

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

AMANDA MARIA VEANHOLI VECHIATO

**ESTUDO DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS INOVADORES COM  
POLIESTIRENO EXPANDIDO**

CAMPO MOURÃO

2017

AMANDA MARIA VEANHOLI VECHIATO

**ESTUDO DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS INOVADORES COM  
POLIESTIRENO EXPANDIDO**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado à Disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso 2, do Curso Superior em Engenharia Civil do Departamento Acadêmico de Construção Civil – DACOC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, para obtenção do título de bacharel em engenharia civil.

Orientadora: Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fabiana Rosa Goia de Oliveira

CAMPO MOURÃO

2017



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Câmpus Campo Mourão  
Diretoria de Graduação e Educação Profissional  
Departamento Acadêmico de Construção Civil  
Coordenação de Engenharia Civil



---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso

### ESTUDO DE MÉTODOS CONSTRUTIVOS INOVADORES COM POLIESTIRENO EXPANDIDO

por

**Amanda Maria Veanholi Vechiato**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado às 15h30min do dia 27 de novembro de 2017 como requisito parcial para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL, pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

**Prof. Dr. Jorge Luís Nunes de Góes**

(UTFPR)

**Prof. Paulo Henrique Rodrigues**

(UTFPR)

**Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Fabiana Rosa Goia de Oliveira**

(UTFPR)

*Orientadora*

Responsável pelo TCC: **Prof. Me. Valdomiro Lubachevski Kurta**

Coordenador do Curso de Engenharia Civil: **Prof. Dr. Ronaldo Rigobello**

*A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus à Nossa Senhora Aparecida e à Santa Luzia por terem me mantido em pé ao longo desses anos, me dando forças para superar todos os obstáculos. Sem Eles nenhuma vitória seria conquistada.

Aos meus pais, José Antônio e Sueli, que muitas vezes abriram mão de seus próprios sonhos para tornar o meu e o de minhas irmãs possível, sempre nos auxiliando, apoiando e incentivando a serem pessoas melhores. Meu muito obrigada a vocês, meus guerreiros, heróis e anjos. Às minhas irmãs, Fernanda Maria e Bruna Maria, pelo companheirismo, amizade e por sempre terem acreditado em minha capacidade. Não tenho palavras para descrever quão importantes são em minha vida, os amo muito.

À minha orientadora, professora Dr. <sup>a</sup> Fabiana Goia Rosa de Oliveira, pela paciência, dedicação e empenho no desenvolvimento desse trabalho.

Ao professor Dr. Jorge Góes, pela tutoria durante minha participação no grupo PET – Civil, experiência, aprendizado e desenvolvimento pessoal e profissional que levarei para o resto da minha vida. E aos demais professores do DACOC, cujos ensinamentos também foram fundamentais para minha formação profissional.

Aos amigos de Campo Mourão, que compartilharam comigo momentos bons e ruins, formaram grupos de estudos, de lazer e de jantas, vocês farão falta. Aos amigos de outras cidades, Guararapes, Ribeirão Preto, Maringá e Dourados, por terem permanecido as mesmas pessoas e comemorado comigo cada conquista.

Por fim, agradeço a todos que de certa forma colaboram para a realização deste sonho.

## RESUMO

Em decorrência do desenvolvimento econômico, da preocupação das indústrias com a sustentabilidade e da redução dos recursos naturais, o setor da construção civil busca por métodos e materiais com características que possam suprir tais demandas e atender aos quesitos de conforto, segurança e qualidade exigidos pelos usuários. Este trabalho traz o poliestireno expandido (EPS) como alternativa para construção civil, por ser totalmente reciclável, ser um dos resíduos mais gerados na obra, flexível, podendo assumir diferentes formas compatíveis ao projeto arquitetônico e possuir propriedades que garantem segurança, resistência e um excelente desempenho térmico e acústico, além de ser o principal material para o desenvolvimento de quatro sistemas inovadores. Ainda, através de pesquisas bibliográficas, foi possível descrever as etapas e técnicas construtivas de cada um dos métodos de EPS.

**Palavras-chave:** Poliestireno Expandido. Sustentabilidade. Sistemas Inovadores. Etapas e Técnicas Construtivas.

## **ABSTRACT**

As a result of the economic development, the concern of industries with sustainability and the reduction of natural resources, the civil construction sector seeks methods and materials with characteristics that can meet these demands and meet the requirements of comfort, safety and quality demanded by users. This work brings expanded polystyrene (EPS) as an alternative for civil construction, being totally recyclable, being one of the most generated residues in the work, flexible, being able to assume different forms compatible with the architectural project and possess properties that guarantee safety, resistance and an excellent thermal and acoustic performance, as well as being the main material for the development of four innovative systems. Also, through bibliographical research, it was possible to describe the stages and constructive techniques of each of the EPS methods.

**Keywords:** Expanded polystyrene. Sustainability. Innovative Systems. Stages and Constructive Techniques.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – EPS em diversas granulometrias .....	17
Figura 2 – Painel simples de EPS .....	20
Figura 3 – Painel duplo de EPS .....	20
Figura 4 - adição de armaduras uni e bidireiconais .....	21
Figura 5 - Painel escada de EPS .....	21
Figura 6 - Painéis com material isolane e com armadura dupla .....	21
Figura 7 - Fundação do tipo laje radier .....	22
Figura 8 - Tipos de reforços com malha de aço .....	23
Figura 9 - Fixação e escoramento das placas de EPS .....	23
Figura 10 – Divisórias e unição das malhas de aço .....	23
Figura 11 - Montagem e abertura de fendas nos painéis de EPS .....	24
Figura 12 - Corte da tela metálica e passagem da tubulação sob a malha de aço .....	24
Figura 13 - Finalização das instalações e detalhe do caixilho .....	24
Figura 14 - Jateamento de concreto e sarrafeamento .....	25
Figura 15 - Revestimento externo com aspecto de alvenaria convencional .....	25
Figura 16 - Esquematização da laje em EPS e escoramento da mesma .....	26
Figura 17 - Instalação da laje e madeiramento na cobertura .....	26
Figura 18 - Antes e depois da obra de Iporanga/SP – parte da escada .....	27
Figura 19 - Antes e depois da obra de Iporanga/SP - parte externa .....	27
Figura 20 - Antes e depois da obra de Iporanga/SP - área de lazer .....	27
Figura 21 - Revestimento interno e fachada da obra de Iporanga/SP .....	27
Figura 22 - Antes e depois da obra de Jarinu/SP - sala de estar .....	28
Figura 23 - Antes e depois da obra de Jarinu/SP - fachada .....	28
Figura 24 - Antes e depois da obra de Aldeia da Serra/SP - fachada lateral .....	28
Figura 25 - Tipos de ligações e vista interior do Sistema ICF .....	29
Figura 26 - Fundação do tipo laje radier com esperas de aço e viga baldrame .....	30
Figura 27 - Encaixe dos blocos de EPS .....	31
Figura 28 - Disposição das armaduras no interior dos blocos de EPS .....	31
Figura 29 - Concretagem das paredes de EPS e instalação dos aprumadores .....	31
Figura 30 - Abertura de esquadrias e impermeabilização .....	32
Figura 31 - Laje do tipo painel e cobertura metálica .....	32
Figura 32 - Corte do bloco e passagem da tubulação .....	33
Figura 33 - Revestimento 1ª e 2ª demão .....	33

Figura 34 - - Antes e depois de casa geminada em Bocaina/SP.....	34
Figura 35 - Antes e depois da igreja em Rio Claro/SP.....	34
Figura 36 - Antes e depois de obra em Barueri/SP.....	34
Figura 37 - Acabamento em porcelanato.....	34
Figura 38 - Execução da obra.....	35
Figura 39 - Painel Murifort.....	35
Figura 40 - Painel Muritec.....	36
Figura 41 - Fixação de perfis de aço à laje radier.....	36
Figura 42 - Esquematização da montagem dos painéis.....	37
Figura 43 - Detalhe de encaixe dos painéis com perfis de aço.....	37
Figura 44 - Montagem e detalhe da fixação entre os painéis.....	37
Figura 45 - Esquematização das instalações elétricas e hidráulicas.....	38
Figura 46 - Cobertura metálica em obra de hospital.....	38
Figura 47 - Tratamento das juntas e aplicação de massa cimentícia.....	39
Figura 48 - Revestimento interno.....	39
Figura 49 - Antes e depois de casa com Sistema Muriform.....	39
Figura 50 - - Casas no Canadá e EUA com Sistema Muriform.....	40
Figura 51 - Casa em Minas Gerais e Rio Grande do Sul.....	40
Figura 52 - Diferentes tipos de painéis laje.....	41
Figura 53 - Fundação com esperas de aço.....	41
Figura 54 - Painéis de vedação com adição de armaduras.....	42
Figura 55 - Escoramento dos painéis.....	42
Figura 56 - Montagem da laje com inserção de malhas de aço.....	43
Figura 57 - Concretagem de paredes e laje.....	43
Figura 58 - Passagem das tubulações.....	44
Figura 59 - Revestimento sobre EPS - conjuntos habitacionais.....	44
Figura 60 - Obra no interior de Minas Gerais construída com Sistema Thermodul.....	45



