietário: Adenisia Coelho de Carvalho - CPF.: 010.946.641-11

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

*Henrique Nunes de Bastos*

Henrique Nunes de Bastos  
Engenheiro Civil  
CREA-25068/D-GO

Eng. Civil: Henrique Nunes de Bastos - CREA 25068/D-GO

CONTEÚDO:

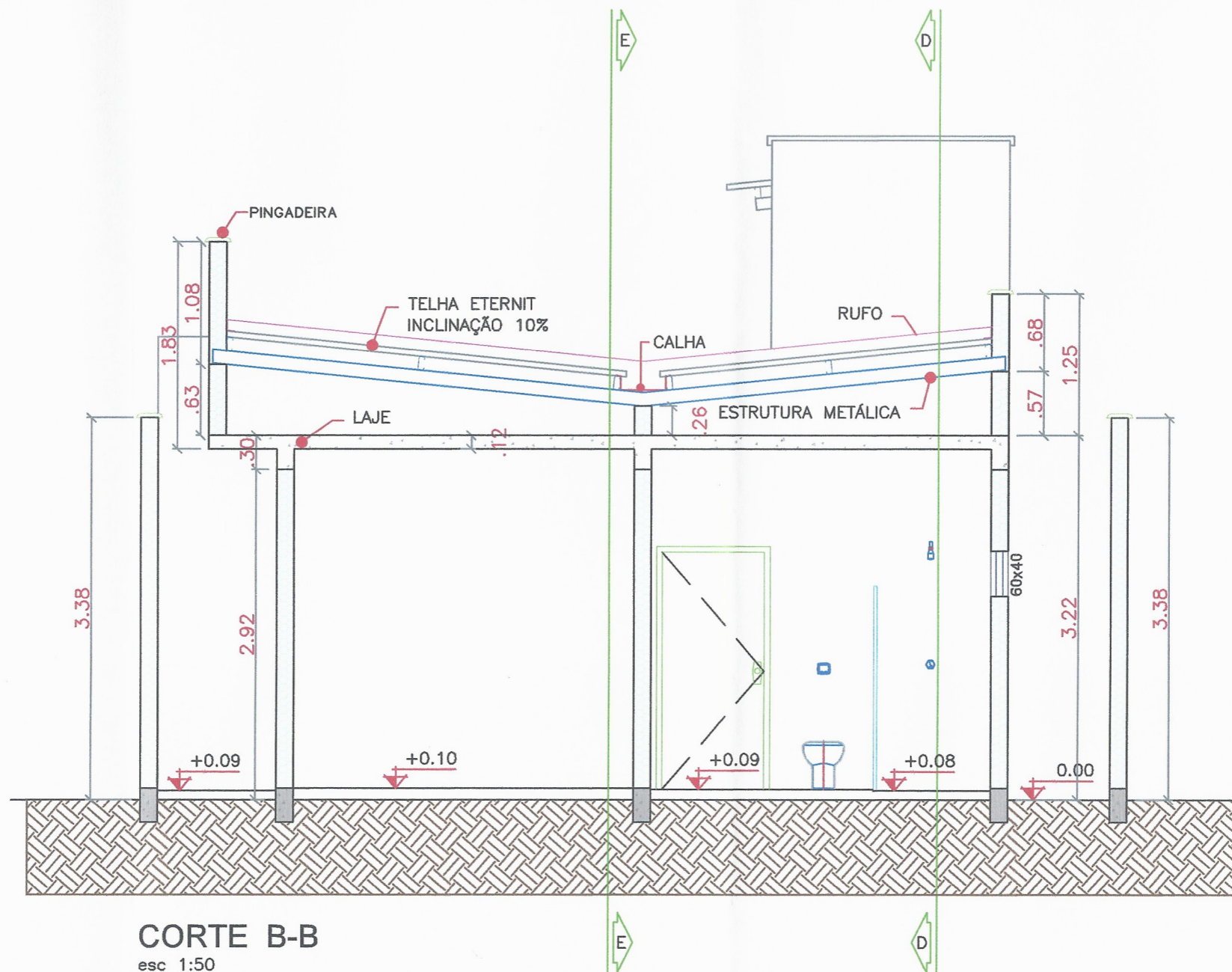
ANEXO 4  
CORTE A-A

FOLHA:

04 / 08







**CORTE B-B**  
esc 1:50

# PROJETO ARQUITETÔNICO

## RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Rua 05 Quadra 02 Lote 21 - Jaraguá - GO

ÁREA TOTAL TERRENO:  
191,35 m<sup>2</sup>

ÁREA PERMEÁVEL:  
44,00 m<sup>2</sup>

ESCALA:  
INDICADA

DESENHO:  
Liz Silva

ÁREA A CONSTRUIR:  
120,68 m<sup>2</sup>

TAXA DE OCUPAÇÃO:  
63,07 %

UNIDADE:  
METRO

DATA:  
JANEIRO / 2017

PROPIETÁRIO:

*Adenisia Coelho de Carvalho*  
Proprietário: Adenisia Coelho de Carvalho - CPF.: 010.946.641-11

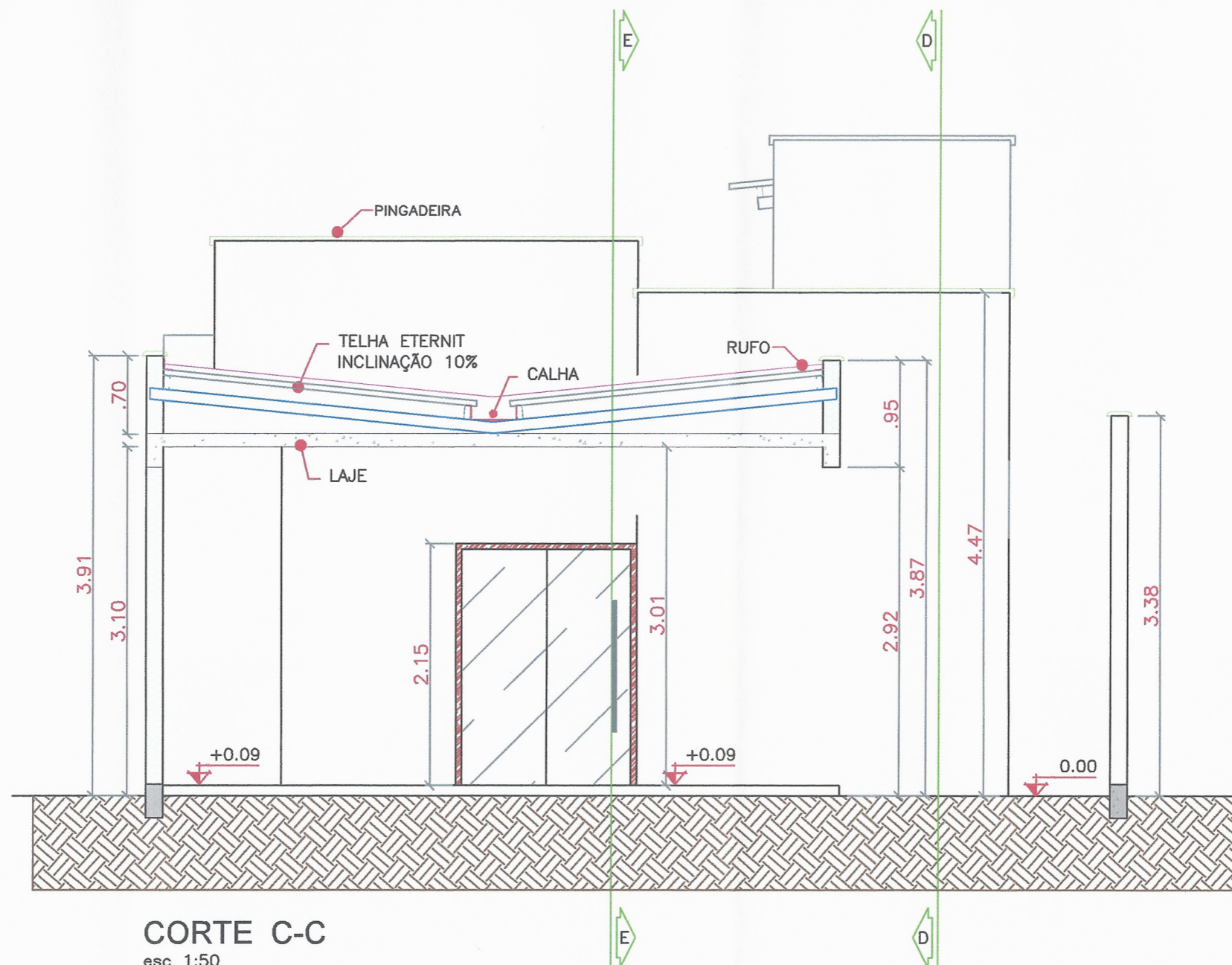
RESPONSÁVEL TÉCNICO:

*Henrique Nunes de Bastos*  
Eng. Civil Henrique Nunes de Bastos - CREA 25068/D-GO