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>2 OBJETIVOS .....</b>	<b>10</b>
<b>2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>10</b>
<b>2.2 Objetivos Específicos .....</b>	<b>10</b>
<b>3 JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>11</b>
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>12</b>
<b>5 O POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO MATERIAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....</b>	<b>13</b>
<b>5.1 Poliestireno Expandido .....</b>	<b>13</b>
<b>5.2 Processo de Reciclagem do Poliestireno Expandido.....</b>	<b>14</b>
<b>5.3 Normas para Construções com EPS .....</b>	<b>14</b>
<b>5.4 Parâmetros de Escolha de Métodos Construtivos em EPS.....</b>	<b>15</b>
5.4.1 Sustentabilidade na construção civil.....	15
5.4.2 Propriedades do EPS .....	16
5.4.3 Utilização do EPS na Construção Civil.....	17
5.4.3.1 Vantagens .....	17
5.4.3.2 Desvantagens.....	18
<b>5.5 Tipos de Métodos Construtivos Inovadores em EPS e suas Características .....</b>	<b>19</b>
5.5.1 Sistemas de Painéis Monolíticos .....	19
5.5.2 Sistema <i>Insulated Concrete Forms</i> (ICF).....	28
5.5.3 Sistema Muriform.....	35
5.5.4 Sistema Thermodul.....	40
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO .....</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

As atividades humanas impactam diretamente o meio ambiente, degradando, poluindo e esgotando as áreas que sofrem com a influência da ação antrópica. Por conta disso, os debates em torno da questão ambiental ganharam expressa legitimidade social, a ponto de se tornar objeto de reflexão das organizações, que passaram a repensar suas práticas de produção e a formular políticas de gestão ambiental, agregando, assim, valor econômico, legal e ambiental, tanto para empresa quanto para sociedade (CHAGAS; et al., 2011).

O presente trabalho foi motivado pelo estudo da literatura a respeito da utilização do poliestireno expandido como material para construção civil, por apresentar boa capacidade de isolamento termo acústico e baixa densidade, o que reduz os gastos anuais com energia elétrica gerados por aparelhos de refrigeração, como ar condicionado. Porém, a utilização de EPS fica restrita em função da falta de informação e de investimento em pesquisas para comprovar a viabilidade técnica de aplicação deste material na construção civil (TESSARI, 2006).

Portanto, tendo em vista a busca de desenvolvimento sustentável, melhoria nas condições de habitabilidade nas edificações, aplicação e disseminação de informações sobre as novas tecnologias empregadas na indústria construtiva e o grande volume de resíduos de EPS gerado por esta, é o que instigou o estudo acerca das inúmeras possibilidades de aplicação do poliestireno expandido na indústria da construção civil, tanto para vedações internas quanto externas. Por meio deste trabalho, foi possível analisar diferentes métodos construtivos empregados atualmente com poliestireno expandido e conhecer suas respectivas etapas de construção.

## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Estudar o processo construtivo de habitações comerciais e residenciais com Poliestireno Expandido (EPS), a fim de verificar sua eficiência concomitantemente ao atendimento do aspecto de desempenho.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Contextualizar o aspecto sustentável do EPS como sistema construtivo;
- Sistematizar informações sobre obras brasileiras com uso de EPS;
- Pesquisar as propriedades e desempenho do EPS como material de construção civil;
- Estudar os parâmetros pertinentes ao processo construtivo com EPS: métodos e detalhes construtivos, projeto e normalização.

### 3 JUSTIFICATIVA

Tendo em vista a necessidade de utilização de materiais não poluidores e renováveis, com características e propriedades compatíveis e viáveis para uma obra limpa, que garanta durabilidade, conforto e segurança ao seu usuário, o presente estudo analisou as especificidades de utilização do EPS. Material este que apresenta, dentre suas inúmeras vantagens, agilidade na execução, flexibilidade e respeito com o meio ambiente, tornando-o uma solução econômica para as habitações e de interesse competitivo ao *marketing* das empresas.

É através da inovação que se introduz efetivamente um novo produto, processo ou se aperfeiçoam os já existentes. Por tanto, a busca por novas tecnologias no mercado da construção civil tem como intuito o alcance da sustentabilidade atrelada ao aumento da produtividade e diminuição da mão de obra, ou seja, desenvolvimento de novos materiais com baixo impacto ambiental no canteiro de obras.

Deste modo, a presente pesquisa, visa destacar as principais características do EPS, sua adaptação e uso como método construtivo frente à industrialização, que exige cada vez mais, construções ecoeficientes e que atendam às necessidades humanas. Além de conhecer cada etapa da construção, desde a execução, utilização e demolição da obra.

#### **4 METODOLOGIA**

Este trabalho foi realizado por meio do levantamento bibliográfico referente ao uso de EPS nas construções, tanto para vedações internas quanto externas, abrangendo sistemas inovadores internacionais e nacionais com poliestireno expandido, com enfoque em técnicas construtivas brasileiras. Com auxílio de trabalhos e pesquisas, foi possível descrever as propriedades deste material e ressaltar seus benefícios.

A pesquisa se desenvolve de forma descritiva, partindo-se da contextualização dos requisitos de desempenho e identificação das interferências dos subsistemas, a fim de sistematizar suas etapas construtivas, avaliar as complexidades durante a implantação deste sistema não convencional e observar quais meios os investidores e associações utilizam para estimular a incorporação dessa prática sustentável.

## 5 O POLIESTIRENO EXPANDIDO COMO MATERIAL NA CONSTRUÇÃO CIVIL

### 5.1 Poliestireno Expandido

O setor da construção civil, bem como as empresas produtoras de materiais, exerce grande influência sobre o meio ambiente, por consumir elevada quantidade de recursos naturais não renováveis e descartar de maneira inadequada os resíduos provenientes dos processos de construção, utilização e demolição. Por conta disso, esse setor possui papel fundamental no cumprimento das metas de desenvolvimento sustentável e necessita de pesquisas relacionadas a técnicas construtivas que agridam menos o ecossistema e não comprometam o futuro das gerações vindouras (ROCHETA; FARINHA, 2007).

Face ao exposto, ao crescimento populacional e a grande dificuldade de controle de descarte dos polímeros, uma das soluções alternativas de consumo consciente de produtos foi o emprego de poliestireno (PS) nas construções. Este material tem atraído a atenção por ser de grande emprego nas indústrias e potencialmente poluidor, o que demandou diversos estudos acerca da melhor forma de utilização e destinação final do mesmo. Por meio de pesquisas, comprovou-se que a reciclagem é a melhor alternativa de destinação desses resíduos plásticos, uma vez que sua deposição em lixões acarreta em queima indevida e sem controle e, em aterros, dificulta a compactação do lixo e prejudica a decomposição dos materiais biologicamente degradáveis (TESSARI, 2006).

O poliestireno é pioneiro entre os termoplásticos com produção comercial iniciada em 1930 pela *IG Farbenindustrie*, na Alemanha; já nos Estados Unidos, o PS foi produzido em escala comercial, pela primeira vez, em 1938, pela *Dow Chemical Company* e, em 1949 foi a inauguração da primeira fábrica de poliestireno no Brasil, a *Bakol S. A.*, em São Paulo (JACQUES, 2012). Foi nesse mesmo ano (1949) que os químicos *Fritz Stastny* e *Karl Buchholz* descobriram o poliestireno expandido, também conhecido pela marca registrada ISOPOR. Segundo BNDES, o poliestireno pode ser encontrado comercialmente em três diferentes formas, a saber, poliestireno de propósito geral (GPPS), poliestireno expandido (EPS) e poliestireno de alto impacto (HIPS) (TESSARI, 2006).

O líder mundial na fabricação de EPS é a *Knauf Isopor* que chegou no Brasil em 1998 após a compra da *BASF Isopor*, que também tem plantas na Bélgica, Espanha e Coreia, e posteriormente, em 2012, com a compra da *Styrocorte*. Atualmente possui sete fábricas em território brasileiro, espalhadas em São Paulo, Santa Catarina, Amazonas, Rio Grande do Sul e Bahia. Além desta empresa, existem outras que se destacam no Brasil, como a *Dow*; Videolar

e Innova (JACQUES, 2012). Como a produção e consumo do isopor são mundiais, diversas associações foram criadas a fim de se estabelecer padrões e manter a qualidade do produto, dentre elas, ABRAPEX (Associação Brasileira dos Fabricantes de ISOPOR), AIPE (*Associazione Italiana Polisterolo Espanso*), ANAPE (*Asociación Nacional de Poliestireno Expandido*), EUMEPS (*European Manufacturers of Expanded Polystyrene*), INEPSA (*International EPS Alliance*) e JEPSRA (*Japan EPS Recycling Association*) (ALBIQUIM, 2014).

## **5.2 Processo de Reciclagem do Poliestireno Expandido**

O EPS não é biodegradável, não se desintegra, não desaparece no ambiente e não contém gás CFC em sua composição, tais características permitem que o EPS não contamine quimicamente o solo, a água ou o ar. É um material 100% reaproveitável e reciclável, porém sem esta destinação correta, torna-se um potencial poluidor, devido sua baixa densidade, elevado volume e durabilidade infinita (YAMASHITA; et al., 2012).

O processo de reciclagem do EPS é dividido em etapas que consistem em coleta e separação dos resíduos, logística de transporte, processo de beneficiamento dos resíduos e reciclagem, comercialização e produtos reciclados de isopor pós consumo (ALBIQUIM, 2014). Para isso, utiliza-se a máquina compactadora de EPS, que funciona como uma extrusora de plástico, retirando os gases presente no isopor, reduzindo assim, seu volume. Este equipamento também tritura e eleva a temperatura do poliestireno, acima de seu ponto de fusão, de forma a expelir o ar e prensar o fluido formando tarugos que servem de matéria prima para diversas empresas (MARTINS, 2013).

Após o processo de reciclagem, os rejeitos de EPS podem ser processados para serem novamente moldados em forma de blocos, injetados para formar peças para embalagens, usados como substratos para melhoria do solo, reutilizados na construção civil ou até gerar energia elétrica ou calorífica por combustão direta, além de serem aplicados como complemento em moldes de peças injetadas ou na indústria da fundição (CHAGAS; et al., 2011).

## **5.3 Normas para Construções com EPS**

As normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) exigidas em construções que utilizam poliestireno expandido e que devem satisfazer aos usuários e atender

aos requisitos de desempenho esperados de um sistema construtivo são as citadas abaixo, que circunscrevem segurança; habitabilidade; durabilidade e estanqueidade à água (REIS, 2015).

- NBR 7973:2007 – Determinação de absorção de água;
- NBR 8081:2015 – Permeabilidade ao vapor d'água;
- NBR 8082:2016 – Resistência à compressão;
- NBR 10152:2000 – Níveis de ruído para conforto acústico;
- NBR 10411:1988 - Inspeção e amostragem de isolantes térmicos;
- NBR 11752:2007 – Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e câmaras frigoríficas;
- NBR 11948:2007 – Ensaio de flamabilidade;
- NBR 11949:2007 – Determinação da massa específica aparente;
- NBR 12094:1991 – Determinação da condutividade térmica;
- NBR 15575:2013 – Desempenho estrutural.

Além dessas, há também normas internacionais que contemplam e asseguram o uso adequado do EPS, podendo ser citadas a ASTM C – 203 que é a norma para método de ensaio de resistência à flexão e propriedades de isolamento térmico do tipo de bloco e a EN 13162 até a EN 13171 que são as normas que especificam as exigências dos produtos em EPS, com ou sem recobrimentos ou revestimentos, para isolamento térmico de edifícios (REIS, 2015).

## **5.4 Parâmetros de Escolha de Métodos Construtivos em EPS**

### **5.4.1 Sustentabilidade na construção civil**

O termo sustentabilidade é utilizado para definir ações e atividades que visam suprir as necessidades do presente sem comprometer o futuro das novas gerações, sendo esta, baseada no tripé: economicamente viável, socialmente justo e ambientalmente consciente (ANTÔNIO; et al., 2014). Ainda, o Conselho Internacional para Pesquisa e Inovação em Construção (CIB) também define a construção sustentável como “o processo holístico para estabelecer e manter a harmonia entre os ambientes natural e construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” (CORRÊA, 2009).

Por conta da construção civil ser responsável por uma grande porcentagem de degradação do meio ambiente, que pode comprometer o futuro das gerações vindouras, a Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura – AsBEA, juntamente com o Conselho



Brasileiro de Construção Sustentável – CBCS e outras instituições, incentivam o aproveitamento de fatores naturais como luz e ventilação, a fim de substituir equipamentos advindos da energia elétrica e de tecnologias de aquecimento e resfriamento artificiais (CORRÊA, 2009). De acordo com Cunha e Siqueira (2013), para que seja considerada sustentável, uma construção deve empregar tecnologias modernas, que além de atenderem as necessidades dos usuários, também evitem a geração de problemas socioambientais, fazendo uso de materiais e de soluções tecnológicas e inteligentes para promover o bom uso e a economia de recursos naturais finitos, a redução da geração de resíduos e o conforto de seus usuários.

Qualidade, custo e tempo são os fatores que sempre influenciaram a construção civil, porém agora, com o conceito de sustentabilidade, foram criados selos e certificados ecológicos que agregam valor às obras de engenharia e tornam o mercado mais competitivo e consciente. Dentre estes, pode-se citar o Selo Caixa Azul, da Caixa Econômica Federal que verifica a qualidade urbana, projeto e conforto, eficiência energética, conservação de recursos materiais, gestão da água e as práticas sociais; a Certificação Leed (*Leadership in Energy and Environmental Design*) que avalia o espaço sustentável, a eficiência do uso da água, a energia e atmosfera, os materiais e recursos, a qualidade ambiental interna, a inovação e processo e os créditos de prioridade regional; a Certificação AQUA – HQE (Alta Qualidade Ambiental) que é concedido com base em auditorias presenciais nas quais se estabelece e controla o projeto em todas suas fases (programa; concepção do projeto; realização da obra e o uso); o Selo Procel Edifica (Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações) que verifica a envoltória, iluminação, condicionamento de ar e o sistema de aquecimento de água e a Certificação FSC Brasil (*Forest Stewardship Council*) que incentiva a compra de materiais e produtos à base de madeira proveniente de manejo responsável das florestas (THOMÉ, 2016).

Dessa forma, fica explícita a necessidade de mudanças de hábitos nas empresas públicas e privadas, criando e reformulando estratégias que permitam uma convivência mais ética e de repercussão positiva, diminuindo os impactos negativos de qualquer natureza. Além da construtora ser responsabilizada por todo o ciclo de vida do empreendimento, desde sua concepção até sua re-qualificação e demolição (JACOB, 2003).

#### 5.4.2 Propriedades do EPS

O EPS é um produto comercial brasileiro pertencente ao grupo dos termoplásticos, segundo a classificação da norma ISO – 1043/78. É um material rígido, advindo da

polimerização do derivado de petróleo (estireno) em água, no qual seu produto final são pérolas de aproximadamente três milímetros de diâmetro, que apresentam em seu volume até 98% de ar e 2% de poliestireno (SIAS, 2006). Estas, podem aumentar em até 50 vezes o seu tamanho, como ilustrado na Figura 1 e, através da fusão, modelar-se a diversas formas.

**Figura 1 – EPS em diversas granulometrias**



**Fonte: ALVES (2005)**

Por conta dessa facilidade de manuseio e a industrialização da construção civil, o EPS tem-se mostrado importante em todos os setores da mesma, podendo, também, ser utilizado como embalagens industriais, artigos de consumo, materiais para construção civil, isolante térmico e aplicados em processos de fundição de blocos de motores na indústria automobilística (SILVEIRA; et al., 1998; YAMASHITA; et al., 2012).

#### 5.4.3 Utilização do EPS na Construção Civil

##### 5.4.3.1 Vantagens

Por conta das suas propriedades químicas e físicas e da possibilidade de reciclagem do material, o EPS tem-se mostrado como solução para a construção civil moderna, que além de não agredir o meio ambiente, apresenta processo de produção racionalizado, limpo e ágil (REIS, 2015). Destaca-se ainda por contribuir com a diminuição de gastos de energia, podendo até suprir a utilização de equipamentos condicionadores de ar; evitar doenças causadas pela formação de umidade e bolor; facilitar reformas em paredes já construídas; permitir ampliações na construção; consumir menor ferragem na fundação; prolongar a vida útil das estruturas, uma vez que seu peso é distribuído uniformemente pelo bloco monolítico; ser um material retardante à chama, classificado como classe F, segundo Tabela 1 e, como citado anteriormente,

proporcionar conforto térmico e acústico (AMIANTE, 2005).

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

Propriedades	Mét. de Ensaio	Unidade	Classe P			Classe F		
			I	II	III	I	II	III
<b>Tipo de Material</b>								
Massa específica aparente	NBR 11949	Kg/m <sup>3</sup>	13-16	16-20	20-25	13-16	16-20	20-25
Resistência à comp. com 10% de deformação	NBR 8082	KPa	≥ 60	≥ 70	≥ 100	≥ 60	≥ 70	≥ 100
Absorção de água	NBR 7973	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 condut. térmica a 23°C	NBR 12904	X/(m.k)	0,042	0,039	0,037	0,042	0,039	0,037
Resistência à flexão	ASTM C- 203	KPa	≥ 150	≥ 190	≥ 240	≥ 150	≥ 190	≥ 240
Flamabilidade	NBR 1948		Material NÃO retardante à chama			Material retardante à chama		

Fonte: AMIANTE (2005)

Outro fator que enfatiza a vantagem da utilização do poliestireno expandido é o que Klein chama pelo trinômio custo-prazo-qualidade, pois ao final da obra é possível observar a redução no custo e no prazo de entrega da mesma, devido a facilidade na montagem das construções, no manuseio das placas e na fixação das tubulações nestas; além da qualidade ser garantida por ensaios de desempenho realizados nas fundações, fachadas, divisórias internas, pisos e coberturas (KLEIN; et al, 2004). É um exemplo de sistema inovador ecoeficiente que pode adequar-se a diversos projetos arquitetônicos, desde o mais simples ao mais complexo (GARCIA; et al, 2013).

Além desse avanço proporcionado pela construção industrial, o uso do EPS também surgiu como solução econômica para habitações, agregando para seus usuários segurança, conforto e durabilidade, sendo possível financiar, desde 18 de dezembro de 2000, moradias não convencionais pela Caixa Econômica Federal através do Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade da Construção Habitacional (PBQP da habitação), contribuindo assim, para a redução do déficit habitacional no Brasil (KLEIN; et al, 2004).