CONTEÚDO:  
ANEXO 5  
CORTE B-B

FOLHA:  
05 / 08

**HN ENGENHARIA**  
PROJETOS E EXECUÇÃO  
AV. Moacir Rios, Qd. 45, Lt. 17, n° 148, Jardim Ana Edith  
Jaraguá - GO - Fone : (62) 98494-6818  
E-mail: henriquenuneseng@gmail.com



**CORTE C-C**  
esc 1:50

# PROJETO ARQUITETÔNICO

## RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Rua 05 Quadra 02 Lote 21 - Jaraguá - GO

ÁREA TOTAL TERRENO:  
191,35 m<sup>2</sup>

ÁREA PERMEÁVEL:  
44,00 m<sup>2</sup>

ESCALA:  
INDICADA

DESENHO:  
Liz Silva

ÁREA A CONSTRUIR:  
120,68 m<sup>2</sup>

TAXA DE OCUPAÇÃO:  
63,07 %

UNIDADE:  
METRO

DATA:  
JANEIRO / 2017

PROPRIETÁRIO:

*Adenisia Coelho de Carvalho*  
Proprietário: Adenisia Coelho de Carvalho - CPF.: 010.946.641-11

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

*Henrique Nunes de Bastos*

Henrique Nunes de Bastos  
Engenheiro Civil  
CREA-25068/D-GO

Eng. Civil: Henrique Nunes de Bastos - CREA 25068/D-GO

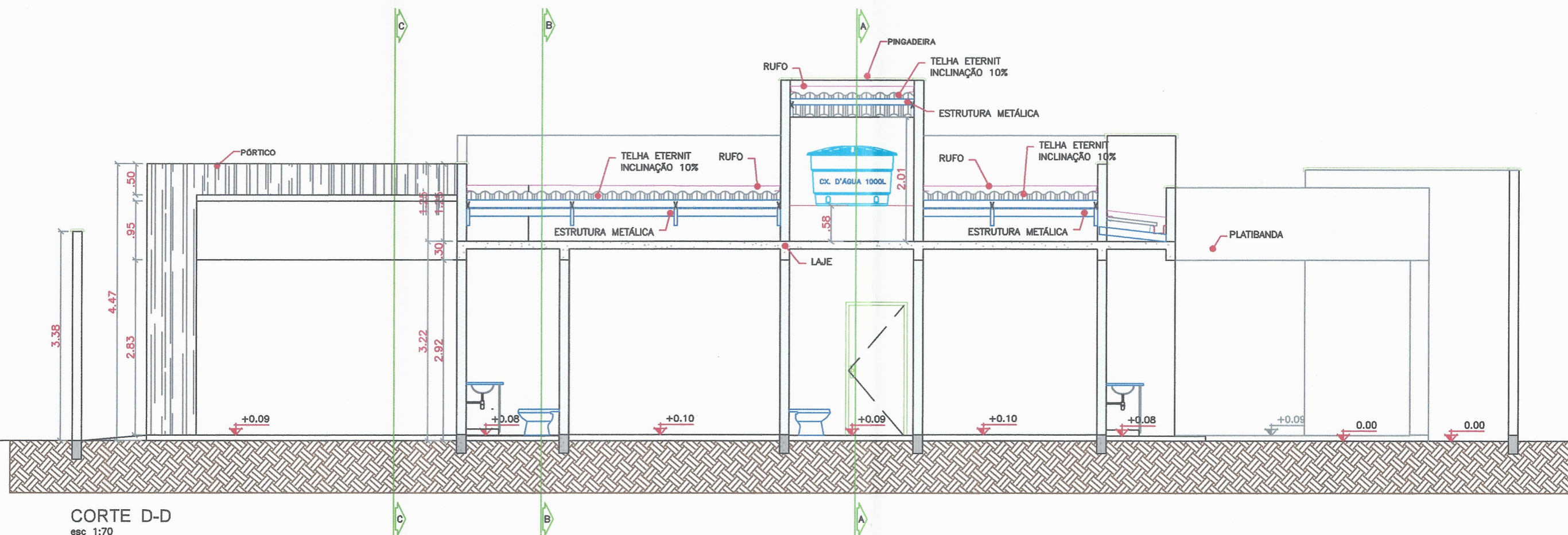
CONTEÚDO:

ANEXO 6  
CORTE C-C

FOLHA:

06 / 08





# PROJETO ARQUITETÔNICO

## RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Rua 05 Quadra 02 Lote 21 - Jaraguá - GO

ÁREA TOTAL TERRENO:

191,35 m<sup>2</sup>

ÁREA PERMEÁVEL:

44,00 m<sup>2</sup>

ESCALA:

INDICADA

DESENHO:

Liz Silva

ÁREA A CONSTRUIR:

120,68 m<sup>2</sup>

TAXA DE OCUPAÇÃO:

63,07 %

UNIDADE:

METRO

DATA:

JANEIRO / 2017

PROPIETÁRIO:

*Adenisia Coelho de Carvalho*

Proprietário: Adenisia Coelho de Carvalho - CPF.: 010.946.641-11

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

*Henrique Nunes de Bastos*

Eng. Civil: Henrique Nunes de Bastos - CREA 25068/D-GO

Henrique Nunes de Bastos  
Engenheiro Civil  
CREA-25068/D-GO

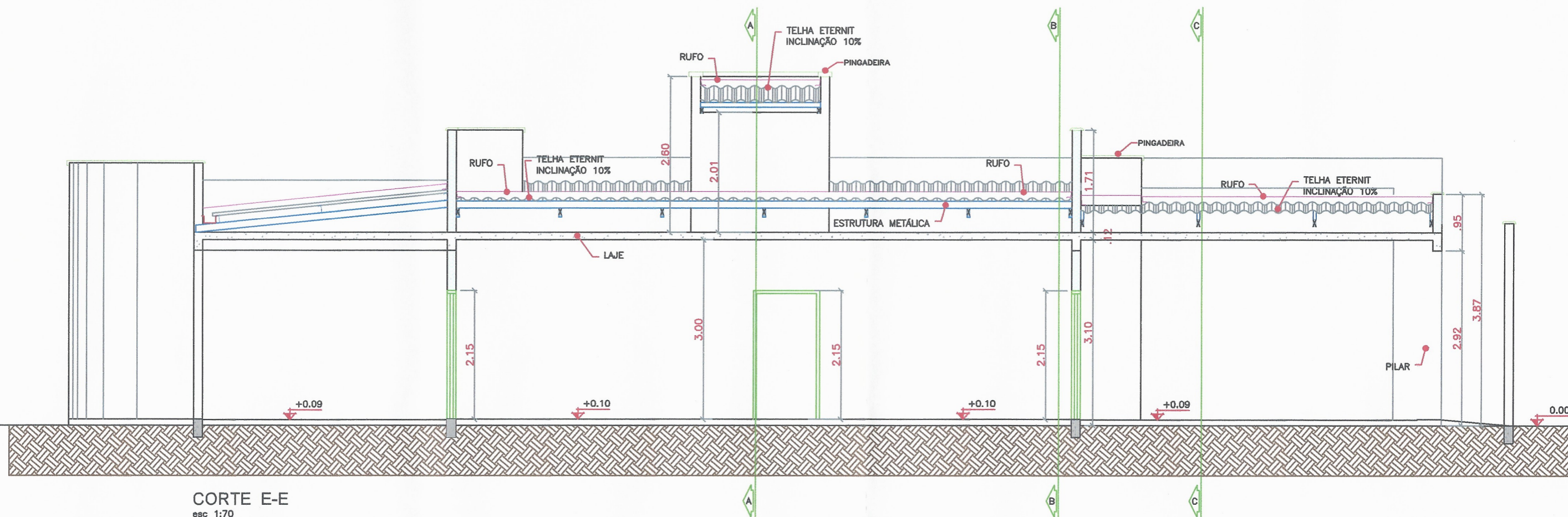
CONTEÚDO:

ANEXO 7  
CORTE D-D

FOLHA:

07 / 08

**HN ENGENHARIA**  
PROJETOS E EXECUÇÃO  
AV. Moacir Rios, Qd. 45, Lt. 17, n° 148, Jardim Ana Edith  
Jaraguá - GO - Fone : (62) 98494-6818  
E-mail: henriquenuneseng@gmail.com



CORTE E-E  
esc 1:70

# PROJETO ARQUITETÔNICO

## RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Rua 05 Quadra 02 Lote 21 - Jaraguá - GO

ÁREA TOTAL TERRENO:

191,35 m<sup>2</sup>

ÁREA PERMEÁVEL:

44,00 m<sup>2</sup>

ESCALA:

INDICADA

DESENHO:

Liz Silva

ÁREA A CONSTRUIR:

120,68 m<sup>2</sup>

TAXA DE OCUPAÇÃO:

63,07 %

UNIDADE:

METRO

DATA:

JANEIRO / 2017

PROPRIETÁRIO:

*Adenisia Coelho de Carvalho*

Proprietário: Adenisia Coelho de Carvalho - CPF.: 010.946.641-11

RESPONSÁVEL TÉCNICO:

*HN*

Eng. Civil Henrique Nunes de Bastos - CREA 25068/D-GO

Henrique Nunes de Bastos  
Engenheiro Civil  
CREA-25068/D-GO

CONTEÚDO:

ANEXO 8  
CORTE E-E

FOLHA:

08 / 08