#### 5.4.3.2 Desvantagens

Apesar de apresentar inúmeras vantagens, os processos construtivos que utilizam poliestireno expandido ainda requerem mais pesquisas e estudos para se estabelecer e desenvolver critérios de avaliação de desempenho, o que demanda elevado número de especialistas e experimentos. Outra desvantagem está relacionada com a cultura e a economia

local, que ainda não se adaptaram às novas técnicas de construção e possuem certa resistência em aderirem a mesma (FERREIRA, 2000).

## **5.5 Tipos de Métodos Construtivos Inovadores em EPS e suas Características**

### **5.5.1 Sistemas de Painéis Monolíticos**

Este sistema construtivo foi desenvolvido no início dos anos oitenta, na Itália, pela *Monolite* e sua tecnologia trazida para o Brasil na década de noventa. É um sistema construtivo composto por placas de poliestireno expandido, reforçados por malhas de aço eletro soldadas, as quais possuem produção industrial, recebendo revestimento final em concreto e/ou argamassa aplicados nas obras, onde se concluem as etapas construtivas (BERTOLDI, 2007). Definido como método de construção antissísmica, isolante térmico e acústico com o qual é possível realizar-se edifícios de vários pavimentos sem a necessidade de vigas ou colunas e projetos arquitetônicos do mais simples aos mais sofisticados (SOUZA, 2009).

Os tipos de painéis de EPS fabricados são encontrados nas formas onduladas, retangulares ou duplas, dependendo da especificação da obra e denominados por:

- Painel paredes divisórias;
- Painel simples;
- Painel duplo;
- Painel piso;
- Painel escada;
- Painel especial.

O Painel Parede Divisória é um tipo de painel simples aplicado em construções de até quatro pavimentos, com estrutura portante e aplicação de argamassa estrutural sobre ambas as faces. Pode ser utilizado como fechamento vertical em fachadas exteriores e paredes internas (divisórias) em edifícios industriais e comerciais de grandes dimensões.

Já o Painel Simples, Figura 2, é empregado em obras já concluídas, nas paredes externas ou internas como painel isolante. Sua utilização proporciona maior conforto e melhor desempenho energético e econômico aos usuários.

**Figura 2 – Painel simples de EPS**

**Fonte: MONOLITE (2013)**

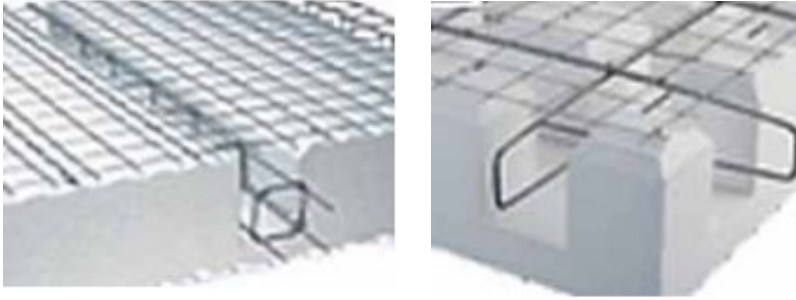
O Painel Duplo, Figura 3, é constituído por dois painéis simples, separados um do outro, de acordo com a necessidade estrutural, unidos por meio de conectores de aço de alta resistência, entre os quais se pode colocar armadura adicional, caso seja necessário e, efetuar o preenchimento de seu interior com concreto, materializando, assim, uma estrutura que permite executar construções de vários pavimentos. Este painel foi desenvolvido para a construção de paredes portantes de contenção, inclusive para piscinas.

**Figura 3 – Painel duplo de EPS**

**Fonte: MONOLITE (2013)**

O Painel Piso, Figuras 4, permite integrar barras de aço adicionais (armaduras uni ou bidirecionais) em espaços predispostos por caneletas, utilizado em coberturas de tetos e lajes de entre pisos.

**Figura 4 - adição de armaduras uni e bidireiconais**



Fonte: EMEDEU (2006)

No Painel Escada, Figura 5, são colocadas armaduras adicionais nos túneis existentes, podendo ser utilizado em escadas com até seis metros de vão livre.

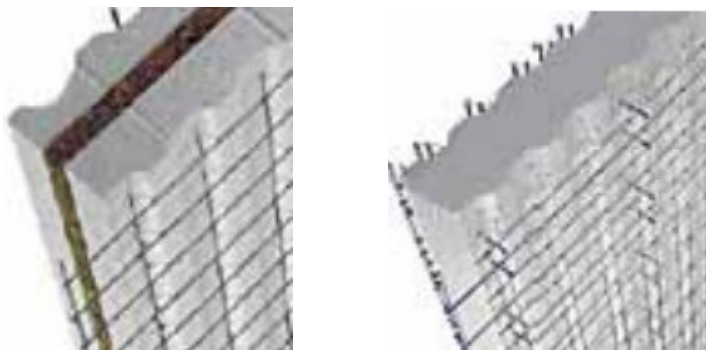
**Figura 5 - Painel escada de EPS**



Fonte: MONOLITE (2013)

Já no Painel Especial, Figura 6, há a inserção de materiais isolantes, como cortiça e lã de rocha, no EPS para aumentar a sua capacidade de isolamento térmico e acústico, além de também ser possível a aplicação de armadura dupla eletro soldada em cada face do EPS, para que o mesmo resista às pressões horizontais.

**Figura 6 - Painéis com material isolante e com armadura dupla**



Fonte: EMEDEU (2006)

As etapas construtivas desse sistema inovador são parecidas com as do método convencional, porém apresentam layout da obra mais limpo e organizado, maior rapidez na execução de cada etapa e redução dos resíduos. A seguir, tem-se a esquematização, em ordem cronológica, das atividades presentes no Sistema Monolítico.

- Infraestrutura

Neste item estão inclusos a limpeza do terreno, locação da obra, escavações ou aterro dependendo do perfil topográfico do local e a fundação. Para este sistema, é comum o uso de fundações do tipo laje radier, Figura 7, mas também é possível usar sapata corrida ou fundações especiais. As tubulações de esgoto são instaladas antes da concretagem do contra piso, seguindo a especificação do projeto e, em seguida, aterrado e nivelado o solo para lançamento do concreto (MONOLITE, 2010).

**Figura 7 - Fundação do tipo laje radier**



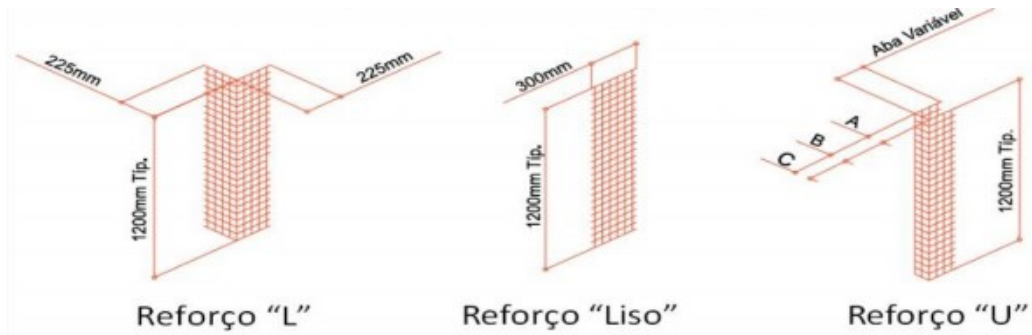
Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)

- Superestrutura

Os painéis são fixados, já com as devidas aberturas de esquadrias, nos arranques previamente colocados na base e, com o auxílio do grampeador, as malhas entre os painéis são unidas, formando uma única estrutura. Após a montagem de todos os painéis e a disposição das escoras, que são utilizadas para manter a verticalidade das placas de EPS, os cantos são reforçados, dessa forma é possível encontrar três tipos de reforços, Figura 8, de acordo com cada situação (ALVES, 2015). A saber:



**Figura 8 - Tipos de reforços com malha de aço**



Fonte: ALVES (2015)

O reforço “L”, que é indicado para aplicação em todo o contorno das paredes perpendiculares; o reforço “liso”, que é utilizado para reforçar as aberturas de portas e janelas e recortes para passagem de tubulações hidráulicas e elétricas e o reforço “U”, que é aplicado em todo o perímetro das aberturas a fim de evitar que o revestimento dos painéis seja aplicado diretamente no EPS (ALVES, 2015), Figura 9 e Figura 10.

**Figura 9 - Fixação e escoramento das placas de EPS**



Fonte: MONOLITE (2010)



**Figura 10 – Divisórias e união das malhas de aço**



Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)





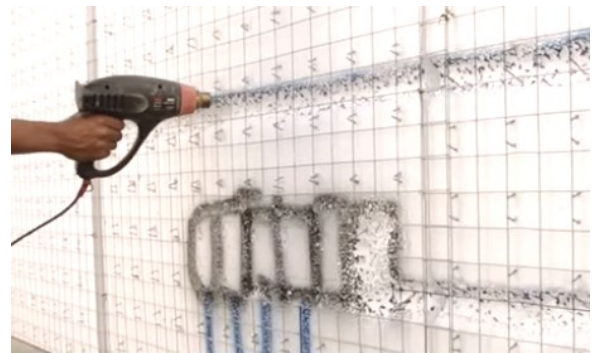
- Instalações Elétricas, Telefônicas e Hidráulicas

Nesta etapa, os locais que receberão as tubulações são primeiramente marcados com spray colorido e, com auxílio de um gerador de ar quente, são abertas fendas por onde esta tubulação irá passar. Os tubos devem ficar sob a malha de aço eletro soldada e, caso seja necessário cortar parte da malha dos painéis para melhor instalação das tubulações, corta-se e coloca-se malha de reforço no local. Após todas as instalações, elétricas, telefônicas e hidráulicas, pode-se iniciar o argamassamento (MONOLITE, 2010). Figuras 11 a 13.

**Figura 11 - Montagem e abertura de fendas nos painéis de EPS**



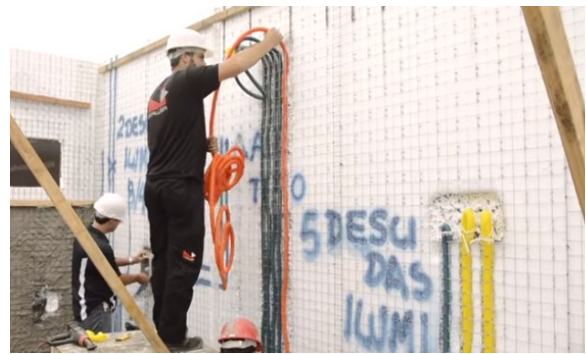
Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)



**Figura 12 - Corte da tela metálica e passagem da tubulação sob a malha de aço**



Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)



**Figura 13 - Finalização das instalações e detalhe do caixilho**



Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)



- Revestimento

Após a instalação de todas as tubulações, ocorre o revestimento dos painéis Monolite através da projeção de micro concreto sobre estes. Nesta etapa, o argamassamento é realizado em duas camadas. Na primeira, há o preenchimento da superfície de EPS até facear com a malha de aço e, após a cura total desta camada, os batentes e caixilhos são fixados, nivelados e aprumados, além de receberem uma proteção a fim de evitar danos devido à projeção da segunda camada. Nesta última, o revestimento procede-se da mesma forma que na primeira, porém projeta-se o concreto até que a espessura indicada em projeto seja atingida (MONOLITE, 2010). Figura 14 e Figura 15.

Assim como em construções com alvenaria convencional, neste sistema as áreas molhadas são feitas com argamassa industrializada, podendo receber impermeabilização e as áreas secas com gesso ou massa corrida, quando a especificação for de acabamento fino (MONOLITE, 2010).

**Figura 14 - Jateamento de concreto e sarrafeamento**



Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)



**Figura 15 - Revestimento externo com aspecto de alvenaria convencional**



Fonte: MONOLITE (2013)





- Cobertura

No sistema Monolítico, os painéis de cobertura podem receber as telhas diretamente sobre o concreto desempenado e em processo de cura, sem a necessidade de madeiramento para sustentação (MONOLITE, 2010), mas também é possível fazer a cobertura de forma tradicional, com terças, caibros e ripas (MONOFORTE, 2011). Figura 16 e Figura 17.

**Figura 16 - Esquemática da laje em EPS e escoramento da mesma**



Fonte: MONOFORTE (2011)

**Figura 17 - Instalação da laje e madeiramento na cobertura**



Fonte: MONOFORTE (2011)

- Acabamento

Assim como no revestimento, azulejos, pisos cerâmicos e pinturas podem ser realizadas por processos convencionais. O aspecto final desta obra é semelhante ao de alvenaria tradicional, porém com melhor conforto, menor tempo de construção e maior custo e qualidade estrutural (MONOLITE, 2010). Figuras 18 a 25.

**Figura 18 - Antes e depois da obra de Iporanga/SP – parte da escada**



Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)



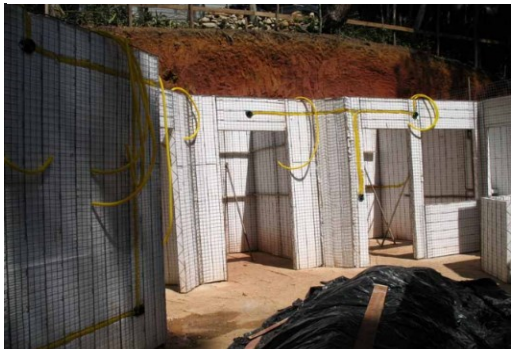
**Figura 19 - Antes e depois da obra de Iporanga/SP - parte externa**



Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)



**Figura 20 - Antes e depois da obra de Iporanga/SP - área de lazer**



Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)



**Figura 21 - Revestimento interno e fachada da obra de Iporanga/SP**

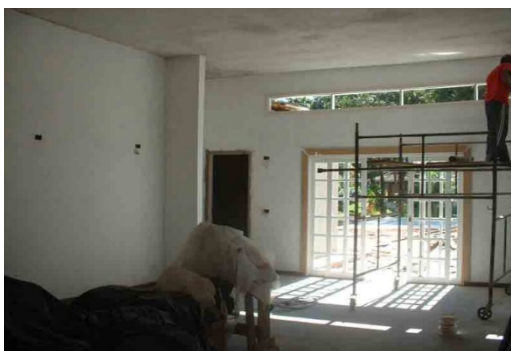


Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)

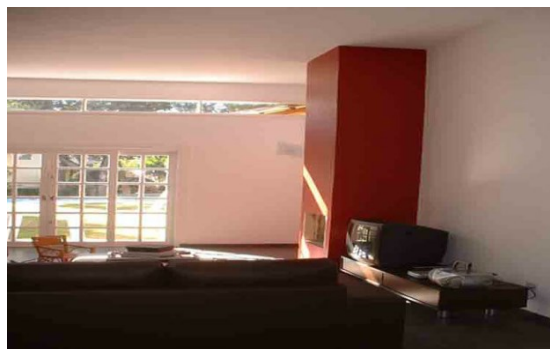




**Figura 22 - Antes e depois da obra de Jarinu/SP - sala de estar**



Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)



**Figura 23 - Antes e depois da obra de Jarinu/SP - fachada**



Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)



**Figura 24 - Antes e depois da obra de Aldeia da Serra/SP - fachada lateral**



Fonte: LCPCONSTRUÇÕES (2005)

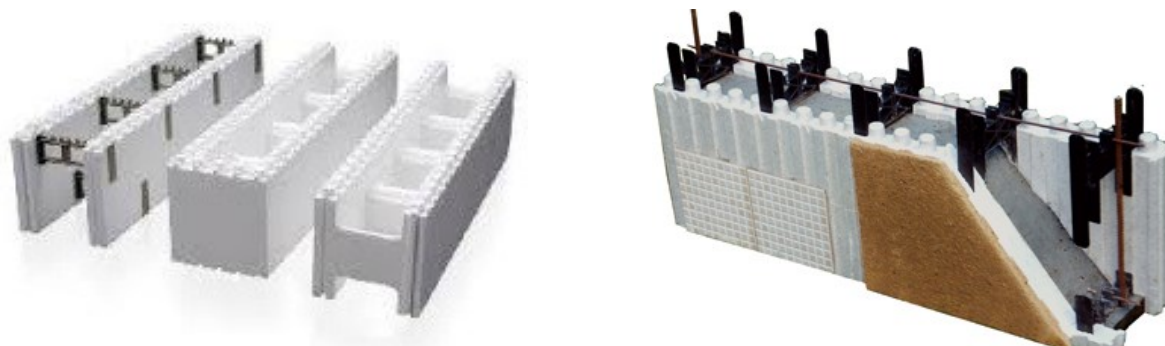


### 5.5.2 Sistema *Insulated Concrete Forms* (ICF)

Este sistema, também conhecido por “*In Concreto*”, foi desenvolvido na Alemanha, no início dos anos cinquenta e disseminado para os Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Portugal, França, Espanha e Brasil e funciona como um “lego gigante”, no qual as placas paralelas de poliestireno expandido são unidas por ligações de aço, plástico ou teia integrante

do mesmo material isolante e preenchidas por concreto armado (GONÇALVES, 2013), como ilustrado na Figura 25.

**Figura 25 - Tipos de ligações e vista interior do Sistema ICF**



**Fonte: ISOCRET (2010)**

Assim como um imóvel de alvenaria comum, o Sistema ICF pode receber qualquer tipo de acabamento, porém com destaque para o elevado isolamento térmico e acústico, segurança contra incêndio e aumento da resistência estrutural (TEC DREAM, 2017). Além disso, o ICF possui certificação LEED, *Green Building Council*, PROCEL e INMETRO e não é pré-fabricado (ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2016).

Neste sistema há três modelos de ICFs, diferenciados entre si pela espessura do núcleo de concreto armado no interior da parede. Estes modelos são (ASSOCIATION, 2012):

- “*Post & Beam*” ou “*Screen Grid*” (1ª geração) – forma colunas verticais e horizontais de concreto. As áreas dentro da grade são de isolamento sólido.
- “*Waffle Grid*” (2ª geração) – cria nervuras, o que acarreta maior espessura de concreto em alguns locais.
- “*Flat*” (3ª geração) – o concreto apresenta a mesma espessura em toda a área da parede. Aconselhável em zonas de forte intensidade sísmica ou condições meteorológicas agravadas.

Além das vantagens citadas acima, no sistema ICF não ocorre patologia do tipo fissura na parte estrutural, devido a presença das paredes de EPS que absorvem o impacto da trabalhabilidade do núcleo de concreto armado, porém esta patologia poderá ser vista na parte de acabamento, se houver retração térmica dos materiais que compõem a argamassa (cal, cimento, areia, água e aditivos) (ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2016).

As etapas da construção neste sistema, descritas abaixo, são minimizadas e os processos logísticos simplificados, fazendo com que a construção se torne viável, desde obras de conjuntos habitacionais a obras particulares e galpões.

- Infraestrutura

Após limpeza do terreno, escavação ou aterro quando necessário e locação da obra, já com a passagem das tubulações de esgoto, realiza-se a fundação, que em obras ICF são do tipo sapata corrida ou radier, sendo esta última a mais comum, e acrescenta-se esperas de aço ao longo de todo perímetro da base, a fim de manter a primeira fiada dos blocos alinhados (ISOCRET, 2010). Em algumas construções também são executadas vigas de fundação para evitar que o bloco fique em contato direto com a fundação. Figura 26.

**Figura 26 - Fundação do tipo laje radier com esperas de aço e viga baldrame**



Fonte: ISOCRET (2010)

- Superestrutura

Nesta etapa, começa-se a colocação dos blocos de EPS, iniciando pelos cantos e dando continuidade em direção ao centro de cada parede. A montagem de toda estrutura é facilitada por conta da forma desses blocos ser prática e precisa, pois possuem encaixes laterais capazes de alternar saliência e reentrância, o que gera intertravamento dos blocos, dispensando o uso de argamassa para união dos mesmos (INCONCRETO, 2010).

Conforme sobe-se as paredes, os varões de aço das armaduras longitudinais e transversais são encaixados nas aberturas presentes no interior de cada bloco e inicia-se o enchimento de todo perímetro dos blocos de ICF com concreto armado, fazendo a retirada das bolhas de ar com vibrador mecânico. Após a concretagem, o topo das paredes é nivelado e é dado prosseguimento à etapa (ISOCRET, 2010).

As aberturas de portas e janelas são realizadas com o auxílio de um serrote e faceadas por uma estrutura provisória de madeira, a fim de possibilitar a concretagem no interior das paredes. Ainda há a instalação de aprumadores, que são retirados após a cura do concreto, ao



longo da estrutura de vedação que asseguram a verticalidade e o alinhamento da mesma (ISOCRET, 2010). Figuras 27 a 30.

**Figura 27 - Encaixe dos blocos de EPS**



Fonte: ISOCRET (2010)



**Figura 28 - Disposição das armaduras no interior dos blocos de EPS**



Fonte: ISOCRET (2010)



**Figura 29 - Concretagem das paredes de EPS e instalação dos aprumadores**



Fonte: ISOCRET (2010)





**Figura 30 - Abertura de esquadrias e impermeabilização**



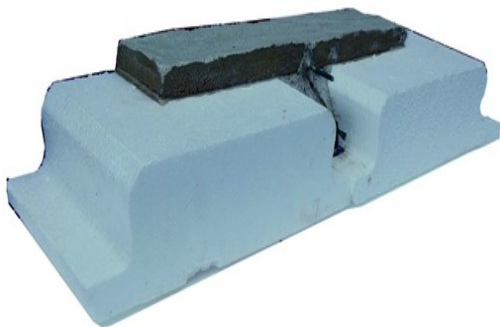
Fonte: ISOCRET (2010)



- Cobertura

Finalizada a etapa de estrutura e fechamento, inicia-se a de cobertura que pode ser composta por estrutura metálica ou de madeira e ter laje do tipo painel. A execução desta etapa é semelhante à do processo convencional (ISOCRET, 2010). Figura 31.

**Figura 31 - Laje do tipo painel e cobertura metálica**



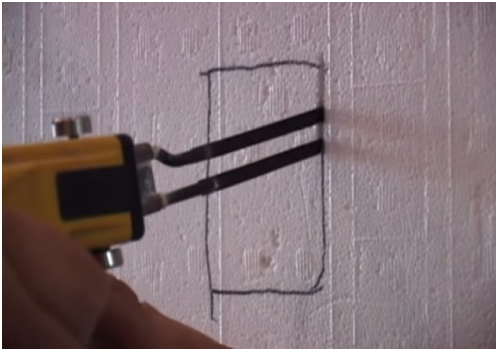
Fonte: ISOCRET (2010)



- Instalações Elétricas, Telefônicas e Hidráulicas

Assim como no sistema Monolítico, é necessário marcar com caneta colorida os locais que irão passar as tubulações, de acordo com a especificação do projeto e fundir parte do EPS para passagem de todas essas tubulações. Porém, neste sistema construtivo, utiliza-se serrote aquecido para executar a abertura dessas fendas (ISOCRET, 2010). Figura 32.

**Figura 32 - Corte do bloco e passagem da tubulação**



Fonte: ISOCRET (2010)

- Revestimento

Esta etapa é semelhante à de uma construção com alvenaria convencional, na qual as paredes são chapiscadas e rebocadas, geralmente com dois centímetros de espessura e com argamassa de cimento colante (ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE, 2016). Figura 33.

**Figura 33 - Revestimento 1º e 2º demão**



Fonte: ISOCRET (2010)

- Acabamento

Este sistema, por conter as faces dos blocos nervuradas, permite a aderência de diversos materiais de acabamento como tinta, azulejo e piso cerâmico. Por conta da espessura do reboco e com auxílio de buchas de fixação é possível pendurar quadros e peças leves nas paredes. Já para instalação de armários de cozinha, mezanino, escadas, prateleiras e redes de descanso é necessário que estes sejam chumbados diretamente no concreto (INCONCRETO, 2010). Figuras 34 a 37.

**Figura 34 - Antes e depois de casa geminada em Bocaina/SP**



Fonte: ISOCRET (2010)



**Figura 35 - Antes e depois da igreja em Rio Claro/SP**



Fonte: ISOCRET (2010)



**Figura 36 - Antes e depois de obra em Barueri/SP**



Fonte: ISOCRET (2010)



**Figura 37 - Acabamento em porcelanato**



Fonte: ISOCRET (2010)

### 5.5.3 Sistema Muriform

É uma tecnologia americana evoluída do sistema *Light Steel Frame*, constituída por estrutura metálica, painéis Murifort e painéis Muritec. Neste sistema, as instalações da estrutura e dos painéis são executadas simultaneamente na obra, como mostrado na Figura 38, não há necessidade de pilares e vigas e pode ser realizado com até quinze pavimentos (SUSTENTARQUI, 2014).

**Figura 38 - Execução da obra**



**Fonte: MURITEC (2015)**

Os painéis Murifort, Figura 39, são utilizados em paredes externas e internas, possuem núcleo de EPS auto extinguível, portanto não há propagação de chama, têm superfície cimentícia que permite a aplicação dos mesmos acabamentos utilizados na alvenaria tradicional, são leves, possuem certificações e selos verdes e a presença de dutos no painel facilitam as instalações (SUSTENTARQUI, 2014).

**Figura 39 - Painel Murifort**



**Fonte: MURITEC (2015)**

Já os painéis Muritec, também conhecidos por painéis Muriflex, Figura 40, são utilizados em forros, pisos e fechamento de pavilhões industriais, possuem certificações e selos



verdes e núcleo de EPS com duas placas cimentíceas, uma em cada face, formando um painel forte, resistente, flexível e leve (SUSTENTARQUI, 2014).

**Figura 40 - Painel Muritec**



**Fonte: MURITEC (2015)**

Este sistema vem conquistando espaço no Brasil devido a sua elevada resistência energética, impermeabilidade dos painéis que bloqueiam a proliferação de fungos que causam bolor e mofo, a não necessidade de uso de água, garantia de conforto térmico e acústico e agilidade da construção por conta de os painéis serem pré-moldados (MURITEC, 2015).

As etapas construtivas de obras desse sistema inovador, diferentemente do modelo tradicional e comum no Brasil, não utilizam água ao longo de todo seu processo de execução (MURITEC, 2015). O desenvolvimento de tais etapas está descrito a seguir.

- Infraestrutura

Nesta fase, são realizados serviços de limpeza do terreno, locação da obra, aterro ou escavação quando o terreno estiver em um aclave ou declive e executada e concretada a fundação do tipo laje radier, já com a passagem das tubulações de esgoto. Fixa-se ainda, na fundação, perfis de aço nos locais que serão montadas as paredes, a fim de dar sustentação as placas (MURITEC, 2015). Figura 41.

**Figura 41 - Fixação de perfis de aço à laje radier**

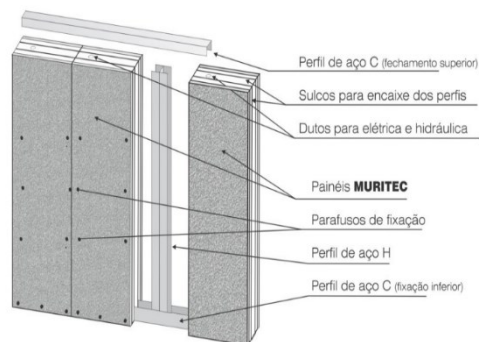


**Fonte: MURITEC (2015)**

- Superestrutura

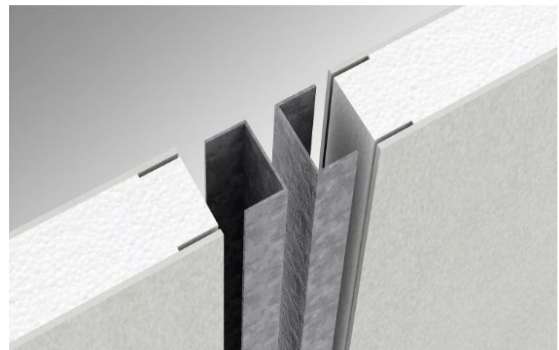
Após a etapa anterior, inicia-se a montagem dos painéis Murifort, encaixando cada um nos perfis existentes na base e nas laterais e parafusando uma placa na outra. As aberturas de portas e janelas já vêm de fábrica, conforme projeto apresentado à empresa (MURITEC, 2015), Figuras 42 a 44.

**Figura 42 - Esquemática da montagem dos painéis**



Fonte: MURITEC (2015)

**Figura 43 - Detalhe de encaixe dos painéis com perfis de aço**



Fonte: MURITEC (2015)

**Figura 44 - Montagem e detalhe da fixação entre os painéis**



Fonte: MURITEC (2015)

- Instalações Elétricas, Telefônicas e Hidráulicas

As tubulações hidráulicas e fiações elétricas passam pelo interior do núcleo de EPS, nos espaços que já vêm de fábrica nos painéis Murifort, destinados para esta finalidade. Portanto, essas instalações ocorrem de forma simples e rápida (MURITEC, 2015). Figura 45.

**Figura 45 - Esquematização das instalações elétricas e hidráulicas**



Fonte: MURITEC (2015)

- Cobertura

O sistema Muriform pode receber como cobertura estrutura de madeira ou de aço, sendo esta última a mais comum, por já apresentar perfis de aço ao longo das paredes externas e internas. E a laje é composta por placas cimentícias com núcleos de EPS conhecidas por painéis Muritec (MURITEC, 2015). Figura 46.

**Figura 46 - Cobertura metálica em obra de hospital**



Fonte: MURITEC (2015)

- Revestimento

Após a montagem dos painéis, instalação das tubulações e finalização da cobertura, é realizado o tratamento das juntas com tela metálica e massa cimentícia. Além disso, as construções recebem revestimento semelhante ao de alvenaria convencional, com chapisco,

emboço e reboco aplicados nas faces das placas cimentíceas. (MURITEC, 2015). Figura 47 e Figura 48.

**Figura 47 - Tratamento das juntas e aplicação de massa cimentícea**



Fonte: MURITEC (2015)



**Figura 48 - Revestimento interno**



Fonte: MURITEC (2015)

- Acabamento

Finalizada a etapa anterior, pode-se realizar a colocação de pisos cerâmicos, azulejos e pintura, sem a necessidade de materiais especiais (MURITEC, 2015). Figuras 49 a 51.

**Figura 49 - Antes e depois de casa com Sistema Muriform**



Fonte: MURITEC (2015)





**Figura 50 - Casas no Canadá e EUA com Sistema Muriform**



**Fonte: MURITEC (2015)**



**Figura 51 - Casa em Minas Gerais e Rio Grande do Sul**



**Fonte: MURITEC (2015)**



#### 5.5.4 Sistema Thermodul

Este sistema surgiu nos anos noventa com a fabricação de elementos de molde em EPS e Neopor para a vedação de paredes e de laje, Figura 52. Seu diferencial estão nas máquinas Thermodul System de produção móvel, que moldam a espessura e o comprimento dos elementos de acordo com o projeto e design; no transporte das peças, que podem chegar à construção completamente armados ou como componentes, que podem ser facilmente armados na obra e nas etapas construtivas, pois permitem a concretagem de paredes e teto simultaneamente (SIMPLESMENTE, 2013).

**Figura 52 - Diferentes tipos de painéis laje**



**Fonte: THERMODUL (2010)**



Por conta do núcleo de concreto armado e do acréscimo de reforços quando necessário, este sistema apresenta alta resistência à compressão, já o isolamento térmico e acústico ocorre devido aos painéis de EPS. O sistema Thermodul torna-se uma opção construtiva por apresentar todo processo de produção móvel e aplicável ao local (THERMODUL, 2010), como descrito nas etapas de construção a seguir.

- Infraestrutura

Semelhante aos sistemas anteriores, esta etapa consiste na limpeza do terreno, locação da obra, aterro ou escavação quando necessário, instalação das tubulações de esgoto e concretagem da fundação tipo laje radier, já com as esperas de aço para encaixe dos painéis de poliestireno expandido (THERMODUL, 2010). Figura 53.

**Figura 53 - Fundação com esperas de aço**



**Fonte: THERMODUL (2010)**

- Superestrutura

Os painéis que constituem o sistema Thermodul são fabricados com a altura de um pé direito normal, aproximadamente 3,20 metros, o que agiliza o processo de vedação e torna-se uma opção melhor em relação ao sistema de peças de “lego”. Além disso, as máquinas de produção dos dispositivos de corte e perfuração, garantem precisão na execução dos projetos e são compatíveis à qualquer design de arquitetura (THERMODUL, 2010).

Com este modo de construção é possível variar a espessura para preenchimento de concreto entre os painéis de EPS, sendo mais comum utilizar paredes externas com maior espessura (44 centímetros) e, paredes internas com espessura mais fina (30 centímetros). A fim de manter a verticalidade e o alinhamento da estrutura, são fixados apoios especiais ao longo dos painéis e inseridas armaduras no interior dos mesmos (THERMODUL, 2010). Figura 54 e Figura 55.

**Figura 54 - Painéis de vedação com adição de armaduras**



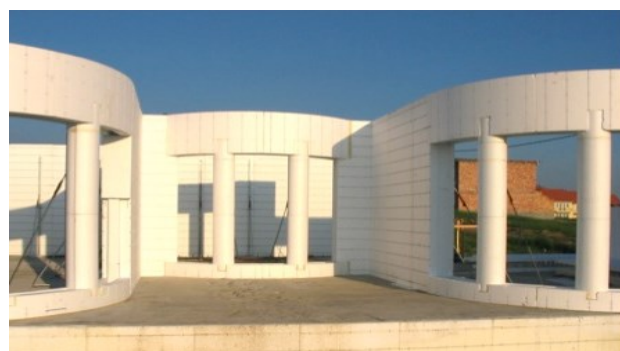
Fonte: THERMODUL (2010)



**Figura 55 - Escoramento dos painéis**



Fonte: THERMODUL (2010)





- Cobertura

Nesta etapa, os elementos de teto de poliestireno expandido são aplicados sobre as vigas de concreto armado, dispostas entre si por uma distância de dois metros, a fim de resistir à pressão e servir de revestimento e de isolante térmico. Após a execução da fundação, montagem das paredes e do piso superior, no caso de a obra ter mais de um pavimento, da colocação das vigas para execução da laje e inserção de telas de aço sobre a mesma, faz-se a concretagem simultânea desses elementos de vedação, agilizando a entrega da obra (THERMODUL, 2010). Figura 56 e Figura 57.

**Figura 56 - Montagem da laje com inserção de malhas de aço**



Fonte: THERMODUL (2010)



**Figura 57 - Concretagem de paredes e laje**



Fonte: THERMODUL (2010)



- Instalações Elétricas, Telefônicas e Hidráulicas

Finalizada a etapa da cobertura, com a fixação de todos os painéis, inserção das armaduras e concretagem de paredes e laje, dá-se início às instalações elétricas, telefônicas e hidráulicas que, assim como no sistema construtivo Monolítico, são instaladas nos vãos originados do derretimento de parte do EPS (PREMIUM, 2008). Figura 58.

**Figura 58 - Passagem das tubulações**



**Fonte: PREMIUM (2008)**

- Revestimento

Para que ações exógenas não venham prejudicar o desempenho desses painéis de EPS, é necessário revesti-los com argamassa autocolante que tem melhor aderência ao poliestireno expandido, estas são jateadas em todas as faces dos painéis com o auxílio de máquinas (PREMIUM, 2008). Figura 59.

**Figura 59 - Revestimento sobre EPS - conjuntos habitacionais**



**Fonte: PREMIUM (2008)**



- Acabamento

Após o revestimento da construção, utiliza-se tinta resistente à água para realizar o acabamento de obras com este sistema construtivo. Assim como os outros já apresentados, a finalização é semelhante ao sistema construtivo convencional, podendo receber qualquer piso cerâmico e revestimentos com azulejo (PREMIUM, 2008). Figura 60.

**Figura 60 - Obra no interior de Minas Gerais construída com Sistema Thermodul**



**Fonte: THERMODUL (2010)**



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÃO

A presente pesquisa foi desenvolvida com o intuito de apresentar novas tecnologias, capazes de minimizar os impactos ambientais que a construção civil tradicional gera, aumentar a eficiência energética das obras, agilizar o processo construtivo e colaborar com o alcance do desenvolvimento sustentável, contemplando projetos arquitetônicos de baixo e alto padrão. Por conta disso, o poliestireno expandido, que se destaca por ser um excelente material isolante térmico e acústico, leve, totalmente reciclável, isento de CFC, resistente, seguro, higroscópico, de baixo custo e fácil aplicação, tornou-se um dos resíduos mais utilizados como matéria prima na construção civil.

Com base no referencial teórico, foi possível diferenciar os sistemas construtivos com EPS existentes no mercado atualmente e estruturar as etapas construtivas de cada um desses métodos, apresentando as técnicas empregadas desde a infraestrutura e a superestrutura, abrangendo-se as instalações elétricas, telefônicas, hidráulicas e de esgoto e apresentando-se, para cada sistema, imagem de obras brasileiras e internacionais.

Todos os sistemas construtivos inovadores estudados, Painel Monolítico, ICF, Muriform e Thermodul, estão fundamentados em normas e pesquisas explanadas detalhadamente para o EPS, possuem mercado promissor graças à modernização do setor da construção civil, impulsionada pelo desenvolvimento tecnológico do país, apresentam certificações e selos de sustentabilidade e podem ser utilizados, além de painéis de vedação, como painéis estruturais.

Com os estudos realizados nesta pesquisa, pode-se concluir que a utilização de EPS na construção civil propicia resultados positivos: emprego dos resíduos gerados pela construção de alvenaria convencional, facilidade de manutenção e montagem das placas de EPS, redução de custos com energia elétrica, melhoria da sensação térmica do usuário, diminuição do consumo de concreto e água, economia de formas de madeira e escoramento de vigas, aumento da produtividade, uma vez que os painéis já vêm sob medida e com os vãos de portas e janelas demarcados e capacidade de assumir variadas formas arquitetônicas. Além disso, vale ressaltar que o EPS, utilizado em todos os sistemas construtivos estudados é de um tipo que não propaga combustão, o que garante ainda mais segurança ao usuário.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBIQUIM. Associação Brasileira da Indústria Química – Comissão Setorial de EPS. 2014. Disponível em: <http://www.epsbrasil.eco.br/meio-ambiente.html>. Acesso em: 26 mai. 2017.
- ALVES, J. P. de O. **Sistema Construtivo em Painéis de EPS**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Católica de Brasília. 2015.
- AMIANI, M. **Uso e Aplicação do Poliestireno Expandido (EPS) Reciclado para Impermeabilização por Impregnação de Superfícies de Concreto Pré-Fabricado**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Materiais – Universidade Federal de Ouro Preto. 2005.
- ANTÔNIO, A.; BATISTA, A. M.; KANAMARO, B.; SIQUEIRA, B. D.; DIAS, C. L.; ARRUDA, D.; PIMENTA, G.; COUTINHO, H.; OLIVEIRA, J. **Sustentabilidade, Consumismo e Ecologia**. 2014. Disponível em: <https://aantonio95.jusbrasil.com.br/artigos/337051681/sustentabilidade-consumismo-ecologia>. Acesso em: 27 mai. 2017.
- ASSOCIATION. **Insulating Concrete Formwork**. 2012. Disponível em: <http://www.icfinfo.org.uk/pages/what-is-icf.php>. Acesso em: 17 out. 2017.
- CHAGAS, F. H. C.; BERRETTA-HURTADO, A. L.; GOUVÊA, C. A. K. **Logística Reversa: Destinação dos Resíduos de Poliestireno Expandido (Isopor) Pós Consumo de uma Indústria Catarinense**. 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo, 2011.
- CORRÊA, L. R. **Sustentabilidade na Construção Civil**. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia de Materiais e Construção. 2009.



CUNHA, L. C. da C.; SIQUEIRA, R. A. C. **Aspectos Sustentáveis da Construção de uma Subestação no Interior da Bahia**. IV Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Salvador – Bahia. 2013.

FERREIRA, M. A. **Sistemas Construtivos Inovadores**. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2000.

GARCIA, S.; MARTINS, M. S.; ROMANINI, A.; FOLLE, D. **Sistemas Construtivos Ecoeficientes: Sistema Monolite**. 2013. Disponível em:  
[https://www.imed.edu.br/Uploads/marcelesallesmartins\\_anicoliromanini8\(%C3%A1rea3\).pdf](https://www.imed.edu.br/Uploads/marcelesallesmartins_anicoliromanini8(%C3%A1rea3).pdf)  
Acesso em: 19 mar. 2017.

GONÇALVES, C. J. P. **Análise Comparativa de Diversas Soluções**. 2013.  
<https://ria.ua.pt/bitstream/10773/11666/1/disserta%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 19 out. 2017.

ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE. 2016. Disponível em:  
<http://www.icfconstrutora.com.br/conheca-a-empresa>. Acesso em: 19 out. 2017.

INCONCRETO. **Sistema Construtivo em concreto e EPS**. 2010. Disponível em:  
<http://www.inconcreto.com.br>. Acesso em: 17 out. 2017.

ISOCRET do Brasil. **Concreto e aço**. 2010. Disponível em: <http://www.isocret.com.br>. Acesso em: 19 out. 2017.

JACQUES, F. B. **Mercado Brasileiro de Poliestireno com Ênfase no Setor de Eletrodomésticos**. Dissertação (Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Departamento de Engenharia Química. 2012.

JACOB, P. **Educação Ambiental, Cidadania e Sustentabilidade**. Programa de PósGraduação em Ciência Ambiental da USP. 2003.

KLEIN, D. L.; KLEIN, G. M. B.; LIMA R. C. A. **Sistemas Construtivos Inovadores: Procedimentos de Avaliação**. 2004. II Seminário de Patologia da Edificações – Novos Materiais e Tecnologias Emergentes – Porto Alegre. 2004.

LCPCONSTRUÇÕES, 2005. Disponível em:  
<http://www.lcpconstrucoes.com.br/empresa.html>. Acesso em: 19 out. 2017.

MARTINS, M. **Processo de reciclagem do isopor**. 2013. Disponível em:  
<https://prezi.com/hm-7osrfp6bq/processo-de-reciclagem-do-isopor/>. Acesso em: 26 mai. 2017.

MONOLITE, 2013. Disponível em: <http://www.monolite.com.br/sistema-monolite>. Acesso em: 19 out. 2017.

MURITEC. **Tecnologia Construtiva**. 2015. Disponível em:  
<http://muritec.com/index.php/paineis-construtivos-muritec/>. Acesso em: 19 out. 2017.

PREMIUM EPS, 2008. Disponível em: [www.premiumeps.com.br](http://www.premiumeps.com.br). Acesso em: 20 out. 2017.

REIS, C. **Painel Monolítico em EPS (Poliestireno Expandido)**. 2015. Disponível em:  
<http://www.guiadaobra.net/painel-monolitico-eps-poliestireno-expandido-718/>. Acesso em: 17 mar. 2017.

ROCHETA, V.; FARINHA, F. **Práticas de Projecto e Construtivas para a Construção Sustentável**. 2007. 3º Congresso Nacional de Construção. Universidade de Coimbra, Portugal, 2007.

SIAS, D. B. **Condutores e Isolantes**. Coletânea de Objetos Educacionais – Projeto Cesta/CINTED/UFRGS, 2006. Disponível em:  
<http://penta3.ufrgs.br/CESTA/fisica/calor/condutoreseisolantes.html>. Acesso em: 17 mar. 2017.

SILVEIRA, J. L.; GROTE, Z. V.; TRAVASSOS, S. E. P.; 1998. **Análise Comparativa entre Materiais Empregados na Construção de uma Câmara Frigorífica: Styroblock e**

**Alvenaria de Tijolos Maciços:** Transferência de Calor. In: LATCYM – Congresso Latinoamericano de Transferencia de Calor Y Materia, Salta – Argentina. **Anais do 7º LATCYM.** Salta: INIQUI – Instituto de Investigaciones para la Industria Quimica, 1998. p.476-480.

SUSTERNTARQUI. **Sistema Construtivo Eficiente.** 2014. Disponível em: <http://sustentarqui.com.br/produtos/sistema-construtivo-eficiente/>. Acesso em: 20 out. 2017.

SIMPLESMENTE. **Construir su futuro com toda facilidade.** 2013. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/thermodulbrasil/vantagens-do>. Acesso em: 17 out. 2017.

TEC DREAM. **Sistema ICF.** 2016. Disponível em: <http://tecdream.com/sistema-icf/>. Acesso em: 19 out. 2017.

TECHNICAL INFORMATION. 1992. **Properties – General.** Ludwigshafen, Alemanha: Catálogo Técnico da Basf, no 22246.1992.

TESSARI, J. **Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil.** 2006. Dissertação (Pós-graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina. 2006.

THERMODUL SYSTEM. **Informações Técnicas.** 2010. Disponível em: [http://www.thermodulsystem.de/Elementos\\_PT\\_files/Elementos%20de%20parede%20e%20teto%20PT%20PDF.pdf](http://www.thermodulsystem.de/Elementos_PT_files/Elementos%20de%20parede%20e%20teto%20PT%20PDF.pdf). Acesso em: 19 out. 2017.

THOMÉ, B. B. **5 Selos de Sustentabilidade que Agregam Valor às suas Obras.** 2016. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/selos-de-sustentabilidade-agregando-valoras-suas-obras/>. Acesso em: 28 mai. 2017.

YAMASHITA, J.; MORAES, H. G.; FONTANINI, P. S. P., Dra.; BANOW, M.C.; LOVATTO, C. G.; TEIXEIRA, O. S. **Análise da Cadeia de Suprimentos de EPS na Construção Civil - Alvenaria de Painéis com Placas de Isopor.** XIV ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – Juiz de Fora. 2012.